



HAL
open science

Optimisation of breeding scheme for the french sport horse

Clotilde Dubois

► **To cite this version:**

Clotilde Dubois. Optimisation of breeding scheme for the french sport horse. Life Sciences [q-bio]. AgroParisTech, 2008. English. NNT : 2007AGPT0037 . pastel-00004061

HAL Id: pastel-00004061

<https://pastel.hal.science/pastel-00004061>

Submitted on 19 Jan 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Institut des sciences et industries
du vivant et de l'environnement
UFR Génétique,
Elevage et Reproduction



Institut National de la
Recherche Agronomique
Station de Génétique
Quantitative et Appliquée



Thèse

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR D'AGROPARISTECH

Discipline : Génétique animale

présentée et soutenue publiquement par

Clotilde DUBOIS

le 06 Décembre 2007

Modélisation des programmes de sélection dans l'élevage du cheval de sport français

Co-directeurs de thèse : Anne RICARD et Eduardo MANFREDI

Jury

Jean-Michel ELSÉN
Erwin KOENEN
Françoise CLEMENT
Anne RICARD
Etienne VERRIER

Directeur de Recherches, INRA, Toulouse
Senior Researcher, NRS, Arnhem
Ingénieur, Haras Nationaux, Le-Pin-au-Haras
Ingénieur détaché, INRA, Jouy-en-Josas
Professeur, AgroParisTech

Rapporteur
Rapporteur
Examinateur
Examinateur
Président

Cette Thèse à été financée par les Haras nationaux et l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et plus précisément son département de Génétique Animale.

Mon laboratoire de rattachement était la Station de Génétique Quantitative et Appliquée (SGQA) de l'INRA de Jouy en Josas.

Ce travail a été réalisé à la Station d'Amélioration Génétique des Animaux (SAGA) de l'INRA de Castanet Tolosan, sous la direction d'Eduardo Manfredi et Anne Ricard.

Le Professeur Etienne Verrier, de L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), était l'enseignant tuteur qui a suivi cette thèse de l'École doctorale ABIES.

Je tiens à remercier sincèrement et à exprimer ma reconnaissance à :

*celles et ceux qui ont accepté d'être membres de mon jury,
celles et ceux qui m'ont accueillie au sein de l'INRA,
celles et ceux qui ont trouvé un soutien financier pour ma thèse,
celles et ceux qui ont su guider ma réflexion,
celles et ceux qui ont fait parti de mon comité de thèse,
celles et ceux qui m'ont écoutée, corrigée, critiquée, conseillée,
celles et ceux qui ont eu la patience de m'enseigner la génétique et
ses méthodes,
celles et ceux qui m'ont initiée à l'informatique et aux statistiques,
ceux qui ont veillé au bon fonctionnement du matériel informatique,
celles qui ont organisé et facilité mes déplacements,
celles qui m'ont aidée dans mes recherches bibliographiques,
celles et ceux qui ont lu, corrigé, relu et recorrigeé,
celles et ceux qui ont égayés mes journées,
celles et ceux avec qui j'ai partagé un bureau,
celles et ceux qui ont rendu mon travail agréable et plus facile,
celles et ceux qui m'ont soutenue,
celles et ceux qui m'ont encouragée,
celles et ceux qui m'ont tout simplement souri.*

SOMMAIRE

<i>Liste des abréviations</i>	9
<i>Introduction</i>	13
<i>Chapitre 1 : Le Selle-Français un cheval de sport</i>	19
1 La race Selle Français	21
1.1 Origine	21
1.2 Une orientation sportive	25
2 La structure de l'élevage français	30
2.1 L'organisation administrative française	30
2.2 La circulation de l'information	33
3 L'élevage du Selle-Français	34
3.1 Données démographiques	34
3.2 Les particularités des éleveurs équins	36
3.3 Les données économiques	38
4 Les méthodes d'évaluation	40
4.1 Modèles utilisés	40
4.2 Les indices génétiques	43
4.3 L'indice de performance	44
5 Le règlement du stud book	46
5.1 Historique	46
5.2 Inscription au Stud book	48
5.3 Approbation des étalons	48
5.4 Les mesures incitatives pour les poulinières	48
<i>Chapitre 2 : Etude de la sélection du Selle-Français entre 1974 et 2002</i>	51
1 Objectif de l'étude	53
Article 1 : Efficiency of past selection of French Sport Horse: Selle Français Breed and suggestions for the future	55
2 Ce qu'il faut retenir de la sélection du Selle français entre 1974 et 2002	69

Chapitre 3 : Etude de la variabilité génétique **71**

1 Quelques exemples **73**

1.1 Chez les bovins laitiers une diminution forte de la diversité génétique motivant la mise en place de gestions optimisées 73

1.2 Le cas de la sélection pour la résistance à la tremblante ovine 75

1.3 Chez les équidés 75

2 Une analyse généalogique de la variabilité génétique du Selle-Français **77**

Article 2 : Pedigree analysis and genetic variability of the French Sport Horse : Selle-Français breed **79**

3 Ce qu'il faut retenir sur la variabilité génétique du Selle Français **109**

Chapitre 4 : La sélection d'un cheval de sport : objectifs et modalité **111**

1 Le contexte : vers une internationalisation du cheval de sport **113**

1.1 Etude des accouplements 113

1.2 Un numéro d'identification international 114

1.3 Le groupe Interstallion 115

2 Les objectifs de production du cheval de sport **119**

2.1 Les objectifs de sélection des stud-books des chevaux de sport 119

2.2 La réussite en compétition 121

2.3 Le modèle et les allures 125

2.4 Comportement / tempérament 134

2.5 Longévité sportive 138

2.6 Santé, résistance aux maladies et affections 140

2.7 Reproduction 144

3 Stratégies de sélection et méthodes d'évaluations dans les principaux stub book européen **147**

3.1 Les structures de testage 148

3.2 Les évaluations génétiques 148

3.3 Les schémas de sélection 150

Chapitre 5 : la modélisation de schémas de sélection pour le Selle-Français

153

1	<i>Modélisation d'un plan de sélection : place dans la théorie classique</i>	155
2	<i>La modélisation dans les plans de sélection « chevaux »</i>	157
2.1	Une sélection sur performances propres ou sur descendance ?	158
2.2	Une sélection sur les résultats en station de performances ou en compétition ?	160
2.3	Rôle de la capacité de mesure de performances	161
2.4	Rôle des différentes voies du progrès génétique.	163
2.5	Caractères mesurés et objectif de sélection	164
3	<i>Notre projet de modélisation</i>	166
Article 3 : Optimization of breeding schemes for sport horses.		169
4	<i>Ce qu'il faut retenir de la modélisation des schémas de sélection pour le Selle-Français</i>	185
<u>Applications et perspectives</u>		187
<u>Références bibliographiques</u>		199
Annexe 1 : Grille de jugement du modèle		223
Annexe 2 : Grille de jugement des allures		227
Annexe 3 : Grille de jugement de l'aptitude à l'obstacle		231
Annexe 4 : Règlement du stud-book selle-Français		235
<u>Informations complémentaires</u>		269

Liste des abréviations

ANSF	Association Nationale du Selle-Français
AQPS	Autre que Pur-Sang
BLUP	Best Linear Unbiased Predictor
BCC	BLUP (indice génétique) pour le Concours Complet
BDR	BLUP (indice génétique) pour le Dressage
BSO	BLUP (indice génétique) pour le Saut d'Obstacle
CCE	Concours Complet d'Equitation
CD	Coefficient de Détermination
CSO	Concours de Saut d'obstacle
CP	Coefficient de Précision
CTIG	Centre de Traitement de l'Information Génétique
EAAP	European Association for Animal Production
FFE	Fédération Française d'Equitation
GICE	Gestion Informatique des Compétitions Equestres
ICAR	International Committee for Animal Recording
ICC	Indice de performance pour le Concours Complet
IDR	Indice de performance pour le Dressage
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
ISO	Indice de performance pour le Saut d'Obstacle
PACE	Prime d'Aptitude à la Compétition Equestre
SECF	Société d'Encouragement du Cheval Français
SHF	Société Hippique Française
SIF	Système Informatique Fédéral
SIRE	Système d'Information relatif aux Equidés
UELN	Universal Equine Life Number
WBFSH	World Breeding Federation of Sport Horses

Les Stud-Book :

Abbréviations, nom et pays d'origine

Abréviation	Nom	Pays
BAD	Baden-Wurttemberg	Allemagne
BAVAR	Bavarian armblood	Allemagne
BWP	Belgian Warmblood	belgique
DWB	Danish Warmblood	Danemark
FWB	Finish Warmblood	Finlande
HAN	Hanovrien	Allemagne
HOLST	Holstein	Allemagne
HUN	Hungarian Sport horse	Hongrie
ISH	Irish sport Horse	Irlande
KWPN	Dutch warmblood	Pays Bas
NRPS	Cheval de selle et poneys néerlandais	Pays Bas
NWB	Norwegian warmblood	Norvège
OLD	Oldenburg	Allemagne
SBS	Cheval de Sport Belge	Belgique
SF	Selle français	France
SHBGB	Sport Horse breeding of Great Britain	Grande bretagne
SI	Selle Italien	Italie
SWB	Swedish warmblood	Suède
TRAK	Trakehner	Allemagne
WEST	Westphalia	Allemagne

Introduction

La mécanisation a conduit à un effondrement des effectifs équin qui sont passés en France de 3 200 000 équidés en 1913 à environ 800 000 aujourd'hui. Cette forte régression correspond à l'élimination du cheval de trait, difficilement reconverti en cheval de viande. Les chevaux légers et les poneys représentaient 3.5% du cheptel en 1950 ; à présent ils en constituent la majorité, environ 65%. Cette augmentation s'explique dans un premier temps par le développement des courses de trot et de galop puis par celui de l'équitation sportive et de loisirs. Depuis les années 70, les poneys, les chevaux de sport et de loisirs connaissent une croissance très soutenue qui atténue la fonte des effectifs globaux et permet même aujourd'hui leur remontée. Ces développements ont été possibles grâce au soutien des Haras nationaux. En effet, ces derniers sont chargés de promouvoir l'élevage des équidés et les activités liées au cheval. Ils remplissent de nombreuses missions et participent à la politique d'orientation de l'élevage équin, à la conservation du patrimoine génétique équin (chevaux de trait, ânes), à l'amélioration des races et à l'élaboration de grandes orientations de recherche et de développement.

C'est en 1971 qu'un programme de recherche commun à l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) et aux Haras nationaux débute. Les recherches sont principalement axées sur la reproduction, pour permettre d'augmenter le nombre de poulains par jument, et sur la génétique, pour raisonner les schémas de sélection. Dans ce cadre, des études ont porté sur l'évaluation génétique des chevaux afin d'aider les éleveurs à sélectionner les reproducteurs. Les premiers indices à voir le jour ont été des « indices de performances ». C'est-à-dire des mesures normalisées et standardisées de la performance, corrigées pour les effets fixes de l'environnement (âge, année, sexe). Ces indices de performances sont disponibles pour :

- ❖ les courses de trot pour les Trotteurs
- ❖ les courses de plat et d'obstacle pour les Anglo-Arabes et « Autre Que Pur Sang » (AQPS),
- ❖ les courses d'endurance pour tous les chevaux
- ❖ les trois disciplines sportives olympiques qui sont le CSO (Concours de Saut d'Obstacle), le dressage et le CCE (Concours Complet d'Equitation) pour les chevaux et les poneys.

L'évaluation génétique avec des « indices génétiques » n'est réalisée que pour les courses de trot et pour les chevaux de sport pour le CSO, le dressage et le CCE.

C'est surtout dans le domaine des courses et de l'équitation sportive que la sélection s'est organisée. Il faut cependant distinguer les différents cas :

- ❖ pour les « galopeurs » c'est-à-dire les Pur-Sang, le moteur de la sélection est la loi du marché puisque tout Pur-Sang est autorisé à se reproduire. C'est l'équilibre entre le prix de la saillie et l'espérance de gain qui régule la sélection.
- ❖ pour les Trotteurs, des conditions très restrictives sur les performances du cheval ou de ses apparentés sont mises en place pour autoriser un animal à la reproduction. Cependant, les indices génétiques ne sont pas utilisés directement comme critères de choix des reproducteurs.
- ❖ pour les chevaux de sport, les règlements des stud-books utilisent largement les indices pour le choix des reproducteurs.

Il faut également noter que depuis 1999, l'organisation de la filière équine s'est modifiée et les associations nationales de race ont vu leur rôle renforcé par l'Etat en matière de sélection. Dans cette mission, elles sont soutenues par les Haras nationaux au travers d'encouragements spécifiques pour la mise en place des programmes d'élevage. Ces programmes doivent permettre de développer des actions techniques qui aideront les éleveurs à atteindre les objectifs fixés pour la race.

Ma thèse s'inscrit dans ce contexte. En effet, la principale race de cheval de sport, c'est-à-dire le Selle-Français, s'interrogeait sur son schéma de sélection. L'INRA et les Haras nationaux ont financé mes travaux sur la modélisation d'un schéma de sélection, afin d'appuyer leur réflexion avec des éléments scientifiques et objectifs. L'objectif de l'ANSF (Association Nationale du Selle-Français) est de faire du Selle-Français un cheval de sport performant en compétition mais également d'introduire de nouveaux critères de sélection pour mieux affronter la concurrence. Parallèlement, des questions sur le système de sélection sont apparues. En France, le testage des chevaux sur performances propres est la base du système

de sélection alors que dans d'autres pays européens, notamment l'Allemagne et les Pays-Bas, les étalons sont sélectionnés après un testage en station.

L'objectif de cette thèse est de proposer un schéma de sélection qui répond à un objectif multi-caractère pour le Selle-Français accompagné d'un système de sélection optimum (station et/ou compétition). Certains travaux sont apparus indispensables dans cette démarche. En effet, bien connaître la race et ses particularités puis dresser un état des lieux de la sélection du Selle-Français sur les 30 dernières années furent les deux premières étapes nécessaires. De plus, la sélection doit être raisonnée sur le long terme, avec une attention particulière sur l'évolution de la variabilité génétique, c'est pourquoi une étude généalogique pour mesurer cette diversité a également été réalisée. Enfin, avant de multiplier les caractères introduits dans l'objectif de sélection il était impératif de mieux les identifier.

Chapitre 1

Le Selle Français : un cheval de sport

1 La race Selle Français

1.1 Origine

1.1.1 Survol historique

Les premières traces de la domestication des équidés remontent au Vème millénaire av. JC et se trouvent en Ukraine. Les données archéozoologiques montrent ensuite la présence de chevaux domestiques dans le Caucasse (IVème millénaire av. JC), puis au Proche Orient et en Europe (IIIème millénaire av. JC). En France, les premières traces archéologiques peuvent être datées de 1500 ans av. JC et concernent des poneys attelés par paires à des chars.

Ce n'est que dans le courant du premier millénaire av. JC que le cavalier monté apparaît. Il prend une importance sociale déterminante en particulier sous l'empire romain et on voit alors apparaître de nouvelles formes de combat avec les lanciers. Cette équitation devient le prototype de l'équitation médiévale avec ses tournois de chevaliers. Le cheval est alors un auxiliaire indispensable pour la guerre mais également un élément de prestige incomparable. En effet, l'élévation du poids des armes entraîne progressivement celle du format des destriers. Les chevaux de selle doivent donc être grands et leur production coûte chère, c'est ainsi qu'ils deviennent des attributs de la noblesse. Pour pallier à ce problème de production et approvisionner suffisamment l'armée, Colbert fondera les Haras royaux au XVIIème qui deviendront par la suite les Haras nationaux. Ils avaient en charge l'étalonnage public et les missions d'amélioration génétique.

Les avancées des techniques de guerres : puissance de tir et manœuvre de l'infanterie, viendront à bout de l'équipement défensif des cavaliers et de la puissance d'impact offensif de la cavalerie. Les missions de la cavalerie se transforment peu à peu en reconnaissance et poursuite de l'ennemi. Lors de la première guerre mondiale, s'en était fini de l'usage militaire des chevaux. Dans ce conflit, les chevaux furent mis à contribution mais cette fois pour des missions de traction. On élevait alors des chevaux spécialisés dans la traction lente (exemple du percheron) et d'autres dans la traction rapide (exemple le carrossier normand). Ce dernier type de chevaux constituait l'essentiel de la production et il était élevé avec plus ou moins de bonheur dans les différentes régions en fonction de la richesse des herbages.

1.1.2 L'appellation Selle-Français

Au début du XIXème siècle, l'élevage de la race Pur-Sang anglais est très prisé par la noblesse. Il faut remarquer que cet élevage est une forte innovation technique puisque le Pur-sang est le premier animal sélectionné sur l'épreuve plutôt que sur l'apparence. Sélectionné sur des distances relativement courtes, c'est l'effort de puissance qui est privilégié par rapport à l'effort d'endurance plus généralement demandé. L'utilisation du Pur Sang anglais en croisement sur des juments carrossières fut la base de la plupart des élevages de chevaux de selle en Europe (Langlois, 2003).

Le Selle-Français n'échappe pas à cette règle. C'est en 1914 que l'appellation demi-sang fut créée. Elle consacrait le croisement d'étalons pur-sang avec la jumenterie autochtone. Cette dernière était constituée du rameau carrossier et de juments militaires. Trois berceaux de race voyaient alors le jour :

- ❖ le demi-sang normand (autour de Caen),
- ❖ le demi-sang vendéen (autour de la Roche sur Yon),
- ❖ le demi-sang du Centre (autour de Cluny).

Sous l'impulsion de l'armée, l'équitation sportive de l'époque excellait grâce à ces demi-sang, en même temps que se développait une sélection par les courses d'obstacles, avec un rameau de chevaux de selle spécifique, le rameau AQPS.

En 1958, les 3 berceaux de race demi-sang furent regroupés avec les demi-sang Anglo-Arabs du Sud-Ouest, sous l'appellation Selle-Français. Cela marqua l'orientation définitive du Selle-Français vers la sélection sportive.

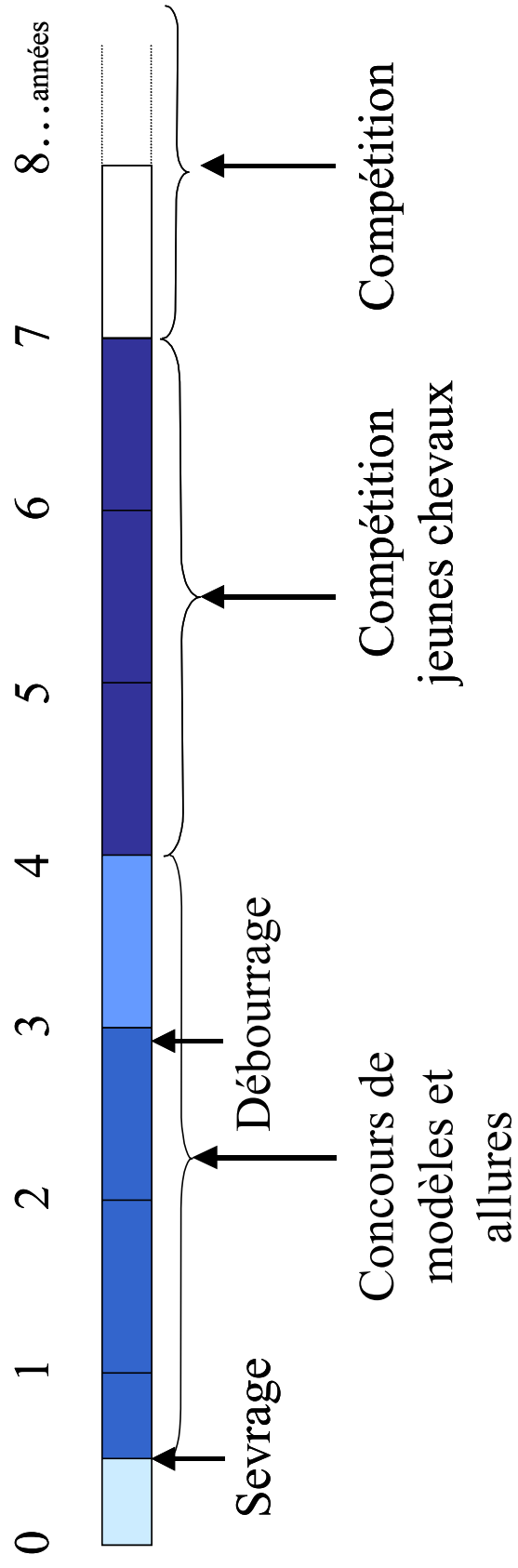


Schéma I-1 : Synthèse des principales étapes de la vie d'un cheval de sport.

1.2 Une orientation sportive

Nous venons de voir que, par son origine, le Selle-Français est avant tout un cheval produit pour les sports équestres. C'est donc un cheval que l'on va retrouver au niveau des compétitions de CSO, de CCE et de dressage. Jusqu'aux naissances 2004, il existait également un rameau avec une orientation course qui se retrouvait sous le label AQPS. Depuis 2005, l'AQPS dispose de son propre stud-book. Bien que sa production soit orientée vers le sport, le Selle-Français est également une race utilisée pour l'équitation de loisirs autre que sportive, dans les centres équestres, en promenade, à l'attelage.

1.2.1 La carrière d'un cheval de sport

Il est possible de synthétiser la carrière d'un Selle-Français de la façon suivante (Schéma I-1). Jusqu'à six mois le poulain va rester sous sa mère puis il sera sevré. Il va ensuite poursuivre sa croissance jusqu'à l'âge de trois ans où il pourra être dressé. Pendant la période d'élevage, les foals et les jeunes chevaux de 2 et 3 ans peuvent participer aux concours de modèle et d'allures de la race Selle-Français dont les finales se déroulent au Pin (pour les femelles), à Saint-Lô (pour les mâles) ou à Fontainebleau (pour les 3 ans montés). Sur le plan sportif, le Selle-Français commence sa formation en compétition à 4 ans. Elle se poursuit à 5 et 6 ans sur des épreuves réservées aux jeunes chevaux (Epreuve de cycle classique et de cycle libre), adaptées en fonction de l'âge et du degré de travail. Les finales nationales ont lieu en septembre à Fontainebleau pour le saut d'obstacles, à Pompadour pour le concours complet, à Saumur pour le dressage et à Uzès pour l'endurance. Ensuite, la carrière du cheval s'oriente en fonction du niveau de l'épreuve et non plus de l'âge.

1.2.2 Les concours de modèle et allures

Ces concours sont organisés depuis très longtemps pour les poulains principalement âgés de 3 ans mais aussi pour les foals et les 2 ans, et pour les poulinières en activité. Ces concours ont longtemps constitué le seul lieu de sélection des étalons de 3 ans avant les années 1980. Actuellement, 39% d'une génération de Selle-Français y participent et ce pourcentage est en augmentation (nous avons par exemple seulement 28% pour les naissances de 1995). Les concours sont tout d'abord locaux puis régionaux et, pour les 3 ans, les meilleurs participent

aux finales nationales. En 2005, 2 694 poulinières de 4 à 19 ans ont participé au concours locaux et 466 se sont qualifiées pour les finales régionales. Pour les chevaux de 3 ans, 28% des chevaux nés en 2002 participent aux concours locaux (1 150 juments, 563 hongres et 359 étalons), 16% au concours régionaux (634 juments, 300 hongres et 283 étalons) et 3% aux finales nationales (52 juments, 23 hongres et 129 étalons).

Ces concours se déroulent sur une seule journée et sont dotés par des primes. Ceci explique sans doute une partie de leur popularité. Leur pérennité dépend de la volonté politique des associations d'éleveurs de faire perdurer ces manifestations et de trouver le moyen de les financer. Aujourd'hui, le Ministère de l'Agriculture contribue au financement de ces concours et ce sont les Haras nationaux qui sont chargés de la répartition de ces encouragements. Cependant, ces aides sont en constante diminution. Entre 2002 et 2004, on observe une diminution de 9% pour les encouragements distribués en concours de modèle et allures (3 001 546 € répartis en 2002) et une baisse de 22% sur l'ensemble des aides directes à l'élevage distribuées aux particuliers (5 376 089 € répartis en 2002) (Anonyme 2002, 2004). Ces manifestations peuvent aussi être l'occasion d'une animation locale voire d'un moyen de commercialisation, mais ces développements sont toujours restés modestes.

Pour le Selle-Français, les concours de modèle et allures sont organisés par l'ANSF et les associations régionales du Selle-Français. Cette association forme un corps de juges qui est remis tous les ans à niveau. Différentes grilles de notation sont utilisés par le jury selon la catégorie à laquelle appartient l'animal présenté :

- ❖ une grille pour le modèle (Annexe 1)
- ❖ une grille pour les allures qui peuvent être jugées en liberté ou montées (Annexe 2)
- ❖ Une grille pour le saut d'obstacle en liberté (Annexe 3)

Ces grilles montrent la multitude de critères évalués ainsi que ce qui est recherché chez le Selle-Français. Cependant, bien que ces concours existent depuis de nombreuses années, aucune indexation ou mesure génétique n'a été réalisée.

1.2.3 La compétition en France

1.2.3.1 Une gestion par le GICE (Gestion Informatique des Compétitions Equestres)

Pour pouvoir participer à une compétition en France, le cheval doit avoir un livret d'identification validé par le SIRE (Système d'Information Relatif aux Equidés) et être inscrit sur la liste des chevaux de sport par son propriétaire. Les règlements des compétitions sont établis par la FFE (Fédération Française d'Equitation). Les épreuves jeunes chevaux sont règlementées par la SHF (Société Hippique Française). Les concours doivent paraître au Bulletin Officiel suivant un programme envoyé par les organisateurs.

On distingue deux catégories de cavaliers : amateurs et professionnels. Ils doivent disposer d'une licence "compétition" conditionnée par un niveau d'examen fédéral et un certificat médical qui leur donne droit à une catégorie d'épreuve. Les amateurs participent aux compétitions de base (AMA4 et AMA3) et aux cycles libres avec leur jeune cheval. Les professionnels participent à des concours plus techniques (PRO2 et PRO1) et aux cycles classiques avec leurs jeunes chevaux. De multiples passerelles entre ces catégories permettent les comparaisons. Le cavalier s'engage avec son cheval pour pouvoir participer. Les résultats sont envoyés par les organisateurs au GICE qui gère les classements : 1/4 des partants classés en saut d'obstacle et 1/3 dans les autres disciplines olympiques.

L'équitation est la quatrième discipline sportive en terme de licenciés : plus de 512 000 licences en 2005. Le nombre de compétitions sportives organisées dans l'année est donc important puisqu'il dépasse 20 000 en ne tenant compte que des disciplines olympiques. Le tableau I-1 donne pour le dressage, le saut d'obstacle et le concours complet le nombre d'épreuves, le nombre de partants ainsi que la somme globale des gains distribués sur l'année 2005. Les compétitions jeunes chevaux sont distinguées des autres compétitions. Ces chiffres mettent en avant la prépondérance du saut d'obstacle sur les deux autres disciplines.

Tableau I-1 : Compétitions équestres en 2005, toutes races confondues

	Jeunes Chevaux			Compétition		
	Epreuves	partants	gains	Epreuves	partants	gains
CSO	3 965	94 544	1 980 109	12 338	501 523	10 160 447
Dressage	535	2 428	56 199	2 391	22 567	378 054
CCE	427	5 230	222 285	1 075	19 351	819 160
Total	4 927	102 202	2 258 593	15 804	543 441	11 357 661

Source : *Annuaire Ecus 2006 (Anonyme, 2006a)*

1.2.3.2 Une discipline prédominante le saut d'obstacle

L'utilisation principale du Selle-Français est le CSO puisque c'est la discipline principale de l'équitation sportive et que le Selle-Français représente 80% des chevaux engagés dans ces épreuves. On peut distinguer deux catégories d'épreuves : les épreuves jeunes chevaux où chaque année environ 10 000 Selle-Français participent, ce qui représente environ 75 000 partants, les autres épreuves du circuit où chaque année environ 28 000 Selle-Français participent, ce qui représente environ 400 000 partants. Il est possible d'être plus précis sur les sorties en compétition et de regarder dans le détail le nombre de Selle-Français sortis en fonction de la catégorie d'âge et de l'année de naissance. Pour avoir le recul suffisant, on peut s'intéresser aux chevaux nés entre 1993 et 1998 et sortis en compétition entre 1997 et 2005. Les résultats présentés dans le tableau I-2 montrent que les taux de sorties en compétition en fonction de l'âge du cheval sont relativement stables d'une année à l'autre avec pour les jeunes chevaux une légère augmentation depuis 1995.

Tableau I-2 : Taux de sortis en compétition entre 1997 et 2005 des chevaux Selle Français nés entre 1993 et 1998

Année de naissance	Nombre de naissances	Pourcentage de chevaux sortis en compétition :					Jeunes chevaux (4 ou 5 ou 6)	Tout confondu (4 ou +)
		4 ans	5 ans	6 ans	7 ans ou +			
1993	10 984	24	35	36	42	46	53	
1994	10 554	24	34	37	42	47	54	
1995	10 188	24	36	36	43	48	55	
1996	9 579	27	36	40	42	50	55	
1997	9 159	28	40	40	41	52	56	
1998	8 635	30	41	41	39	53	56	
Total	59 099	26	37	38	42	49	55	

1.2.3.3 Le dressage et le concours complet

En regardant les taux de sorties en compétition des Selle-Français de la génération 1993-1998 en compétition de dressage et de concours complet, on s'aperçoit rapidement qu'ils sont beaucoup moins élevés que ceux correspondant au saut d'obstacle. En effet, on a seulement 1% des chevaux qui sortent à 4 ans et seulement 2% à 5 ans. A 6 ans, 2% des Selle-Français sortent en compétition de dressage alors qu'ils sont 3% en concours complet. Pour les compétitions "adulte", on observe 4% de chevaux sortis en dressage et 6% en concours complet. Bien évidemment, pour ce qui est de l'ensemble des compétitions (jeunes chevaux et adultes confondus), on a 8% de Selle-Français nés sortis en concours complet et seulement 6% en dressage.

1.2.4 Des résultats internationaux

Le Selle-Français est donc un cheval de compétition qui s'illustre en France mais aussi lors des épreuves internationales sous la selle des cavaliers français et de cavaliers étrangers.

2004, fut particulièrement fructueuse avec notamment les excellents résultats des chevaux Selle-Français obtenus au jeux olympiques d'Athènes. L'équipe de France de concours complet décroche le titre de Champion Olympique, grâce à GALANT DE SAUVAGERE, ESPOIR DE LA MARE, EXPO DU MOULIN et FINE MERVEILLE. C'est BALOUBET DU ROUET qui remporte la médaille d'or en épreuve individuelle de CSO, pour le Brésil, cet étalon sera également N°1 mondial.

Dans les classements de mars 2007 de la WBFSH (World Breeding Fédération Sport Horses), le Selle-Français est largement présent. Certains de ses représentants défendent fièrement la race dans les 3 disciplines olympiques. En dressage, DIABOLO ST MAURICE se place en 16^{ème} position. En CSO, IDEO DU THOT est 3^{ème}; IDEAL DE LA LOGE est 9^{ème}, INDIGO IX 12^{ème}, ILOSTRA DRAK 15^{ème}, FLECHE ROUGE 22^{ème}, JALISCA SOLIER 28^{ème}. Dans le classement par Stud Book, le Selle-Français est 5^{ème} en CSO et 1^{er} en CCE.

2 La structure de l'élevage français

2.1 L'organisation administrative française

La filière équine a longtemps été peu concernée par la loi sur l'élevage de 1966 puisque le service des Haras, des courses et de l'équitation du ministère de l'agriculture assurait dans sa globalité la gestion des équidés. Depuis juillet 1999 et la création par décret de l'établissement public « les Haras nationaux », le contexte de l'amélioration génétique française a évolué (Schéma I-2). Les socioprofessionnels de la filière ont vu leur rôle augmenter en matière d'orientation de la sélection et de choix des reproducteurs. Seul le ministère possède le pouvoir régalien et valide les orientations par des textes réglementaires. Les Haras nationaux apportent leur expertise technique et scientifique, ils assurent aussi la gestion de la base nationale des données relative aux équidés : SIRE.

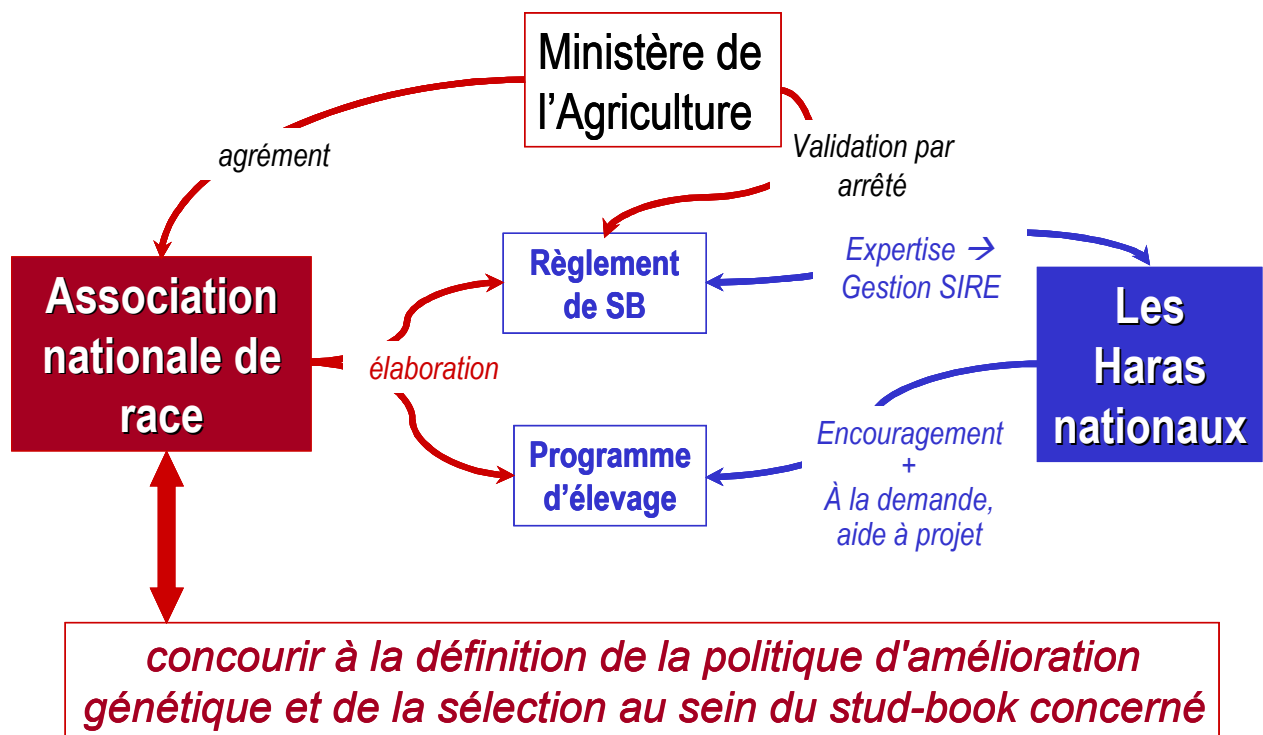


Schéma I-2: Organisation des pouvoirs décisionnels en matière d'élevage équin.

Source : Sophie Danvy, Communication personnelle

Le rôle des associations de race en matière de sélection est clairement établi par deux arrêtés :

- ❖ Arrêté du 3 avril 2002 : condition d'agrément des associations de race pour intervenir dans la sélection et l'amélioration génétique
- ❖ Arrêté du 29 mai 2006 : Conditions générales de tenue des stud books des espèces équines et asines.

Afin de mener à bien leur sélection, les associations de race établissent des programmes d'élevage qui peuvent être soutenus financièrement par l'Etat via les Haras nationaux (Schéma I-2).

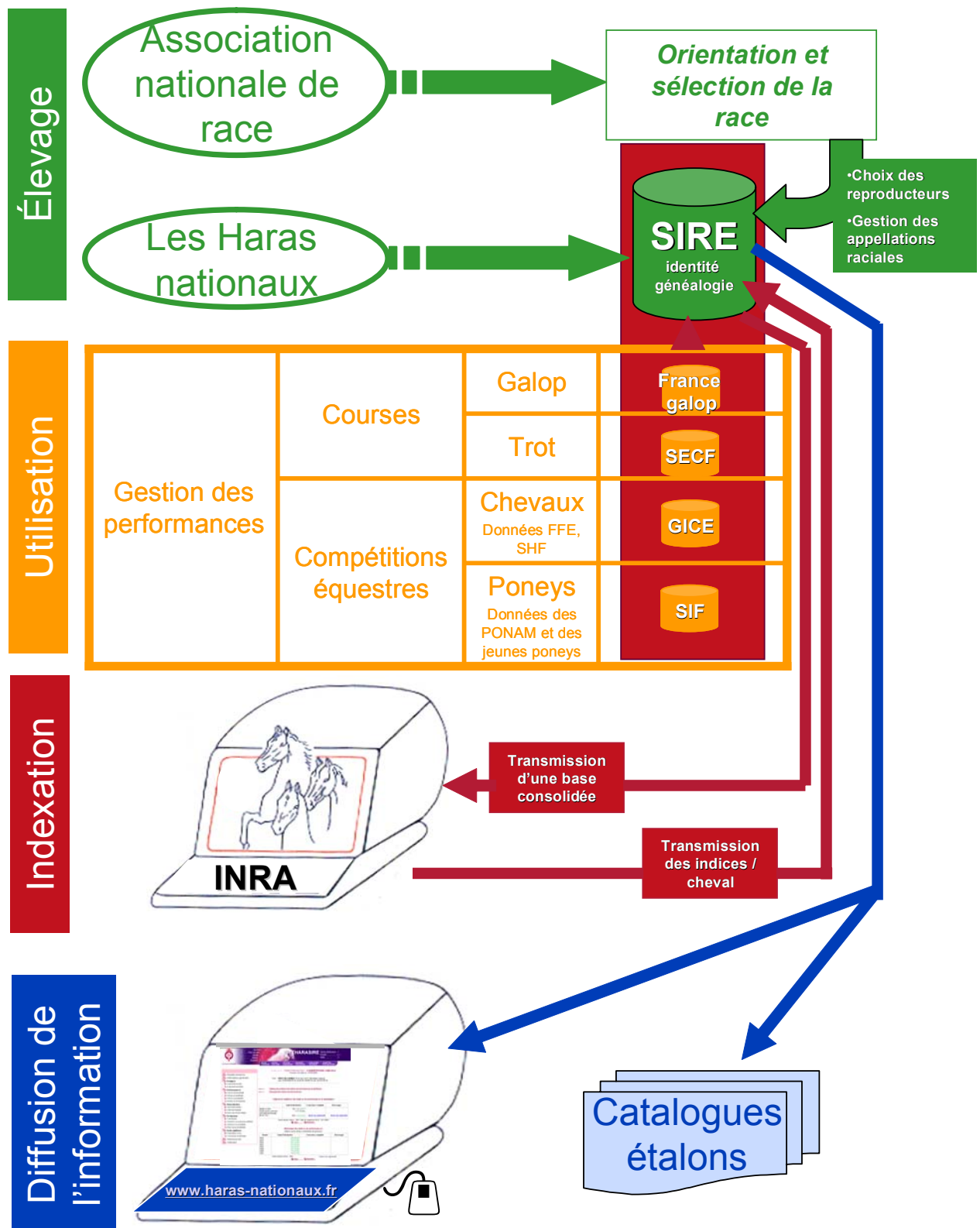


Schéma I-3 : La circulation de l'information

Source : Sophie Danvy, Communication personnelle

2.2 La circulation de l'information

Les associations de race définissent des objectifs de sélection qui permettent d'orienter cette sélection. Or, pour sélectionner, il faut identifier les animaux et connaître leur généalogie, mission assurée par le service SIRE des Haras nationaux. Il faut également disposer d'informations relatives aux performances. Il existe différents organismes de collecte :

- France Galop pour les courses de galop
- Cheval Français (SECF, société d'encouragement du Cheval Français) pour les courses de trot
- GICE pour les compétitions FFE et SHF
- SIF (Système informatique fédéral) pour les compétitions poneys.

Toutes ces données vont servir à calculer des indices génétiques et des indices de performance qui serviront de base à la sélection. Ces indices sont calculés par l'INRA au CTIG (centre de traitement de l'information génétique) qui les retourne au SIRE pour la diffusion aux éleveurs. En effet, ces derniers disposent de nombreux renseignements sur les étalons (catalogue) mais également leurs poulinières par l'intermédiaire du site Internet des haras nationaux (www.haras-nationaux.fr). Tout ce système implique une circulation importante de l'information et une bonne collaboration entre les organismes (Schéma I-3).

3 L'élevage du Selle-Français

3.1 Données démographiques

Les résultats présentés dans cette partie sont issus de l'analyse de la monte et des naissances. Ces statistiques sont réalisées par le SIRE à partir des enregistrements effectués de la première saillie jusqu'à l'immatriculation définitive du poulain. Nous présenterons ici les résultats pour la monte 2001 puisque l'article présenté dans le chapitre 2 dresse un état des lieux de la sélection du Selle-Français entre 1974 et 2002.

3.1.1 Les naissances

Entre 1974 et 1993, le nombre de naissances n'a cessé d'augmenter. Ainsi en 20 ans, il a un peu plus que doublé passant de 5 000 naissances en 1974 à 11 000 en 1993. Entre 1993 et 2005, le nombre de naissances a diminué mais, depuis 1998, il s'est stabilisé autour de 8 000 naissances par an. Depuis 2005, le rameau AQPS a un stud-book à part entière ce qui a fait chuter les naissances des Selle-Français à environ 7 300 naissances par an.

3.1.2 Les étalons

Pour l'année 2001, 676 étalons étaient agréés et 579 ont réalisé au moins une saillie sur lesquels 567 étaient actifs pour produire dans la race Selle-Français. En moyenne chaque étalon saillissait 18.9 juments. Parmi les étalons, il faut distinguer les étalons des haras nationaux (177) qui effectuaient en moyenne 29.7 saillies et les étalons privés (390) qui réalisaient en moyenne 13.9 saillies.

Les résultats de saison de monte (tableau I-3) montrent que l'ensemble des techniques sont utilisées mais que l'insémination artificielle est largement prépondérante et qu'elle offre un bon résultat de fertilité apparente (63%).

Tableau I-3 : résultat de fertilité en fonction du type de monte pour la saison 2001.

Type de monte	Nombre de saillies	Fertilité apparente
En liberté	82	57%
En main	2112	58%
Transfert d'embryon	287	72%
Insémination artificielle	9767	63%
<i>IA Frais</i>	2986	65%
<i>IA Réfrigérée</i>	3355	64%
<i>IA Congelée</i>	3456	60%
Total	12 278	62%

3.1.3 Les poulinières

Pour les poulinières, il faut séparer l'effectif total des juments Selle-Français saillies, des juments donnant un produit Selle-Français. En effet, un produit issu d'un croisement entre races différentes peut être inscrit au stud-book Selle-Français si au moins un des parents est de race Selle-Français.

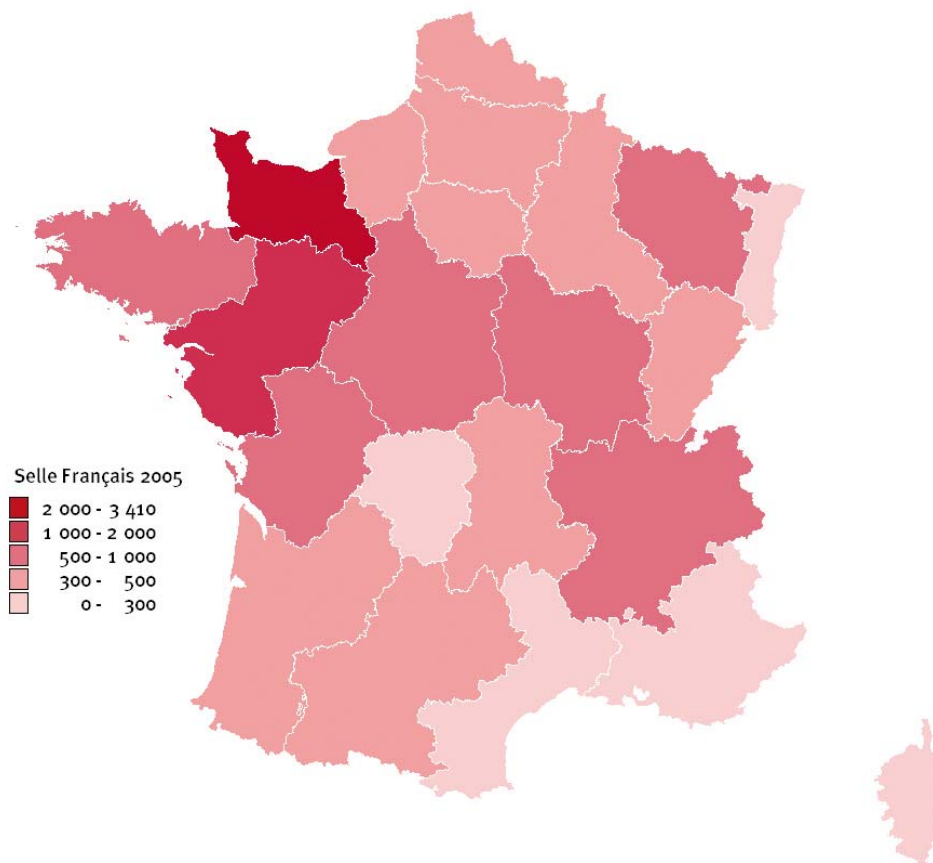
En 2001, 14 098 juments ont été saillies pour produire en Selle-Français et 13 513 juments Selle-Français ont été saillies.

3.1.4 Des élevages amateurs et de petites tailles

Aujourd'hui, le Selle-Français est élevé sur l'ensemble du territoire avec une région nettement dominante qui est la Basse-Normandie (Carte I-1). En 2002, on dénombrait 8 802 éleveurs de chevaux de Selle-Français. Les élevages ont en moyenne 1.7 poulinières (tableau I-4).

Tableau I-4 : Nombre de poulinières par élevage de Selle-Français en 2002

Nombre de poulinières	1	2	3 à 5	Plus de 5
Nombre d'élevages	6 463	1 233	841	265



Carte I-1 Répartition des élevages Selle-Français en France (2005)

Source : Annuaire Ecus 2006 (Anonyme, 2006a)

3.2 Les particularités des éleveurs équins

Nous venons de voir que le selle-Français est un cheval à vocation sportive mais il est également utilisé pour le loisir. Or, une récente étude (Couzy et al, 2007) montre que la distinction entre éleveurs de chevaux de sport et de loisir, créée à partir d'un critère objectif, s'avère complexe à interpréter et insatisfaisante. En effet, nombre d'éleveurs de chevaux de sport déclarent commercialiser leurs animaux sur le marché du sport mais également du loisir. Par ailleurs, une partie des éleveurs de chevaux de loisirs aspire à vendre des chevaux en compétition. Cette étude propose une définition de 4 types d'éleveurs qui reflète bien l'amateurisme de la plupart d'entre eux (Schéma I-4). Il est à noter que 8 races sont incluses et que le Selle-Français est la seule représentée dans les 4 catégories d'éleveurs.

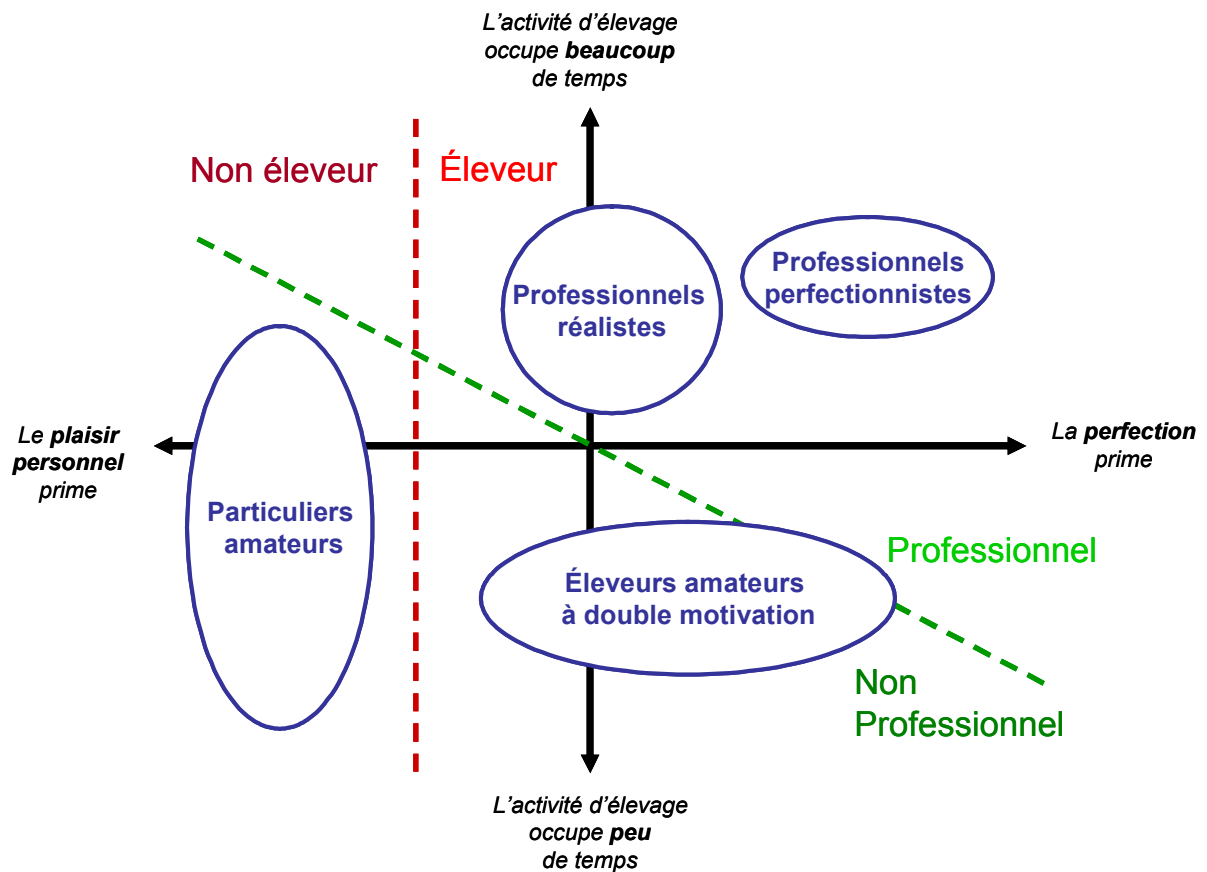


Schéma I-4 : Résumé de la typologie des éleveurs équins

Source : Couzy et al., 2007

- ❖ Les « **particuliers amateurs** » ne se considèrent ni éleveurs, ni professionnels. Ils ont des petites structures et leur production est irrégulière en nombre et dans le temps. Pour eux, l'élevage est une activité d'agrément, prise sur le temps libre pour lequel ils acceptent de perdre de l'argent. Ils destinent leurs produits à une utilisation personnelle, qui peut être variée. Leur stratégie de reproduction est pensée selon un bon rapport qualité de l'étalon, prix de la saillie et proximité de la station.
- ❖ Les « **éleveurs amateurs à double motivation** » se disent éleveurs mais pas professionnels. Ils ont des petites structures mais leur production est annuelle. L'élevage est une activité de temps libre pour laquelle ils espèrent un budget en équilibre. Ils destinent leurs produits à une utilisation, en partie, personnelle et anticipent également les ventes à venir. Ils élèvent des chevaux d'une race unique,

choisie par passion. Leur stratégie est de produire des chevaux avec « papiers » c'est-à-dire des origines certifiées, pas trop chers, qui leur plaisent et qu'ils pourront vendre.

- ❖ Les « **professionnels réalistes** » ont plutôt des structures importantes (plus de 3 poulinières). Leur production est annuelle et régulière. L'élevage est une activité secondaire ou principale avec souvent recherche de rentabilité. Ils privilégient l'homogénéité de leurs produits, plutôt que l'excellence de quelques-uns. Ils s'orientent dans l'élevage d'une race en fonction de la discipline à laquelle les chevaux sont destinés. Leurs stratégies de reproduction sont multiples.
- ❖ Les « **professionnels perfectionnistes** » ont des structures importantes. Leur production est annuelle et régulière. L'élevage est une activité dont le budget cherche l'équilibre, l'argent investi provenant d'ailleurs. Ils veulent produire des chevaux destinés au sport amateur et à la compétition professionnelle et il existe chez ces éleveurs une volonté de rechercher une valeur ajoutée par la rareté (robe, race) ou les performances sportives du produit. Ils n'élèvent qu'une seule race, choisie par passion. Leur stratégie est l'excellence à tous les niveaux (alimentation, reproduction, sanitaire...) afin d'atteindre la perfection recherchée.

3.3 Les données économiques

3.3.1 La rentabilité : un objectif difficile

En 2005, l'institut de l'élevage a réalisé une enquête téléphonique auprès d'un échantillon représentatif de 458 éleveurs de chevaux et poneys en Lorraine, Pays de Loire et Rhône-Alpes. L'enquête montre que l'activité équine est un hobby pour trois éleveurs sur quatre soit avec recherche d'un équilibre financier, soit sans contrainte économique (Couzy et al., 2006). Parmi tous les éleveurs, ce sont les éleveurs de chevaux de sport qui sont les plus nombreux à rechercher la rentabilité : 53% d'entre eux (Boyer et al., 2007). Toutefois, ils ne sont que 40 % à atteindre leur objectif de rentabilité ou d'équilibre financier.

Cette étude s'attarde sur le résultat économique de 13 exploitations : 6 exploitations avec des poneys de sport, 6 avec des chevaux de sport et 1 mixte. Elles ont été choisies parce qu'elles sont de grande taille et qu'elles ont des objectifs de rentabilité clairement affichés. Les principaux postes de produits à savoir les ventes d'animaux, les ventes de saillies et les primes

sont identifiés. Les principaux postes de charge : la reproduction, la valorisation, l'alimentation, les frais vétérinaires, de maréchalerie et d'identification sont également mis en évidence. Les résultats économiques calculés confirment que les revenus de l'élevage pris au sens strict sont faibles par rapport au travail demandé et aux moyens de production mis en œuvre. La rentabilité des entreprises passe très généralement par des prestations complémentaires : pension avec ou sans travail des chevaux, reproduction, centre équestre, négoce. La variabilité des résultats observée est toutefois très importante que ce soit au niveau des produits ou des charges ce qui permet d'affirmer que des marges de progrès sont possibles au niveau de l'élevage.

3.3.2 La commercialisation

Il n'existe malheureusement pas d'étude qui détaille la commercialisation des Selle-Français. Cependant, on sait que pour les élevages de tailles importantes (plus de 5 poulinières) la rentabilité de la production ne se fait pas cheval par cheval mais souvent par la vente de rares individus exceptionnels avec un prix très élevé.

Ce constat est d'ailleurs renforcé par une enquête réalisée par la Fival, Fédération Interprofessionnelle du cheval de sport, de loisir et de travail, et les Haras nationaux en 2005 (Anonyme, 2006b) sur les transactions d'équidés. En effet, 76% des chevaux achetés pour la compétition professionnelle sont des Selle-Français et le prix de vente moyen des chevaux pour cette utilisation est de 11 806€ (min=1 000€ max=220 000€). Les acheteurs vont privilégier les origines (21%), le prix et le caractère vont arriver en deuxième position à égalité (18%), devant le modèle (16%) et les performances en compétition des années précédentes (9%). A l'inverse, les acheteurs pour la compétition amateurs vont privilégier modèle, conformation, style et allures (50%) puis les origines (17%) devant le caractère et comportement (13%). Les performances antérieures (9%) et la polyvalence (6%) interviennent dans une moindre mesure. Dans cette catégorie, le prix de vente est moins élevé puisqu'il est 6 960 € (min=23€ max=50 000€). En revanche le % de Selle-Français n'est pas précisé. Les prix moyens diminuent encore lorsqu'on s'intéresse aux chevaux pour l'enseignement (3 713€) et l'équitation d'extérieur (2 893€).

4 Les méthodes d'évaluation

Pour les disciplines olympiques, deux types d'indices sont calculés. Les indices de performances qui sont publiés depuis 1972 et les indices génétiques qui sont publiés depuis 1989 pour le CSO et depuis 1997 en dressage et CCE. Il faut savoir que pour les 3 disciplines, les indices sont calculés de façon similaire.

4.1 Modèles utilisés

La performance en compétition d'un cheval est mesurée par deux critères :

- ❖ Le gain annuel
- ❖ Le classement par épreuve

4.1.1 Le gain annuel

Les gains en compétition sont distribués de façon exponentielle (par exemple: le deuxième gagne le quart de ce que gagne le premier, le troisième le quart de ce que gagne le deuxième etc...). La distribution des gains annuels est donc dissymétrique et étendue. C'est un effet voulu pour stimuler la compétition : l'écart conséquent de gains entre la première et la deuxième place justifie une bataille pour gagner. Mais c'est aussi ce qui rend nécessaire une transformation des gains avant leur utilisation pour mesurer de la qualité sportive. Le logarithme du gain annuel est la transformation utilisée pour prendre en compte le gain comme mesure de la performance (Langlois, 1980)

Le modèle utilisé pour l'évaluation génétique du gain annuel est le suivant:

$$y_1 = X_1 b_1 + Z_1 u_1 + W_1 c_1 + M_1 m_1 + e_1$$

Avec :

y_1 le vecteur des Log (gain annuel)

b_1 le vecteur des effets fixes incluant :

- le sexe avec deux classes : les femelles et les mâles qui regroupent les hongres et les entiers
- Une combinaison entre classe d'âge et année de la performance. 5 classes d'âge sont considérées 4 ans, 5 ans, 6-7 ans, 8 à 10 ans et 11 ans et plus.

u_1 le vecteur des valeurs génétiques additives pour le gain annuel

c_1 le vecteur des effets d'environnement commun entre les différentes performances annuelles d'un même cheval

m_1 le vecteur des effets d'environnement commun entre les performances de différents descendants d'une même poulinière. m_1 regroupe l'effet du phénotype maternel et l'effet d'élevage puisque la majorité des élevages ont seulement une poulinière

4.1.2 Le classement par épreuve

Le gain a le handicap de ne pas donner de valeurs aux chevaux non gagnants. De plus, il fait reposer le niveau de l'épreuve sur les seuls écarts de dotation, sans tenir compte des écarts entre les chevaux engagés. C'est pourquoi, une méthode, ne reposant que sur le classement des chevaux dans l'épreuve, a été développée (Tavernier, 1991). La performance réalisée par le cheval au cours de l'épreuve n'est pas mesurée directement. Seule la hiérarchie entre les performances des différents concurrents est disponible sous forme de classement. On suppose donc qu'il existe une variable sous jacente continue qui représente la performance. Cette variable va suivre un modèle classique (voir ci-dessous). En l'absence de mesure directe de cette performance, la vraisemblance du modèle est exprimée en calculant la probabilité du classement obtenu sachant les différents paramètres du modèle. Ainsi, cette méthode n'attribue pas de points ou de gains aux classements, elle procède par comparaisons relatives :

- ❖ Le niveau d'une épreuve est mesuré par les classements des chevaux de l'épreuve obtenus dans les autres épreuves auxquelles ils ont participé.
- ❖ Tel cheval est meilleur que tel autre car il l'a battu dans une épreuve, cet autre cheval en a battu d'autres dans d'autres épreuves, le premier est donc meilleur que l'ensemble de ces chevaux mais il a lui-même été battu dans d'autres épreuves et ainsi de suite,

jusqu'à hiérarchiser tous les chevaux, même s'ils ne se sont pas rencontrés directement.

- ❖ Dans chaque épreuve, les chevaux « non classés », c'est-à-dire sans gains, sont classés ex-æquo derrière le dernier classé : la performance physique sous jacente qu'ils ont réalisée est inférieure à celle du dernier classé.

Le modèle utilisé pour l'évaluation génétique pour le classement par épreuve est le suivant :

$$y_2 = X_2 b_2 + Z_2 u_2 + W_2 c_2 + M_2 m_2 + e_2$$

Avec :

y_2 : variable continue sous jacente au classement

b_2 le vecteur des effets fixes incluant :

- le sexe avec deux classes les femelles et les mâles qui regroupent les hongres et les entiers
- L'âge. 9 classes d'âge sont considérées de 4 ans à 10 ans individuellement, 11-12 ans, et 13 ans et plus.

u_2 le vecteur des valeurs génétiques additives pour le classement par épreuve

c_2 le vecteur des effets d'environnement commun entre les différentes performances d'un même cheval sur différentes compétitions

m_2 le vecteur des effets d'environnement commun entre les performances de différents descendants d'une même poulinière.

4.1.3 Variances et covariances

Les matrices de variances et covariances sont les suivantes pour le CSO :

$$V \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 \\ \mathbf{u}_2 \end{bmatrix} = A \otimes \begin{bmatrix} 0.6455 & 0.3391 \\ 0.3391 & 0.2200 \end{bmatrix}$$

$$V \begin{bmatrix} \mathbf{c}_1 \\ \mathbf{c}_2 \end{bmatrix} = I \otimes \begin{bmatrix} 0.3519 & 0.2009 \\ 0.2009 & 0.1416 \end{bmatrix}$$

$$V \begin{bmatrix} \mathbf{m}_1 \\ \mathbf{m}_2 \end{bmatrix} = I \otimes \begin{bmatrix} 0.1135 & 0.0648 \\ 0.0648 & 0.0457 \end{bmatrix}$$

$$V \begin{bmatrix} \mathbf{e}_{1i} \\ \mathbf{e}_{2i} \end{bmatrix} = I \otimes \begin{bmatrix} 1.2601 & 0 \\ 0 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Avec :

A la matrice de parenté entre les chevaux

I la matrice identité

⊗ produit direct

Il n'y a pas d'autres covariances entre les effets génétiques, maternels et d'environnement permanent que celles précisées dans les matrices précédentes. L'héritabilité est donc de 0.27 pour le log(gain annuel) et de 0.16 pour le classement. La répétabilité est de 0.47 entre année pour le gain et de 0.29 entre concours pour le classement. Les effets maternels représentent 5% et 3 % de la variance totale respectivement pour chacun des 2 critères. La corrélation génétique est de 0.90 entre les deux critères tout comme la corrélation entre les effets commun d'environnement et les effets maternels pour les deux critères.

Pour le dressage, l'héritabilité est de 0.34 pour le log(gain annuel) et de 0.20 pour le classement. La répétabilité est de 0.60 entre année pour le gain et de 0.35 entre concours pour le classement. Les effets maternels représentent 5% et 3 % respectivement. Pour le CCE, l'héritabilité est de 0.14 pour le log(gain annuel) et de 0.07 pour le classement. La répétabilité est de 0.45 entre années et de 0.34 entre concours. Les effets maternels représentent 3% et 3 % respectivement (Ricard et Chanu, 2001).

4.1.4 Méthode d'estimation

La méthode de prédiction des différents effets est le BLUP (Best Linear Unbiased Predictor), appliqué à un modèle animal (toutes les relations de parenté sont prises en compte). Le logiciel utilisé est un logiciel développé à l'INRA qui permet de prendre en compte le traitement simultanément d'un caractère continue d'une part, des classements jugés grâce à une performance sous jacente d'autre part.

4.2 Les indices génétiques

L'indice génétique a pour nom BSO pour le CSO, BDR pour le dressage et BCC pour le CCE. Depuis 1989, les indices génétiques sont estimés sur les résultats en compétition avec

un modèle animal classique. La performance est exprimée avec le logarithme des gains annuels depuis 1972 auquel a été ajouté le critère du classement dans chaque épreuve depuis 1985. Ces critères valent pour moitié dans l'indice synthétique publié.

Les indices génétiques sont toujours accompagnés d'un CD (coefficient de détermination) qui correspond au carré de la corrélation entre la vraie valeur génétique et sa prédiction. Il dépend de l'héritabilité et de la quantité d'informations, c'est-à-dire le nombre de performances propres du cheval et du type d'apparentés qui ont des performances. Pour donner un ordre de grandeur, on peut dire qu'une année de performance apporte autant d'informations sur la valeur génétique que 5 produits (CD=0.27). 100 demi-frères/sœurs donnent seulement un CD de 0.20. On a une précision assez élevée à partir de 32 produits (0.70), élevée à partir de 54 produits (0.80) et confirmée à partir de 118 produits (0.90).

Les indices génétiques ont une base mobile. Ils sont standardisés par rapport à une population de référence :

- ❖ Pour le CSO, c'est l'ensemble des Selle-Français et Anglo-Arabe âgés de 5 ans au moment de l'évaluation.
- ❖ Pour le dressage, c'est l'ensemble des Selle-Français et Anglo-Arabe âgés de 4 à 7 ans dont la moyenne des CD est égale à l'héritabilité du gain annuel soit 0.34.
- ❖ Pour le CCE, c'est l'ensemble des Selle-Français et Anglo-Arabe âgés de 4 à 7 ans dont la moyenne des CD est égale à l'héritabilité du gain annuel soit 0.14.

Leur moyenne est de 0 et les 2% meilleurs doivent avoir un indice supérieur à 20.

4.3 L'indice de performance

En plus, de l'indice génétique, il existe pour les chevaux de sport un indice de performance qui est calculé chaque année afin de synthétiser les performances du cheval pour une année de compétition. L'indice de performance annuel était, au début de l'indexation officielle, le $\log(\text{gain annuel})$ corrigé pour les effets fixes. Avec l'introduction du critère du classement, la notion d'indice de performance annuel a été conservée afin de donner un repère de

performance pour chaque saison sportive du cheval. Il est calculé à partir des résultats d'une année uniquement selon le modèle simplifié :

$$y_2 = X_2 b_2 + W_2 c_2 + e_2$$

Avec :

y_2 le vecteur des performances sous jacentes au classement,

b_2 le vecteur des effets fixes tel que défini pour l'évaluation génétique

c_2 le vecteur des effets « chevaux », effet commun aux différents classements d'un même cheval.

La matrice de variance covariance des effets chevaux est diagonale (non prise en compte des apparentements). Cette matrice repose sur la même répétabilité que pour l'évaluation génétique. La prédiction de c_2 est l'indice annuel pour le classement. L'indice publié est un indice synthétique avec un poids égal de l'indice annuel classement et de l'indice annuel gain réduits à la même variance.

L'indice de performance a pour nom ISO pour le CSO, IDR pour le dressage et ICC pour le CCE. Il est calculé pour chaque année de compétition du cheval et doit donc être normalement accompagné de son année de calcul mais le plus souvent seul le meilleur est retenu. Pour l'année 2005, les indices de performance représentent le traitement statistique de 514 291 sorties en CSO, 24 042 en dressage et 22 822 en CCE. La précision est donnée par le CP (Coefficient de Précision) qui est égal au carré de la corrélation entre la vraie valeur sportive du cheval et de sa prédiction (à partir du modèle de traitement des classements).

Ces indices sont standardisés à partir d'une population de référence. Il faut donc que pour cette population la précision soit suffisante pour constituer une base stable. La population de référence en CSO est l'ensemble des chevaux sortis en CSO ayant un $CP \geq 0.60$. Le CP doit être supérieur ou égal à 0.50 pour le dressage et 0.40 pour le CCE. Dans cette population de référence, la moyenne des indices est de 100, 20% des chevaux doivent avoir un indice supérieur à 120 et 3% supérieur à 140.

5 Le règlement du stud book

5.1 Historique

5.1.1 Introduction des indices pour l'agrément des étalons

Les indices génétiques (BLUP) ont connu leur reconnaissance officielle dans l'arrêté du 21 avril 1988 et leur introduction dans le règlement des Stud Book date du 13 janvier 1991. Avant, une commission décidait de l'agrément des étalons. Ces règles ont instauré des conditions minima d'indice génétique ou d'indice de performance, de façon automatique ou avec passage devant une commission. D'une façon générale, il y a toujours une commission pour statuer des dérogations aux agréments automatiques. Il existe également des critères de qualification reposant sur l'aptitude à la course de galop (plat ou obstacle) et les différentes disciplines sportives (CSO, dressage, CCE et endurance). Tous ces critères sont mis sur un pied d'égalité et l'orientation du Selle-Français vers le CSO n'est donc spécifiée dans aucun texte.

Pour la monte après 4 ans, les règles d'agrément automatique étaient basées sur le seul indice génétique dans les différentes disciplines CSO, CCE, Dressage avec des seuils qui ont fluctué dans le temps : 15 (CD 0.40), 20 (CD 0.40), 17 (CD 0.40), 22 (CD 0.50). Depuis 2002, l'exigence d'une note minimum (50% de la note maximale) de modèle et allure a été rajouté à l'agrément automatique sur indice génétique. L'étalon pouvait aussi être agréé automatiquement par un indice de performance minimale dont les seuils sont passés successivement de 130 à 135 puis de nouveau 130 à 5 ans, 135 à 140 à 6 ans, 135 à 150 à 7 ans et plus. Des performances inférieures étaient exigées pour passer devant une commission d'approbation. Aujourd'hui, l'agrément automatique sur indice de performance n'existe plus. Il est seulement spécifié que certains chevaux peuvent être approuvés au titre de performances exceptionnelles. Pour les autres, en plus des performance précédentes, le passage devant une commission d'agrément est obligatoire. Les règles de décision ne sont pas précisées dans le règlement du Stud Book.

Pour la monte à 4 ans et 3 ans depuis 2004 (donc avant performances), un règlement spécifique a toujours été instauré, visant un seuil plus haut et un passage obligatoire devant la

commission d'agrément (20 CD de 0.30 puis 23 CD de 0.30), seuil qui a finalement été supprimé au profit de la commission d'agrément qui pondère les indices génétiques dans une note globale. Depuis 2004, les étalons peuvent être approuvés à 2 et 3 ans et reçoivent un agrément provisoire, s'ils ne satisfont pas les règles d'approbations automatiques ou de la commission d'agrément avant le 31 décembre de leur année de 5 ans cet agrément est supprimé.

5.1.2 La carrière de reproduction

Les règlements de stud book déterminent l'âge de la mise à la reproduction. Concernant les juments, c'est en 2000 que l'autorisation des saillies à 2 ans a été instaurée.

Il n'existe aucun texte qui permet de réformer un étalon. Une fois qu'un étalon a obtenu son agrément, il peut saillir jusqu'à sa mort et ce quelque soit les performances de sa production.

Les règlements du stud book régissent aussi le nombre de saillies annuelles des étalons. Le maximum est passé successivement de 60 à 100 puis 150 pour être aujourd'hui illimité.

5.1.3 La réglementation des croisements

Concernant la réglementation des croisements pour produire en Selle-Français, l'obligation d'avoir au moins un parent Selle-Français, a été institué en janvier 1995.

C'est seulement en 1998, que le stud book s'ouvre aux étalons Selle étranger qui deviennent alors officiellement une race de croisement. Auparavant, ils entraient au compte goutte en étant déclarés facteurs de Selle-Français. Un étalon Selle-Etranger issu d'un stud book reconnu par la WBFSH a un agrément en Selle-Français sous réserve :

- ❖ de performances exceptionnelles en France (Indice de performance ≥ 150)
- ❖ de performances exceptionnelles en internationaux (classement dans un grand prix de saut d'obstacle, dressage ou concours complet)
- ❖ de performances moindres (Indice de performance ≥ 135) et un passage en commission d'agrément.
- ❖ d'un classement dans un concours international et un passage en commission d'agrément.

5.2 Inscription au Stud book

Depuis 2006, on attribut l'appellation Selle-Français à tout animal non inscriptible à un autre stud-book géré en France, ne correspondant pas à la définition de l'Anglo-Arabe de croisement, et issu de reproducteurs Selle-Français ou facteur de Selle-Français (Annexe 4). Le stud book se divise ensuite en deux sections la section A et la section B. Ces deux sections ont été créées à partir des naissances 2005. La section A a pour objectif de conserver et de mettre en valeur le patrimoine génétique du Selle-Français alors que la section B existe pour permettre une plus grande diversité dans les croisements et notamment faciliter les croisements avec des Selle-Etranger.

Les techniques modernes de reproduction sont autorisées puisque tous produits issus d'insémination artificielle congelée, fraîche ou réfrigérée et de transfert d'embryon sont inscriptibles au stud book Selle-Français. La semence congelée d'un étalon mort approuvé, ou d'un étalon castré ultérieurement à son approbation, peut être utilisée, pour produire des chevaux Selle-Français.

5.3 Approbation des étalons

Les étalons doivent recevoir une approbation afin que leurs produits puissent être inscrits au stud-book du Selle-Français. Comme le précise le règlement de stud-book (Annexe 4), elle est fonction de l'âge du candidat et peut être obtenue de différentes façons.

L'approbation définitive quelle que soit la voie choisie est toujours délivré après examen d'un dossier sanitaire. Ce dossier sanitaire comporte des informations sur le statut ostéo-ariculaire de l'étalon (radio des membres) et un spermogramme. Cependant, ce dossier est uniquement informatif.

5.4 Les mesures incitatives pour les poulinières

Il n'existe pas de sélection inscrite dans les textes : toute jument née Selle-Français est autorisée à reproduire en Selle-Français, il n'existe pas de confirmation pour devenir

poulinières. Cependant, un système de qualification a été mis en place. Il repose sur le modèle et les allures, les performances, la descendance et les indices génétiques. Il permet aux propriétaires de connaître la qualité de leurs juments. Un dispositif d'encouragement, la PACE (Prime d'aptitude à la compétition équestre), existe depuis 1979 (Arrêté du 6 Novembre 1979). A ce titre, des primes sont distribuées pour inciter la mise à la reproduction des jeunes juments à haut potentiel génétique (929 825 € en 2002). Des primes sont également attribuées aux naisseurs de produits ayant obtenu des performances suffisantes en compétition (1 150 187€ en 2002). Ces dernières reviennent donc tardivement aux propriétaires des mères et ont donc un rôle peu incitatif. Ces primes dépendent des indices annuels.

La PACE a pour objet :

- ❖ de favoriser la mise à la reproduction des juments au modèle satisfaisant ayant prouvé leur qualité en compétition ;
- ❖ de favoriser la mise à la reproduction de jeunes juments et ponettes au modèle satisfaisant dont certains apparentés ont prouvé leur qualité en compétition ;
- ❖ d'inciter au maintien à la reproduction de juments et ponettes au modèle satisfaisant dont la production a montré de la qualité en compétition.

Pour bénéficier de la PACE une jument doit avoir été présentée au moins une fois dans un concours d'élevage et avoir été qualifiée en fonction de son modèle pour l'attribution de la prime. Le montant de la prime attribué à une jument est fonction du nombre de points dont elle est titulaire. Ce sont les Haras nationaux qui gèrent l'attribution des points puis la répartition des primes. Ces dernières sont distribuées qu'aux juments mises à la reproduction sous des conditions bien précises. Les juments en transfert d'embryon sont considérées, pour l'attribution de la PACE, comme des poulinières à l'élevage, même si parallèlement elles poursuivent une carrière de compétition. Elles peuvent donc bénéficier de la PACE dans les mêmes conditions que les autres poulinières à l'élevage. L'attribution de la PACE est réservée aux poulinières Selle-Français inscrites au programme d'élevage.

Le nombre de points attribué à une jument est calculé à partir des indices cheval et de leurs équivalents. Des points sont décernés à une jument âgée de dix-huit ans au maximum ayant obtenu au cours des années précédentes un indice annuel sur performances en concours de

dressage, concours complet d'équitation ou concours de saut d'obstacles égal ou supérieur à 110 ou une équivalence. Le nombre de points dépend du niveau de l'indice: Un point est décerné à une jument pour chacun de ses produits ayant obtenu au cours d'une des années précédentes un indice annuel sur performances en concours de dressage, concours complet d'équitation ou concours de saut d'obstacles égal ou supérieur à 120 ou une équivalence. Des points sont décernés à une jument si certains de ses apparentés ont obtenu au cours d'une des années précédentes un indice annuel sur performances en concours de dressage, concours complet d'équitation ou concours de saut d'obstacles égal ou supérieur à 120. La qualification à une des finales nationales du cycle classique cheval de saut d'obstacle, de dressage ou de concours complet à quatre ans est équivalente à un indice de performances propres de 110. Un classement assorti d'un prix obtenu sous couleurs étrangères dans les compétitions internationales de niveau ** au minimum (CSO, CCE, dressage), dont le programme est publié au bulletin officiel de la Fédération Equestre Internationale, équivaut à l'indice 140 pour les juments. Si ce règlement n'a pas vraiment de fondement génétique (seule la voie maternelle est considérée), il se justifie pour favoriser la mise en testage en épreuve publique des juments, seul voie directement maîtrisée par l'éleveur à l'inverse de la voie mâle dont il ne maîtrise pas la valorisation.

Toutes inscriptions au programme d'élevage conduit à l'évaluation et à l'attribution de qualification pour la jument. Ce sont avec ces qualifications, qu'une jument Selle-Français de la section B pourra devenir facteur de Selle-Français de la section A.

Chapitre 2
Etude de la
sélection du
Selle–Français
entre 1974 et 2002

1 Objectif de l'étude

Nous venons de présenter en détail le cheval Selle-Français en montrant son orientation pour l'équitation sportive et plus particulièrement le CSO. Il faut remarquer que l'élevage du cheval de sport comporte quelques spécificités non négligeables et notamment l'amateurisme des éleveurs qui ont le plus souvent seulement une poulinière (73%), mais le Selle-Français intéresse également les "étalonniers" (propriétaires de l'étalon, qui vendent des saillies) et les utilisateurs (principalement cavaliers amateurs ou professionnels dans les trois disciplines CSO, Dressage, CCE), Ces 3 acteurs distincts ont des intérêts différents et l'évolution de la race qu'ils souhaitent n'est pas forcément la même.

Nous avons également mis en évidence le fait que la sélection de ce cheval s'effectuait, d'une part, grâce à un circuit de compétition et, d'autre part, grâce à un système de circulation de l'information très opérationnel. Ces dispositifs vont donc permettre le calcul d'indices génétiques et d'indices de performances sur lesquels repose une partie de la sélection. Cependant, l'étude de l'historique du stud-book ainsi que les règles multiples de l'approbation des étalons montrent que le schéma actuel de sélection du Selle-Français est complexe et nous pouvons donc nous interroger sur son efficacité. De plus, l'orientation majeur du Selle-Français vers le CSO a sans aucun doute eu un impact sur les autres disciplines, mais lequel ?

Répondre à ces questions afin de réellement apprécier le schéma actuel du Selle-Français semble donc une étape nécessaire avant de proposer à l'ANSF un schéma de sélection plus complexe qui introduirait des caractères additionnels. Aujourd'hui, on recherche non seulement un cheval performant en compétition mais également un cheval beau, se déplaçant bien, sain dans ses membres et éventuellement ayant un tempérament particulier. L'état des lieux réalisé dans l'article suivant a donc pour objectif d'identifier les marges de manœuvres dont on dispose. En effet, on pourra ainsi s'appuyer sur les atouts du schéma de sélection pour nos propositions mais également prendre des mesures pour effacer les faiblesses existantes.

Article 1 :

Efficiency of past selection of the French
Sport Horse: Selle Français breed and
suggestions for the future

*Etat des lieux sur l'efficacité de la sélection du
cheval de sport français : le Selle-Français et des
suggestions pour le futur*

Publié dans Livestock Science



ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

Livestock Science 112 (2007) 161–171

**LIVESTOCK
SCIENCE**

www.elsevier.com/locate/livsci

Efficiency of past selection of the French Sport Horse: Selle Français breed and suggestions for the future

C. Dubois*, A. Ricard¹*INRA SGQA, Domaine de Vilvert 78352 Jouy en Josas France*

Received 14 June 2006; received in revised form 11 February 2007; accepted 12 February 2007

Abstract

Parameters of genetic trend of Selle Français (SF) horse breed were studied from 1974 to 2002 and detailed since 1991 because historical BLUP animal model genetic evaluation for jumping competition was available since 1989. During this period, annual births varied from 6000 to 10,000. The annual genetic trend for show jumping was 0.055 of genetic standard deviation between 1985 and 1995 and 0.096 since 1995 without unfavourable trend for dressage ($\Delta G = +0.002$) and eventing ($\Delta G = +0.011$). The three parameters of genetic trend: the selection intensity ($i = 1.95$ for males, 0.48 for females), the accuracy ($r = 0.66$ for males, 0.60 for females), and the generation interval ($L = 12.0$ years for males, 11.5 for females) explained this result. Particularities were: a higher number of progeny for best sires which induced true selection intensity equal to 2.21, a new and important selection on progeny (46% births from sires tested on progeny between 2000 and 2002), a high rate of own performance test in competition for mares (45%) which induced high accuracy of mare pathway. However, demographic possibilities were not reached, the possible selection rate for male (1.5%) and females (49%) should increase genetic gain +14% and +11% respectively. The generation interval was too long: a better selection at first stage for males, with equal rapid test on progeny and a shorter period of reproduction, i.e. a higher number of foals per sire, should decrease the relative importance of progeny test and should decrease generation interval. The drop of mares aged more than 10 at first progeny should decrease 1.2 year generation interval without loss on accuracy. If breeders keep the same structure (test of stallion and majority of mares on their own performance), they could add new criteria (conformation, gaits...) in the breeding value estimation for SF and maintain the high genetic trend on jumping.

© 2007 Published by Elsevier B.V.

Keywords: Horse; Genetic trend; Selection; Jumping

1. Introduction

During the last 40 years, the Selle Français (SF) has been selected mainly for show jumping from results in competition. But, despite this single objective, the French breeding scheme contained a lot of rules. These

rules were function of the age of the candidate and there were different ways to become an approved stallion. A 3 years old male candidate may be selected from gaits and conformation test. Then at 4, 5, 6 years or more male candidates may be selected by truncation threshold on breeding evaluation or on own performance in competition or may also pass an examination by a special commission. Whatever the age of selection, all approved stallions passed an X-ray test. All females born in the breed may become broodmares. Their selection is therefore totally breeder dependant.

* Corresponding author. La Jumenterie du Pin, Les Haras-Nationaux Direction des connaissances 61 310 EXMES, France. Tel.: +33 2 33 12 12 09; fax: +33 2 33 35 58 93.

E-mail address: clotilde.dubois@haras-nationaux.fr (C. Dubois).

¹ Tel.: +33 5 61 28 51 83; fax: +33 5 61 53 53.

Were these rules efficient for the improvement of jumping ability? What were the consequences on the other disciplines: dressage and eventing? As other warmblood horse breeds all over the world (Koenen et al., 2004) breeders want to increase the number of traits in breeding objective. In addition to show jumping, they would like to select all horses on gaits, conformation, behaviour, fertility, and health. To add all these criteria by keeping an effective breeding scheme, it was initially necessary to identify the qualities and the drawbacks of the current plan of selection. For all these reasons, we analysed passed selection in SF since 1974 according to the parameters of genetic trend.

2. Materials

2.1. Genealogical data

The data used was provided by the national horse register, “Système d’Identification Répertoire les Equidés” (SIRE) from the Haras Nationaux. This file included all the Selle Français (SF) born from 1974 to 2002 and their known ancestors. From 1974 to 1987 there were about 6000 births per year, then there was an increase of births until 1993 (10,000 births), then a decrease and now, since 1998, there was a stabilization about 7500 births per year. Since 1998, these births were performed by 870 stallions 580 of them were SF and they were responsible for 85% of the total births. This file contained for each horse registered: an identification number (ID), the name, the sex, the breed, the date of birth, the ID number of sire and dam. It contained 314,564 horses including 222,978 SF. The particular SF horse called AQPS (Autre Que Pur Sang), with more than 90% of thoroughbred genes, was not included on the study because it was bred for steeple-chasing and not for sport. The information was complete except for the date of birth that was missing for 2.8% of the horses. These horses with missing birth date were horses for which one or two parents were unknown (92%) and 46% of horses with one unknown parent had a missing date of birth.

The SF was the product of a long selection process that has been developed during the 20th century. First, it was called “demi-sang” and was the progeny of Thoroughbred stallions and local mares. It was only in 1958, that the name Selle Français appeared. Between 1958 and 1994, the stud book was open and a lot of crossings were possible. The decree of January 1995 closed partially the stud book and only the progeny with at least one parent SF could be recorded on the SF stud book.

2.2. Competition data

Since 1972, results in competition have been computer recorded, only for horses with earnings until 1984 and then for all horses which have participated to a competition. Competitions in jumping, dressage and eventing begin at 4 years old with special competition for young horses from 4 years old to 6 years old. This was called “circuit classique”. The percentage of SF horses with performance in jumping at 4 years old was stable from 1981 to 1996: about 28%, then increased with the decrease of births and was 36% in 2000. At 5 years old, the percentage of horses with at least one year of competition (at 4 or 5 years old) increased from 1981 to 1987 from 39% to 46%. Then it was stable about 44% and now increased to 53% for births in 1999. Finally, at 7 years old, it was about 57% of SF horses which had a performance in jumping competition in France.

In dressage, the percentage of SF with a performance reached only 1% at 4 years old, 2% at 5 years old and 7% all over the life.

In eventing, the percentage of SF with a performance reached only 1% at 4 years old, 4% at 5 years old and 8% all over the life.

2.3. Breeding evaluation

Since 1976, breeding values have been estimated from competition results and since 1989 an animal model was implemented. The performance was the logarithm of annual earnings of the horse since 1972 (Langlois, 1980; Langlois and Blouin, 2004), to which the criterion of the underlying performance responsible for ranks was added since 1985 (Tavernier, 1991; Ricard, 1997). The parameters used on breeding evaluations for jumping were as follows: Heritability was 0.27 for Log(annual earnings) and 0.16 for underlying performance responsible for ranks in every events. Repeatability was 0.47 (between years) and 0.29 (between events) respectively.

Since 1999, horses had also breeding evaluations for dressage and eventing. The traits and models used were the same as for show jumping. For dressage, genetic parameters were: heritability 0.34 and 0.20, repeatability 0.60 and 0.35, maternal effect 0.05 and 0.03 for earnings and rankings respectively. For eventing, heritability was 0.14 and 0.07, repeatability was 0.45 and 0.34 and maternal effect was 0.03 and 0.03 for earnings and rankings respectively. All correlations between random effects genetic, common environment and maternal were nearly 0.90.

2.4. Sample used

The objective was to estimate the accuracy and the genetic superiority at moment of selection. It was important to notice that horse was selected on genetic evaluation calculated at the end of the year (n), the year $n+1$ covering occurred and the year $n+2$ the first generation of progeny was born. Because Animal Model BLUP breeding value estimation have been available only since 1989, all measurements of accuracy and genetic superiority of horses selected before 1989 were not possible. So these parameters were only computed from the year of birth 1991 to 2002. The percentage of horses with a known selection intensity and a known accuracy when their sire have been selected increased from 10% in 1991 to 71% in 2002 (around 70% since 1998). The percentage of horses with a known selection intensity and a known accuracy when their dam have been selected increased regularly from 30% to 92% from 1991 to 2002. There was no such restriction to compute generation interval which was computed from 1974 to 2002 births.

The other restriction on the data was that a horse was known to be a stallion or a mare only when it had progeny and so this time depended on the age at first foal. The number of horses born during the period 1991/2002 which become stallions was about 80 in 1991–1993 and fell to 4 in the last year available: 1997. On this sample, 13% and 45% of the selection intensity and accuracy of their sires and mares respectively were known. On the pathway sires of dam and dam of dam, the percentage of known selection intensity and known accuracy started respectively at 8% and 24% and reached 60% and 70% in 1997. The same restriction for the computation of interval of generation on the 4 pathways of selection was applied.

3. Method

3.1. Estimation of genetic trend

The realized genetic trend was computed as the average of genetic evaluation in function of the birth year of the SF population.

3.2. Estimation of the three parameters of genetic trend

As proposed by Rendel and Robertson (1950), the annual genetic trend expressed in genetic standard deviation was developed as:

$$\sigma_g = \frac{i_{SS}r_{SS} + i_{SD}r_{SD} + i_{DS}r_{DS} + i_{DD}r_{DD}}{L_{SS} + L_{SD} + L_{DS} + L_{DD}}$$

with S for Sire and D for Dam, i selection intensity, r accuracy, L generation interval.

The 3 parameters were estimated for each stage of the selection. The first stage of selection was selection on ancestors and relatives and eventually own performance. This selection occurred for males and females 2 years before the first births of their progeny. For sires, a second stage of selection was possible when the first generation of progeny had result on competition. First results in competition are obtained at 4 years old. So this selection was 4 years after the first births of progeny and progeny resulting from the progeny selection was born 6 years after the first generation.

The three parameters of the genetic trend observed were calculated on the 4 pathways: sire of sire, sire of dam, dam of sire, dam of dam. The calculation on these four pathways was often difficult. As mentioned above, the data used to compute these parameters were censored in the left hand side and also on the right hand side. So, in addition to the 4 pathways studied, the path sire of progeny and dam of progeny were also computed.

The parameters of genetic trend were calculated according to the birth year of the parent, the birth year of progeny and age of parent as a longitudinal study or cross-sectional study. The results were given with and without weight of progeny. The results were distinguished according to the breed of the parent as parent of SF.

The selection intensity was the average of the standardised genetic superiority (i):

$$i = \frac{\text{Breeding Evaluation} - \mu}{\sigma}$$

With the breeding evaluation of the selected horse of the years of selection, μ is the average of breeding evaluation of the year of selection of SF born the same year as the selected horse, and σ is the standard deviation of breeding evaluation of the year of selection of the SF born the same year as the selected horse.

Assuming a selection by truncation of a normal distribution, this superiority can be linked to a theoretical rate of selection (p):

$$i = \frac{z}{p}$$

with z ordinate of the normal distribution function at the point of truncation given by statistical tables, p the fraction of selected animals.

The accuracy was computed as the correlation between breeding value estimation and true genetic value.

Generation intervals were computed as the average age of parents at the birth of their offspring.

3.3. Estimation of selection rate

As seen previously, the selection intensity gave an equivalent *theoretical* selection rate. On the contrary, the realized selection rate was calculated as the percentage of males or females which become parents in their own birth year. It was not possible to calculate the realized selection rate in recent years because the total number of horses born which could become parent was not yet known (right censoring). So, the realized selection rate was calculated from 1974 to 1991 for males and 1974 to 1989 for females to avoid this censoring.

According to possibilities of demographic parameters, another selection rate was calculated: the possible selection rate, assuming a regular use of mares and stallions and knowing the variations in the total number of births registered. The demographic parameters were the sex-ratio (0.5), the fertility for female (0.55) and the average number of progeny per stallions per years was between 9.7 and 15.7 during the period considered. The fertility and the average number of progeny were calculated with the SIRE data. The number of stallions and mares for replacement was estimated according to the number of foals they produced during their period of activity due to the age at the first progeny and the generation interval. According to these parameters, the possible selection rate was calculated for generation born from 1974 to 1995 and 1974 to 1996 for males and females respectively. For the male, a possible selection rate was also calculated with a higher but biologically easily feasible number of progeny per stallions per years: 50. In this case, it was considered that fewer stallions were approved with no decrease in the length of reproductive life.

4. Results

4.1. The genetic trend

Fig. 1 shows the genetic trend realized between 1974 and 2002 for jumping, eventing and dressage. For jumping, there were three different phases. In the first one between 1974 and 1985, there was a slow progress ($\Delta G=0.007$ genetic standard deviation/year). In the second phase between 1985 and 1995, the progress increased and was about 0.056 genetic standard deviation/year. During the last phase, between 1995 and 2002, the genetic trend was higher ($\Delta G=0.096$ genetic standard deviation/year). For eventing, the progress was smaller ($\Delta G=0.011$ genetic standard deviation/year) and for dressage, we did not observe any change over

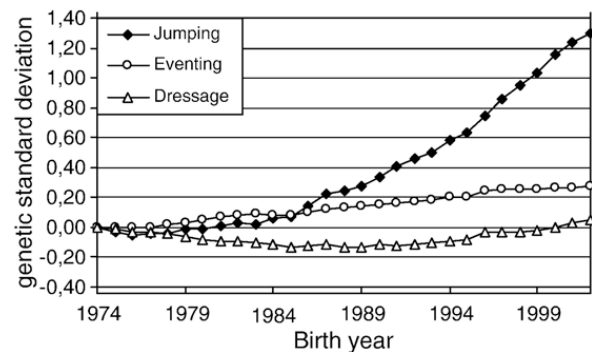


Fig. 1. The effective genetic trend in jumping, eventing and dressage.

the period ($\Delta G=0.002$ genetic standard deviation/year). In fact, there was a slight decline up to 1985 followed by a slight improvement.

4.2. The parameters of genetic trend for the first stage of selection

4.2.1. The 4 pathways

The first method was the cross-sectional study. All the results are presented in the Table 1. There were differences between the four pathways for the selection intensity, as expected for the sires compared to the dams but also with a higher selection for the sires and dams of sires compared to the selection of sires and dams of dams. The theoretical fraction of selected sires corresponding to selection intensity 2.69 on the sire/sire pathway was 0.9%. The theoretical fraction of selected sires corresponding to selection intensity 2.21 was 3.5%. So the selection rate to become sires of sires among all sires was $0.9/3.5=26\%$. To become mares of sires among all mares, the same calculation gave a selection rate of 9%. There was no difference between the way sires of dams and sires of progeny but there was a selection for the choice of dams of dams comparing to dam of progeny. The accuracy was higher for the sire ways than the dam ways: the difference was 0.06. The generation interval was long and slightly higher for the sire way than the dam way. There was no difference between the ways to produce progeny or mares. To produce stallions, the generation interval was longer for the sire/sire path (+0.8 year), and lower for the mare/sire ways (-1.0 year), but it did not induce any change on the accuracy.

4.2.2. According to the breed of parents

17% of births were from other sires than SF and 18% from other mares than SF. These births were mainly performed by racing breeds (Thoroughbred and French Trotter) or horses issued from non registered animals

Table 1

Selection intensity, theoretical rate of selection, accuracy and generation interval for Selle Français parents of Selle Français offspring born from 1991 to 2002

	Pathway					
	Sire/sire	Dam/sire	Sire/dam	Dam/dam	Sire/progeny	Dam/progeny
Total number of couples	296	328	6019	5998	85794	85661
With known data	15%	45%	32%	43%	54%	65%
Selection intensity	2.69	1.94	2.26	0.76	2.21	0.48
Theoretical rate of selection	0.9%	6.6%	3.0%	52.0%	3.5%	71.0%
Accuracy	0.64	0.62	0.65	0.58	0.66	0.60
Generation interval (years)	12.8	10.5	12.1	11.4	12.0	11.5

and not by foreign sport horses on the studied period. Results for the other breeds than SF are in Table 2.

The selection controlled by the SF rules on their own horses was the only one which was effective. There was nearly no selection of males from other breed comparing to the mean level of the population of SF and there was a selection in the bad way for mares because they were worst than the mean of SF population. There was the same phenomenon for the pathways of parents but it concerned few parents. In fact, for sires SF 14% have a sire non SF and 5% a dam non SF and for dams SF 16% of sire and dams were not SF. The accuracy for parents from other breed was largely lower than SF parents. The mating with sires and mares from other breeds had also a negative effect for the generation interval which was higher for both ways.

4.2.3. According to the age at selection

The mean of age at selection was 4.4 years for stallions and 5.2 years for mares. So, age was higher for mares. This was explained first because they were not all pregnant at first year of covering and second because they must stop their activities in jumping before having progeny. For mares, the distribution of this age had a large range of variation, which began at 2 years old and

decreased with age: 26% were aged 2, 15% aged 3, 12% aged 4 and still 13% were aged 10 and more (Fig. 2). The distribution revealed that there was smaller variation for stallions: 51% were aged 4 at selection, 21% were aged 3 and 12% aged 5, and 16% were older.

The Table 3 gives the selection intensity and accuracy according to the age at selection. The selection intensity was the lowest for sires at 4 years old whereas the majority of sires were selected. This selection intensity was higher for selection of stallions before any performances (3 years old) or for confirmed stallions (5 years or more) before decreasing with very old stallions (after 8 years). For mares, selection without any performances gave high selection intensity for very young mares (2 years old) but not for mares aged 3. After performances, there was also a high variation according to the age of end of competition. The better return to breeding was performed at age 5 and then at age 10, so after the second year of specific competition for young horses or after an effective career in jumping.

For sires, the accuracy was lower for 3 years old, as expected because of the lack of own performance. The

Table 2

Selection intensity, theoretical rate of selection, accuracy and generation interval for breed other than Selle Français parents of Selle Français offspring born from 1991 to 2002

	Pathway	
	Sire/progeny	Dam/progeny
Total number of couples	18103	18236
With known data	36%	65%
Selection intensity	0.31	-0.66
Theoretical rate of selection	83%	Worst 59%
Accuracy	0.54	0.49
Generation interval (years)	13.9	12.4

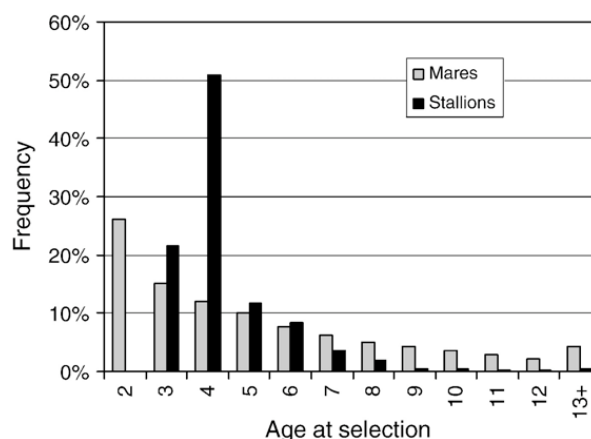


Fig. 2. Distribution of age at selection of Selle Français mares and Selle Français sires of offspring born between 1991 and 2002.

Table 3
Selection intensity, accuracy and frequency of mares with own performances according to age at selection for Selle Français parents of Selle Français offspring born from 1991 to 2002

	Age at selection (years)	Pathway		Frequency of mares with own performance
		Sire/progeny	Mare/progeny	
Selection intensity	2		0.61	
	3	2.59	0.39	
	4	2.06	0.43	
	5	2.27	0.56	
	6	2.34	0.47	
Accuracy	7+	2.29	0.43	
	2		0.53	0%
	3	0.60	0.52	0%
	4	0.65	0.57	42%
	5	0.68	0.62	66%
	6	0.69	0.64	74%
	7+	0.71	0.66	82%

accuracy reached 0.65 for 4 years old and stabilized about 0.70 for 5 years old and more. The percentages of sires which had own performance at the age of selection was 83% (89% for 4 years old) and 94% of stallions had performance already for the second stage of selection. Sires without performances were mainly horses which have competed only in foreign countries, so they were not registered with performance in France and young stallions which were approved at 3 years old.

For mares, the same phenomenon was observed for the 2 and 3 years old. The accuracy was lower around 0.53. It increased for 4 and 5 years old and was stabilized for 6 years old around 0.65. Overall births from 1991 to 2002, mares were 45% to have own performance when they were selected, that explained this high accuracy. Note that this percentage of mare with performance was a mean of young mares selected obviously without performance and mare selected aged 4 which were 42% to have performance and older mares (6+) which were between 70% and 80% to have own performances.

4.2.4. With no weight due to the number of progeny

All previous results were given weighed by the number of progeny of each parent. A second analysis for the selection intensity and the accuracy was performed in a longitudinal way, for which each parent was counted only once. The theoretical selection rate passing from 2.21 to 1.95 (equivalent to a rate of selection of 6.5%) when selection intensity was weighted by the number of offspring compared when it was not weighted. This corresponded to a new selection of the

best 54% when considering the number of offspring provided. The accuracy was quite the same weighed by the number of offspring or not.

4.3. The progeny selection for the male

Fig. 3 shows the distribution of SF born in 2001 and 2002 according to the stage of selection and the age of their sires at the moment of birth. On the period 2000–2002 where the effect of censoring on data should be low, 46% of horses have a sire selected on progeny, and 51% on own performance and ancestors only (3% unknown). The progeny selection gave a selection intensity of 2.75 for the pathway sire SF/progeny, calculated on 25201 offspring SF born from 1991 to 2002 (according to censoring, about 30% of measured selection intensity was known). This selection intensity corresponded to a theoretical selection rate of 0.8%, 23% of best stallions pass the progeny selection. As for the first stage of selection, it was verified that progeny selection of sires from other breeds than SF was lower than SF sires ($i=0.43$). An increase of selection intensity from $i=2.06$ to $i=2.75$ when weighting by the number of offspring corresponds to a selection rate passing from 5.1% to 0.8% that was an increase of 16%. The accuracy was 0.75 when selection on progeny was when first progeny were aged 4 and 0.81 when progeny were aged 5 (2 generations tested).

4.4. Realized and possible rate of selection

According to the demographic parameters, the possible rate of selection for males was 1.5% that corresponds to a possible intensity of selection of 2.52. Comparing to theoretical selection rate realized, i.e.; 3.5% on the way sire/progeny, only the best 42% stallions in activity should be kept. When considering

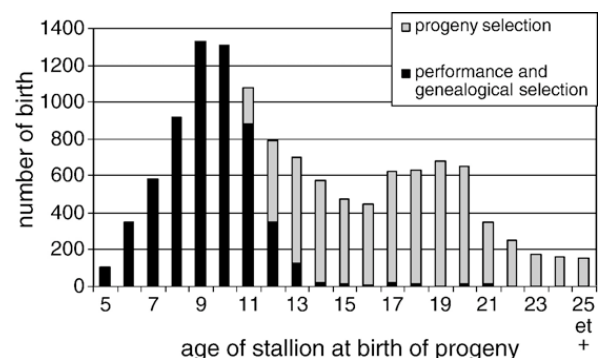


Fig. 3. Distribution of birth in 2001–2002 according to the age of sire at birth of progeny and the stage of selection.

50 offspring per stallions, the possible selection intensity was 2.96 and comparing to theoretical selection rate only the best 12% stallions in activity should be kept. The possible selection rate for females was 49%, corresponding to a selection intensity of 0.81. Comparing with the 71% realized, only 2/3 of mares should be kept.

4.5. Evolution of the parameters of genetic trend with time

Evolution of selection intensity of parents of SF born between 1993 and 2002 was reported on Fig. 4 for males and Fig. 5 for females according to the age at selection of the parents. The possible selection intensity corresponding to the possible rate of selection due to demographic possibilities was also reported. The evolution of selection intensity with the birth year of progeny depended on the age of selection of the sire. The higher selection intensity performed on stallions without performances (3 years) decreased whereas the selection of the majority of stallions (4 years) increased to converge to the same value in 2002. In the same period, the progeny selection appeared and increased. The demographic possibilities on the same period were stable. Selection intensity for young mares and old mares increased highly from 1991 to 2000, even during

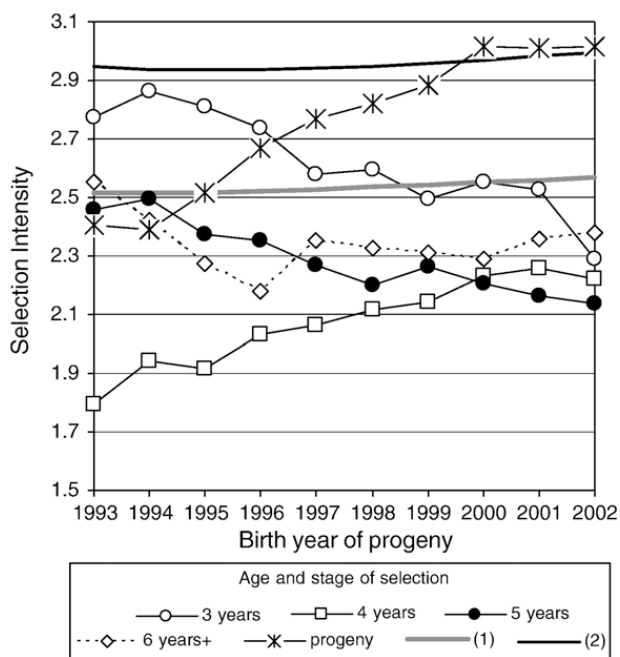


Fig. 4. Selection intensity of Selle Français sires (birth year 1993 to 2002) according to stage and age of selection of sires and possible selection intensity due to demographic parameters (1 = with actual number of offspring by stallion per year, 2 = with 50 offspring by stallions per year).

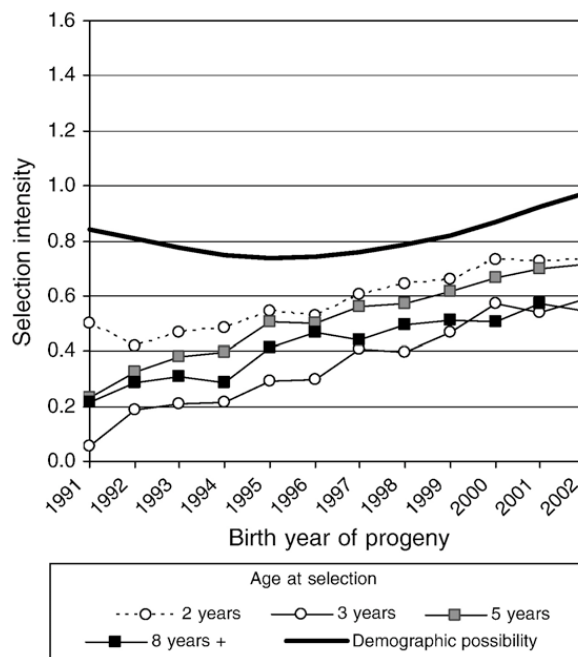


Fig. 5. Selection intensity of Selle Français mares of Selle Français born from 1991 to 2002 according to the age of mares at selection and maximum due to demographic possibilities.

1994–1996 as for the possible rate of selection due to variations in demography.

The accuracy increased to 0.02 points from 1997 to 2002 for all stallions selected at age more than 3 (with performances) and was stable for stallions selected at 3 years old.

The evolution of generation interval for SF born from 1974 to 2002 with SF parents was reported in Fig. 6. A longer period was considered (data not censored). The generation interval on the sire pathway increased 4.1 years and 1.9 years between 1974 and 2002 and between 1991 and 2002. The more important evolution was performed in 4 years between 1999 and 2002: +1.6 years. For the mare pathway, on the same periods,

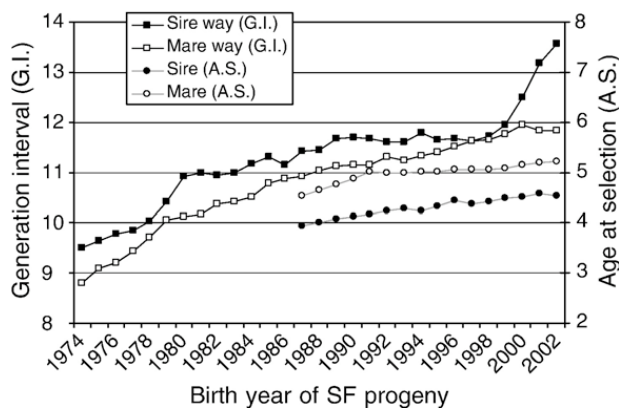


Fig. 6. Evolution of generation interval and age at selection of Selle Français parents of Selle Français progeny born from 1974 to 2002.

the increases were respectively 3.0 years and 0.7 year. From 1991 to 2002, the age at selection increased 0.4 year for the sires and 0.2 for the mares.

5. Discussion

5.1. Forces and weaknesses of the current breeding scheme for the show jumping

The selection intensity in first intention, i.e. if it is calculated on the genetic value of the approved stallion, independently of its respective use, is only 1.95, at the stage of selection on relatives and own performance and similar (2.06) at the second stage of selection on progeny. Thus, the selected stallions are only the 6.5% best males at the first stage and then rather all pass successfully the test on progeny. This is very far from the demographic possibilities which induce a possible selection rate of 1.5%. This is also far from the rate of selection really applied, which is 1.7%. The choice of the stallions is not efficient. In fact, this severe report is balanced by the practice of the breeders, independently of the initial choices. When the genetic values of the stallions are weighted by the number of their offspring, the selection intensity reaches 2.21 at the first stage of selection, thus a theoretical selection rate of 3.5% and 2.75 at the stage of progeny selection, thus a theoretical selection rate of 0.8%. An important improvement should be a strict selection of the best 1.5%, and an equal reproduction of all stallions selected. The selection intensity should be 2.52 (+0.31). The effect on genetic gain should be +14%. The second improvement should be to increase the number of foals by stallions with no change on the length of reproductive life. With 50 offspring per year and per stallion, the possible selection rate is 0.4%, the corresponding selection intensity of 2.96 (+0.75). A strict selection, an equal production of stallions and the increasing of the number of progeny per stallion/year to 50 could lead to an increase of 34% of the genetic progress.

The use of the progeny selection is recent on the French breeding scheme (the end of 1990) and is efficient. But only 23% of stallions are kept after the test on progeny (at least according to the number of progeny, not by the real elimination of the stallion) and the proportion of births from sires selected on progeny is high: half of the births in 2000–2002. The distribution of the average age of the sires (Fig. 3) showed a significant disaffection for the stallions aged 6 to 8 years at the birth of their offspring. The comparison of these results with other optimisation studies of breeding program is difficult because they are based on many parameters (specific population structure, variety of values for all parame-

ters). However, the study of Tavernier and Clerc (1994) is an optimisation study that is modelling a breeding scheme in similar conditions. Tavernier and Clerc (1994) recommended a rate of 1/3 of stallions kept between the two stages that is 10% more than in our study. But, the optimum of birth from stallions selected on progeny is far from the 50% calculated between 2000 and 2002 because it was only 15%. The selection scheme studied by Hugason et al. (1987) on Icelandic horse population or by Huizinga (1990) on the Royal Warmblood Studbook of the Netherlands (KWPN) concluded that for a high genetic response of the breeding program, the breeding scheme should include a high percentage of mating by young stallions intensively selected on the basis of pedigree and performance test. Hugason et al. (1987) estimated 69% to 95% percentage of mares which should be mated by young stallions tested on pedigree and performances. Although genetic parameters are different, these results are in close agreement with findings from Tavernier and Clerc (1994) but not from our studies. Moreover, Hugason et al. (1987) and Huizinga (1990) showed that the selection of stallions based on progeny is limited from a genetic point of view (increase of generation interval). All these studies demonstrated the importance of using young stallions which is not optimum on the actual French breeding scheme. The weak use of young stallions denotes a too low initial selection or lack of policy of promoting young horses with good own performances.

Alternative selection strategies for the Swedish warmblood horse were studied by Phillipsson et al. (1990) and showed that the most efficient strategies of selection for stallions are the selection after performance test as in the studies of Hugason et al. (1987), Huizinga (1990) and Tavernier and Clerc (1994). A progeny selection could be efficient under specific condition, a low heritability for the character of interest (Ström and Philipsson, 1978), and late results for performances on competition (Bruns and Schade, 1998). Today most of the French stallions were tested on specific young horses' competition and the heritability of results on competition is moderate. The selection should occur after young horses' competition and the young stallions should be used.

The generation interval on the male path is too long: It reached 13.6 years in 2002, after having stayed a long time about 12 years. This high generation interval should not be justified by the progeny test, because this one should remain marginal. It is not explained by the late setting of the reproduction of the stallions, since those have their first products on average at 6.4 years (so selected at the end of their 4th years), but by a too long

utilisation period, that was deduced equal to 14.4 years. Time necessary to test the first generation in competition does not exceed 6 years, 7 years for two generations. The breeders should not use 7 years more on the stallions. In fact, this is the mark of a bad practice of the test on progeny. The selection is real but takes too much time. The young stallions do not produce enough offspring, to reach a sufficient accuracy quickly. It is urgent to encourage the use of young stallions without any change on age at selection which is necessary for the selection on own performance in competition. The 2 years between the intervals on the way sire/sire and sire/progeny continue to be justified by the use of males tested on progeny as sire of stallions.

All these improvements should be done without loss in accuracy. This accuracy is high due to the very high percentage of stallions with own performance.

In the absence of any policy, the selection is real on the mare path, equivalent to the 71% best and even the 52% best for mare/mare path. There is only financial incitement to keep best broodmares according to their own performances or performances of half-sibs from the same mare or progeny. There is also probably a true will of breeders to improve their broodmares. An improvement of 0.33 points on selection intensity could be gain using the demographic possible demographic selection rate (49%) close to the really applied one (54%). This leads to an increase of 11% of genetic gain. This improvement is difficult in practice because actual rate leaves only the possibility for the breeder to drop 1/4 of mares on other criteria than genetic evaluation on jumping ability. The mothers of stallions were also really selected as it corresponded to a theoretical selection rate of 6.6%. It is surprising that the age at first progeny is higher for mares than for sires: 7.2 years against 6.4 years, while at the same time the test on own performance in competition is not generalized on the mare way. On other hand, a mare cannot carry out a sporting and reproductive career simultaneously. To keep the high percentage of mare tested on own performance (45%), and, at the same time, to reduce age at first progeny, we should encourage mares aged 5, with one or two years in competition, to begin their reproductive life. In that case, the accuracy on mares will continue to be high with a decrease of generation interval. It is not interesting to keep females in competition a too long time. Only by removing the mares aged more than 10 years at first progeny, generation interval decreases 1.2 years. On the contrary it is not possible to decrease the length of reproductive life (8.6 years) without a decrease in the number of progeny left for replacement and so a decrease of selection intensity.

5.2. Evolution

Evolution with time cannot be related to demographic constrains. For example, selection intensity always increased for females, even when the increase of birth induced a higher number of mares in activity. Since 1974, we could only measure the increase of generation interval. During 1991–2002, the change of policy of selection could be measured on all the parameters of genetic trend. Mares are more and more selected, with and without own performances in jumping. The gain is 0.4 point of selection intensity. We hope that the slight flat evolution in the last years (2000–2002) is only temporary. For sires, early selection at 3 years old which is reserved to very exceptional sires (highest genetic superiority) is now more common (same genetic superiority than all sires). We must be cautious because accuracy at this age is low (without own performance). At the same time, selection at 4 years old, which is the most frequent, increased in efficiency. But genetic superiority of stallions selected at 5 years old, which should be the better age to select (compromise between accuracy and generation interval, [Tavernier and Clerc, 1994](#)), decreased. So evolution is not very consistent. The effort of selection for males aged 3 and 5 must be maintained. On the other hand, there is a discovery of progeny selection during the years 1996–2000, with an increase of genetic superiority of males selected on progeny, which was not the case before.

The evolution of accuracy is principally due to a change of criterion used in genetic evaluation rather than a change in policy. This new criterion uses each start in competition rather only a summary as annual earnings. As stallions have often more starts than average population, accuracy increased.

5.3. Comparison with rules of selection

Since 1991, stallions SF could be approved on genetic evaluation or on own performances or by a special commission which could approve stallions after phenotypic examination and knowing the pedigree.

When applying the truncation threshold for genetic evaluation and accuracy or on performances proposed by the rules of Stub Book policy all the theoretical rates are higher than the realized. The truncation thresholds for genetic evaluation increased. But there was no increase of selection intensity during the period corresponding to the successive rules. In fact, the relatively low selection intensity depends on selection by the commission without genetic evaluation or performance and not on the low

level of genetic evaluation or performance required for the automatic approval. Nevertheless, other traits of interest measured by the commission, for example gaits and conformation, are not taken into account in genetic evaluation for jumping ability.

5.4. Contributions of the other breeds

During the studied period the percentage of crossbred other than with foreign sport horses decreased from 24% in 1991 to 7% in 2002. So, the effect of crossbreeding measured here concerned in majority Thoroughbred, French trotter, Anglo-Arab. The influence of foreign sport horses is really recent because crossbreeding with foreign sport horses is now increasing exponentially: only 0.5% in 1995 and 6.3% in 2002. In this background, the effect of crossbred was negative for every parameter of genetic trend for show jumping. The selection intensity was very low on the way sire/offspring (0.31), and was unfavourable for the way dam/progeny (−0.59). The generation interval increased 2 years on the sire way and 1 year on the mare way. And the accuracy decreased more than 0.10 point. The question remains: why use such mares and sires. Breeders kept in mind the origins of SF which was a crossbreeding from thoroughbred sires and local mares. The percentage of thoroughbred genes in the present SF is more than 50% when recalling pedigrees' information. There is also 33% of genes provided by the ancestor of Selle Français the “Demi-Sang” which also provided some thoroughbred genes but difficult to quantify. So the habit of crossing with thoroughbred and the belief in the favourable effect of thoroughbred for any objective may explain these choices but have a negative effect on SF. The recent crossbreeding with foreign sport horses should be studied when their first offspring will be in competition (after 2006).

6. Conclusion

Selection of stallions for the objective of jumping competition is real (best 6.5%) but too weak compared with demographic possibilities (best 1.5%). To counterbalance, breeders used preferentially best stallions and so the effective genetic superiority of stallions, weighed with the number of offspring, reached 2.21 standard deviations, corresponding to a theoretical selection rate of 3.5%. Only recently (since 1996), after progeny test, breeders used also best stallions preferentially that leads to theoretical selection rate of 0.8%. Without any official rules but only financial incitement, mares are selected (best 71%). Accuracy is high because of high percentage of sires (94%) and mares (45%) have own performances

in jumping. Finally, the annual genetic gain was 0.096 of genetic standard deviation for show jumping without any damage for dressage or eventing. So, due to these good results, the new improvements suggested are only marginal but possible in practice with a high contribution of breeders. The use of all the demographic possibilities for selection of females and males leads to +11% and +14% of genetic gain respectively. To encourage the return of breeding of females aged 4 and 5 years with performance but without a complete career in competition should increase the genetic gain by decreasing generation interval. A strict selection, an equal production of stallions and an increase of the number of progeny per stallion/year to 50 could lead to an increase of 34% of the genetic progress. The objective is now to add new traits such as conformation, gaits, health, behaviour, and reproduction, to the objective. As 3.5% and 71% of best males and female are now selected only 1.7% and 54% of births really used as parents, a rate of 1/2 and 3/4 can be used to select on other traits without loss in present genetic gain. The next study will model selection scheme based on this efficient basis with a multiple trait objective.

Acknowledgments

The authors are grateful to SIRE for providing information. The first author was supported by a Ph.D. grant from the National French stud: “Les Haras nationaux” and INRA.

References

- Bruns, E., Schade, W., 1998. Genetic value of various performance test schemes of young riding horses. *Proc. 6th World Congress Genetic Applied to Livest. Prod.*, Armidale, Australia, pp. 420–423.
- Hugason, K., Arnason, Th., Norell, L., 1987. Efficiency of three stage selection. *J. Anim. Breed. Genet.* 104, 350–363.
- Huizinga, H.A., 1990. Genetic studies on performance of dutch warmblood riding horse. Doctoral thesis. Wageningen. The Netherlands, 79–94.
- Koenen, E.P.C., Aldridge, L.I., Philipsson, J., 2004. An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livest. Prod. Sci.* 88, 77–84.
- Langlois, B., 1980. Estimation of the breeding value of sport horses on the basis of their earnings in French equestrian competitions. *Ann. Ge'ne't. Se'l. Anim.* 12, 15–31.
- Langlois, B., Blouin, C., 2004. Practical efficiency of breeding value estimations based on annual earnings of horses for jumping, trotting and galloping races in France. *Livest. Prod. Sci.* 87, 99–107.
- Phillipsson, J., Arnason, Th., Bergsten, K., 1990. Alternative selection strategies for performance of the Swedish Warmblood Horse. *Livest. Prod. Sci.* 24, 273–285.
- Rendel, J.M., Robertson, A., 1950. Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a close herd of dairy cattle. *J. Genet.* 37, 1–8.

- Ricard, A., 1997. Breeding evaluations and breeding programs in France. Paper presented at the 46th EAAP meeting, Vienna, Austria.
- Ström, H., Philipsson, H., 1978. Relative importance of performance tests and progeny tests in horse breeding. *Livest. Prod. Sci.* 5, 303–312.
- Tavernier, A., 1991. Genetic evaluation of horses based on ranks in competition. *Genet. Sel. Evol.* 23, 159–173.
- Tavernier, A., Clerc, D., 1994. Quelle est la meilleure stratégie de sélection des étalons de concours hippique ? In : Les Haras Nationaux Direction du Développement (Eds), 20^{ème} journée de la recherche équine, 3–11.

2 Ce qu'il faut retenir de la sélection du Selle français entre 1974 et 2002

Cette étude montre que le système actuel de sélection du Selle-Français semble moyennement efficace si l'on regarde le tri des étalons lors de l'agrément. Mais il est en réalité assez performant par la modulation qu'y apportent les éleveurs dans leur choix des saillies (les étalons travaillent inégalement) et leur tri réel des juments. Le progrès réalisé sur l'objectif principal, la réussite en compétition de saut d'obstacle, est important puisque le gain annuel est d'environ 9% d'écart type génétique. L'apport récent d'un tri réel sur descendance a été un grand bénéfice (+10% de progrès génétique). Les améliorations proposées ne peuvent donc jouer qu'à la marge mais sont simples à réaliser :

- ❖ utiliser réellement (en prenant les meilleurs) les taux de sélection pratiqués chez les femelles (+5% de progrès génétique) ou chez les mâles (+10%),
- ❖ favoriser le retour à l'élevage des femelles "performeuses" à 4 et 5 ans (+5%),
- ❖ utiliser normalement les jeunes mâles "performeurs" (+10%).

Le cumul de ces propositions permet un gain total de 30%.

C'est sans doute en gardant cette structure de population, finalement efficace pour une sélection sur le CSO, qu'il sera possible d'ajouter d'autres caractères d'intérêt (modèle, allure, santé, comportement, reproduction) tout en préservant le progrès réalisé. Cela implique de conserver la structure de testage sur performance.

Chapitre 3 :

Etude de la

variabilité génétique

La variabilité génétique peut être décrite au niveau des génomes complets, des régions chromosomiques, des gènes. Dans le niveau le plus simple, le gène, la sélection conduit à un appauvrissement de la variabilité génétique car des allèles favorables influençant des caractères soumis à sélection seront fixés au détriment des allèles défavorables. Par conséquent, l'annulation de la variabilité génétique par fixation entraînera l'annulation des gains génétiques additionnels aux loci concernés. Il est possible de trouver des compromis, au cours des générations de sélection et en faisant évoluer les objectifs de la sélection, entre la maximisation du progrès génétique et la minimisation de la perte de variabilité génétique. Cette dernière doit être maintenue autant que se peut afin d'autoriser la poursuite du progrès génétique sur des caractères d'intérêt économique déjà sélectionnés ou permettre la reconversion des objectifs de sélection vers des caractères peu ou pas pris en compte aujourd'hui, sans oublier les effets délétères de la consanguinité sur les performances.

1 Quelques exemples

Les récentes études dans ce domaine montrent l'importance et les difficultés de la gestion de la variabilité génétique et ce quelque soit l'espèce, la race et son effectif. Il existe plusieurs types d'informations et différentes méthodes qui permettent d'apprécier cette diversité au sein d'une population, notamment les informations généalogiques (Verrier *et al.*, 2005). Celles-ci offrent l'avantage d'être facilement disponibles, raisonnablement fiables sur de longues durées et elles permettent de quantifier la variabilité génétique et son évolution dans le temps en terme de probabilité d'origine ou d'identité des gènes en un endroit quelconque du génome.

1.1 Chez les bovins laitiers une diminution forte de la diversité génétique motivant la mise en place de gestions optimisées

C'est avec les informations généalogiques qu'il a été démontré que les grandes races bovines en termes d'effectifs apparaissaient comme de petites populations au regard de la diversité de

leur patrimoine génétique (Boichard *et al.*, 1996, Moureaux *et al.*, 2000, Mattalia *et al.*, 2006). L'étude de Mattalia et al (2006) concerne les 8 principales races bovines française à savoir : la Prim'Holstein, la Montbeliarde, la Normande, l'Abondance, la Brune, la Simmental Française, la Pie Rouge des Plaines et la Tarentaise. Elle indique que les effectifs de femelles contrôlées sont sans commune mesure avec les effectifs génétiques réalisés (de 34 en Montbeliarde à 133 en Simmental). L'effectif génétique est d'autant plus faible que la consanguinité s'accroît rapidement. Il résume à lui seul les conséquences des effectifs de reproducteurs mâles et femelles et du plus ou moins grand équilibre des tailles de leur descendance. Le nombre efficace d'ancêtres est compris entre 16 et 54 selon les races et s'est considérablement réduit en 15 ans dans les races nationales que sont la Normande, la Montbéliarde, et l'Abondance. Ce phénomène traduit de très forts goulots d'étranglements illustrés par l'éventail des taureaux choisis et qui a atteint son niveau le plus bas dans les années 90. Enfin, une augmentation constante et forte du coefficient de consanguinité (de 0.06 à 0.22% par an) au cours des 10 dernières années est observée, pour le situer aujourd'hui dans toutes ces races entre 3 et 4%. Cette consanguinité peut être qualifiée d'élevée puisqu'on considère qu'une population rentre dans une zone critique au dessus de 5%.

Ce taux élevé de consanguinité montre donc la nécessité de mettre en place une politique efficace d'utilisation des reproducteurs, permettant à la fois un progrès génétique et un maintien de la variabilité génétique. Ce besoin se fait sentir pour les races nationales mais aussi pour la race Prim'Holstein qui est pourtant une race laitière diffusée plus que largement à l'échelle mondiale. L'appel à des taureaux étrangers ne permet pas forcément l'ouverture du schéma en terme de variabilité génétique car l'apparentement entre les taureaux français et ceux testés dans les autres pays leaders est relativement fort. Face à ce constat, les scientifiques ont proposé la mise en place d'une gestion optimisée de la variabilité génétique dans les populations sélectionnées de bovins laitiers (Colleau *et al.*, 2003, 2004 ; Colleau et Moureaux, 2006). Cette mise en place ne peut se faire que par la prise de conscience par les éleveurs du danger de la perte de variabilité et implique un fort engagement de leur part puisqu'ils doivent réaliser des accouplements peu consanguins mais raisonnés de façon à ne rien perdre au niveau génétique.

1.2 Le cas de la sélection pour la résistance à la tremblante ovine

Une sélection poussée sur un gène réduit la variabilité à ce locus mais n'engendre pas forcément de perte de variabilité au niveau du génome. Ceci nous est montré avec l'exemple de la sélection d'un gène majeur dans le cadre du programme national d'amélioration génétique pour la résistance à la tremblante chez les ovins (Elsen et al, 2006 ; Orlianges et al, 2006 ; Palhière et al, 2006). Dans les 26 races ovines en sélection le gène d'hypersensibilité à la maladie a disparu alors que la fréquence du gène de résistance a augmenté de 35% en seulement 3 ans (Brochard *et al.*, 2006). Malgré l'ampleur et l'efficacité de ce programme, dans des races particulièrement à risque, la variabilité génétique (excepté dans la région du gène de résistance à la tremblante) ne semble avoir été fortement impactés (Palhière et al, 2006). Dans cet exemple, l'introduction d'un nouveau critère de sélection (résistance à la tremblante) réduit la variabilité au locus PrP mais elle stimule l'utilisation d'origines familiales peu exploitées auparavant quand la sélection n'était basée que sur les caractères traditionnels.

1.3 Chez les équidés

Les chevaux n'échappent pas à la règle et ces dernières années les études sur la variabilité génétique se sont multipliées. Certaines ont cherché à mettre en évidence un lien entre la consanguinité et la morphologie. Gandini *et al.* (1992) montrent un effet négatif significatif de la consanguinité sur la morphologie des chevaux Hafflinger alors que Curik *et al.* (2003) n'ont pas mis en évidence un effet de cette consanguinité sur la morphologie des Lippizans. Klemstal (1998) a trouvé l'existence d'un effet négatif de la consanguinité sur les performances en courses des trotteurs norvégiens, qui pourrait être selon lui une preuve indirecte d'un effet négatif de la consanguinité sur la morphologie.

D'autres études ont essayé de chercher un lien entre consanguinité et fertilité. Pour les poneys shetlands (Van Eldik *et al.*, 2006), la consanguinité a un effet négatif sur la qualité du sperme. Chez les trotteurs, Weitkamp *et al.* (1982) rapportent un lien entre homozygotie et un taux de fertilité moins élevé en insémination artificielle. A l'inverse, Aurich *et al.* (2003) ne trouvent

aucun effet entre la qualité de la semence et le taux d'hétérozygotie. Chez les juments, l'effet est plus difficile à mettre en évidence. En effet, la jument (âge, nombre de gestation) et son suivi gynécologique pendant la mise à la reproduction vont aussi entrer en ligne de compte (Colenbrander et al, 2003). Cependant, la fertilité des juments est affectée négativement par la consanguinité (Klemetsdal et Johnson, 1989 ; Cothran et al, 1984).

Enfin, des études décrivent les indicateurs de variabilité génétique pour différentes races comme, par exemple, les chevaux arabes polonnais (Glazewska et Jezierski, 2004), les Lippizans (Zechner et al, 2002), les chevaux andalous (Valera *et al.*, 2005), les Franches Montagne (Glowatzki-Mullis et al, 2005) ou les Haflinger italiens (Gandini et al, 1997).

2 Une analyse généalogique de la variabilité génétique du Selle-Français

Le Selle-Français est une race sélectionnée pour produire un cheval de sport avec une forte orientation vers le CSO. Certes cette sélection n'est pas optimum et offre des possibilités d'amélioration du schéma de sélection. Cependant, l'effort de sélection s'effectue depuis de nombreuses années et l'on vient de voir des illustrations des effets de la sélection sur la variabilité génétique. C'est pourquoi il paraissait intéressant de faire un point sur la variabilité génétique du Selle-Français, 10 ans après l'étude effectuée par Moureaux et al (1996). Selon cette étude, la situation du Selle-Français n'était pas préoccupante puisque le coefficient de consanguinité était alors de 0.70% (1992) avec un accroissement moyen de +0.024 par an depuis 1974. La population née en 1992 comptait 2513 fondateurs ce qui correspondait à une population de fondateurs efficaces de 70.

De plus, de par son origine, le Selle-Français est une race de croisement et jusqu'en 1995 le stud book était ouvert et de nombreux croisements donnaient naissance à un Selle-Français. On avait notamment des croisements faisant appels à des chevaux normalement destinés à la course : les pur-sang et les trotteurs. C'est seulement en 1995 que le stud book fut partiellement fermé, c'est-à-dire que seuls les produits avec au moins un parent Selle-Français pouvaient alors être inscrits au registre du stud book Selle-Français. Aujourd'hui, ce sont les croisements avec des chevaux de Selle-Etranger, eux aussi produits pour les compétitions équestres, qui se multiplient. L'analyse généalogique présentée dans la section suivante permet de regarder l'évolution de la composition raciale du Selle-Français et de mesurer l'impact des divers croisements réalisés.

Article 2 :

Pedigree analysis and genetic variability of the
French Sport Horse: Selle Français breed

*Analyse des pedigrees et de la variabilité génétique
du cheval de sport français : le Selle-Français*

Soumis dans Livestock Science

1 **Pedigree analysis of the French Sport Horse: Selle Français**
2 **breed**

3 C. Dubois, E Manfredi, A. Ricard

4 Institut National de la Recherche Agronomique Station de Génétique

5 Quantitative Appliquée, Domaine de Vilvert 78352 Jouy en Josas France

6 Phone number: 33 2 33 12 12 09

7 Fax number: 33 2 33 35 58 93

8 E-mail: clotilde.dubois@haras-nationaux.fr

9 correspondence address :La Jumenterie du Pin

10 Haras Nationaux Direction des connaissances

11 61310 EXMES FRANCE

12 E-mail : clotilde.dubois@haras-nationaux.fr

13 **Abstract**

14 During the 20th century, the Selle Français (SF) was the product of a long
15 selection process for the only objective of show jumping competition and
16 this selection used crossings with different bred. The aim of the study was
17 to measure the impact of mating with several breeds on the breed
18 compositio. In order to know those impact, a reference population: 220859
19 SF born between 1974 and 2002 was defined and a final file included all the
20 ancestor was analysed (314564 horses). Between 2000-2002, the crossings
21 represented only 13% of mating: 2% with Thoroughbred, 4% with Anglo-
22 arab and 6% with foreign sport horse. Between 2000-2002, the SF had 50%
23 of Thoroughbred genes and 33% of “demi-sang” genes (“old name” for
24 SF). The 17% remainder was an equal proportion of Trotteur Français,

1 Arab, Foreign sport horse, Anglo-Arabe, and other breed an more precisely
2 a lot of unknown origin. So, the SF had at least 50% of Thoroughbred gene
3 because the “demi sang” was the progeny of Thoroughbred stallions and
4 local breeding mares. In 2002, 100% of the SF were inbred and the
5 inbreeding rate was 1.4% but inbreeding seems no required because less
6 than 2% of the births have an individual inbreeding higher than 6.25%. The
7 comparison between two cohorts: 1974-1976 and 2000-2002 showed that
8 the total number of births has increased (16195 to 22585) and so increased
9 the number of founders (8729 to 9985). But the effective number of
10 founders, the effective number of ancestors and the number of major
11 ancestors have decreased (448 to 227, 190 to 53, 1501 to 1129 respectively).
12 In fact, we observed an increase of individual contribution of the first major
13 ancestor and that demonstrated a concentration on important stallions.

14

15 **Keywords:** Selle-Français breed, horse; pedigree analysis; inbreeding;
16 founder; genetic variability

17

1 **1. Introduction**

2 In recent years, many publications have described the genetic structure of
3 different livestock population based on pedigree information. Some example
4 of such analyses may be given in dairy (Moureaux et al, 2001), pig (Maignel
5 et al., 2001), dairy sheep (Brochard et al.,2006) and meat sheep (Huby et al.
6 2003). In horses such studies are also developed (Cunningham et al. 2001;
7 Zechner et al. 2002, Glazewska and Jezierski, 2004, Valera et al., 2004,).

8 The SF was the product of a long selection process developed during the
9 20th century. First, it was called “demi-sang” and it was the progeny of
10 Thoroughbred stallions and local breeding mares. The name Selle-Français
11 appeared for the first time in 1958. Between 1958 and 1994, the stud book
12 was open and massif crossings with different breed were possible. The
13 decree of January 1995 closed partially the stud book and only the progeny
14 with at least one parent SF could be recorded on the SF stud book. Today,
15 more and more crossing use foreign sport horse. The goal of the present
16 work was to study the impact of mating with different breeds on the breed
17 composition of the SF in order to measure its degree of originality, and the
18 comparison of SF with other breeds specialized in sport disciplines.

19

20 **2. Materiel and methods**

21 *2.1. Genealogical data*

22 Data were provided by the national horse register, “Système d’Information
23 Relatif aux Equidés” (SIRE) from the Haras Nationaux. The file included all

1 Selle Français (SF) horses born from 1974 to 2002, and their known
2 ancestors. For each horse registered the file contained an identification
3 number (ID), the name, the sex, the breed, the date of birth, and the ID
4 numbers of sire and dam.

5 This file contained 314564 horses including 222 978 SF and 91586 horses
6 from other breeds as ancestors. The information was complete except for the
7 date of birth that was missing for 2.8% of the horses. Horses with missing
8 birth date had in majority (92%) one or two parents unknown and 46% of
9 horses with one unknown parent had a missing date of birth.

10 The particular SF horse called AQPS (Autre Que Pur Sang), with more than
11 90% of Thoroughbred genes was excluded of this analysis because they
12 were bred for another purpose : the races, and belonged to another
13 population of horses

14 2.2. *The pedigree completeness*

15 The pedigree completeness level was analysed by computing the average
16 proportion of ancestors known per generation for a given cohort of
17 offspring.

18 2.3. *The genetic variability*

19 The analysis of genetic variability used the PEDIG software (Boichard D.,
20 2002; 2006) and personal programs.

21 2.3.1. *The breed composition*

22 A gene randomly sampled at any autosomal locus of a given animal had a
23 0.5 probability of originating from its sire, and 0.5 probability of originating
24 from its dam. Similarly, it had a 0.25 probability originating from any of the

1 four possible grandparents. This simple rule, applied to the complete
2 pedigree of the animal, provided the probability that the gene originates
3 from any of its founders. A founder was defined as an ancestor with
4 unknown parents. By using these probabilities, it was possible to calculate
5 the breed composition. In fact, a given horse had 50% of its genes
6 originating from the breed of its sire (provided by its sire) and 50% of its
7 genes originating from the breed of its dam (provided by its dam). Then, the
8 breed composition was calculated by:

9
$$\text{Breed composition} = \left(\frac{1}{2}\right)^a R_{fa} + \left(\frac{1}{2}\right)^b R_{fb} + \dots + \left(\frac{1}{2}\right)^n R_{fn}$$

10 With:

11 a, b, ..., n: The number of generation between the considered horse and the
12 founder a, b, ..., n respectively

13 $R_{fa}, R_{fb}, \dots, R_{fn}$: The breed of the founder a, b, ..., n respectively

14 With the inbreeding, it was possible to find a founder more than once on the
15 pedigree. In this case, it was computed each time with the associated
16 number of generation.

17 2.3.2. *The inbreeding rates*

18 Coefficients of inbreeding were computed for all the animals in the file. In
19 order to distinguish close and remote inbreeding, these coefficients were
20 computed for limited number of generations of ancestors (4 and 6) and for
21 the total pedigree information available. In the case of limited number of
22 generations, ancestors were included according to the number of generations
23 computed for each horse, so sometimes included or excluded when this
24 number varied from one horse to another.

1 2.3.3. *The founders*

2 Ancestors with unknown parent were considered as non-inbred and non-
3 related founder animals. The expected genetic contribution of each founder (i)
4 was computed as the probability (p_i) for a gene taken at random within the
5 reference population to come from founder (Boichard *et al.*, 1997). The
6 effective number of founders (f_e) is defined as the reciprocal of the
7 probability that two genes drawn at random in the reference population come
8 from the same founder; it was computed as:

9
$$f_e = 1 / \sum_i p_i^2$$

10 more the genetic contributions of a founder is balanced, higher is the effective
11 number of founders.

12 2.3.4. *The major ancestor*

13 The major ancestors (founders or not) were detected using the method
14 proposed by Boichard *et al.*, 1997. Ancestors were chosen on the basis of
15 their expected genetic contribution. However, as these ancestors may not be
16 founders, they may be related and their expected contribution could be
17 redundant and may sum to more than one. Consequently, only the marginal
18 contribution (q_j) of an ancestor (j), ie, the contribution not yet explained by
19 the other ancestors, should be considered. The ancestors contributing the
20 most to the population were chosen one by one in an iterative procedure.
21 The first major ancestor was found on the basis of its raw expected
22 contribution. At round n , the n th major ancestor was found on the basis of

1 its marginal contribution defined as the genetic contribution of ancestor k,
2 not yet explained by the n-1 already selected ancestors.

3 The effective number of ancestors (f_a) was computed in a similar way to the
4 effective number of founders:

5
$$f_a = 1 / \sum_j q_j^2$$

6 By nature, the effective number of ancestors (f_a) is lower than the effective
7 number of founders (f_e), and the difference between these effective numbers is
8 due to bottlenecks between the animals analysed (the reference population)
9 and their founders.

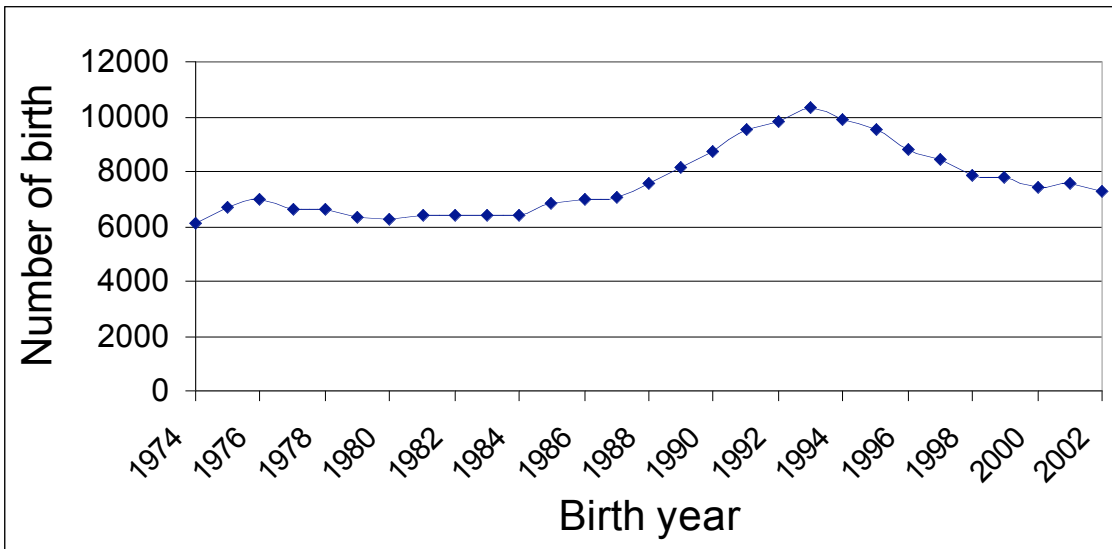


Figure 1: Evolution of number of SF birth between 1974 and 2002

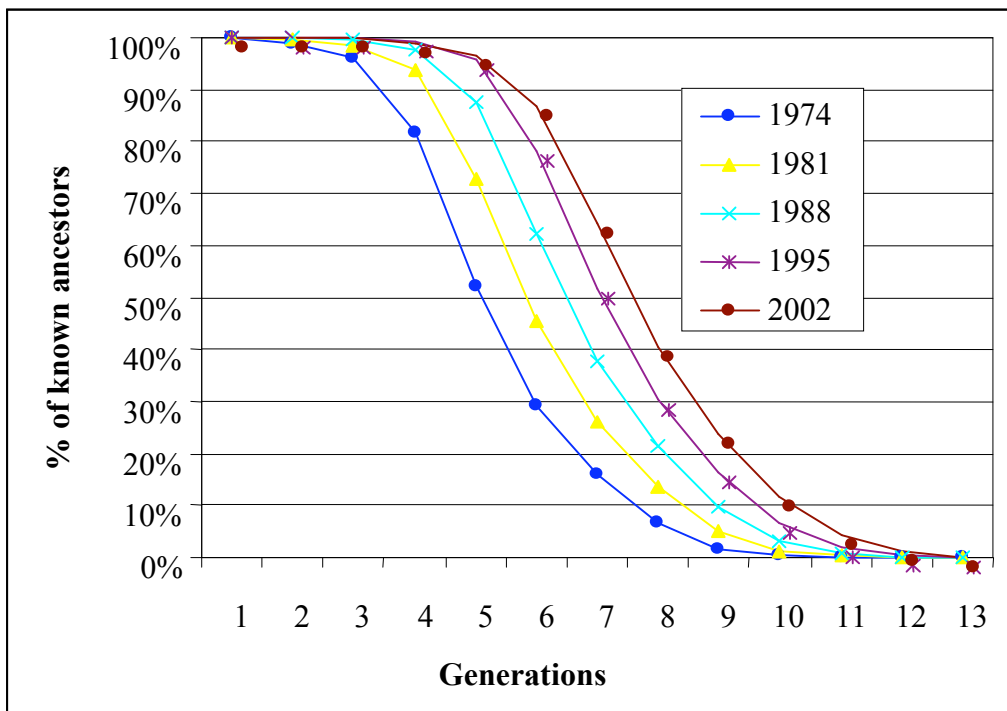


Figure 2: Percentage known of ancestors per generation in function of the birth year

1 **3. Results**

2 *3.1. Demographical results*

3 Figure 1 shows the number of animals born per year from 1974 to 2002.
4 Between 1974 and 1993, the births of Selle-Français increased. In 20 years,
5 the number of births by year doubled to reach nearly 10300 births in 1993.
6 Since, the number of births by year decreased and it was in 2002 around
7 7300.

8 *3.2. Pedigree completeness*

9 Figure 2 represents the percentage of ancestors known per generation.
10 Considering the most recent cohorts of offspring 2000-2002, the pedigrees
11 were found complete up to the fourth generation. Up to the seventh
12 generation, the proportion of know ancestors was more than 60%. For
13 offspring born in 1974, the proportion of know ancestors was 50% from the
14 fifth generation onward.

15 *3.3. The breed composition*

16 *3.3.1. Evolution of crossing*

17 The figure 3 shows the crossings for two cohorts: 1974-1976 and 2000-
18 2002. Between 1974-1976, the crossing with other breeds represented 32%
19 of mating. Main crossing was with the Thoroughbred (16%), then the
20 Trotteur Français and Cheval de Selle (riding horse with known parents but
21 not registered in a Stud Book) were used (8 and 6% respectively). Between
22 2000-2002, the crossings represented only 13% of mating:

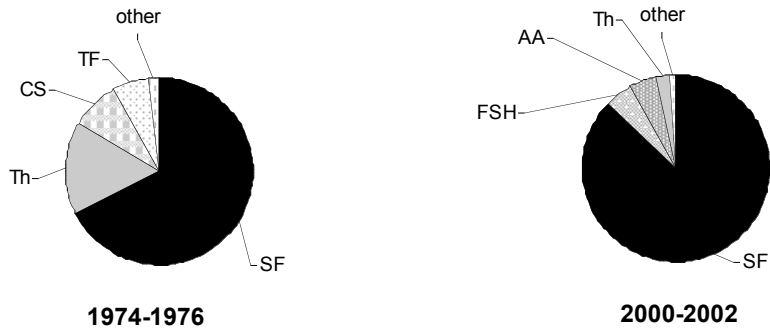


Figure 3 : Distribution of breeds used for the matting on the SF in two cohorts (1974-1976; 2000-2002) with Selle Français (SF), Thoroughbred(Th), Trotteur Français (TF), Foreign sport horse (FSH), Anglo Arabe (AA), Cheval de Selle (CS)

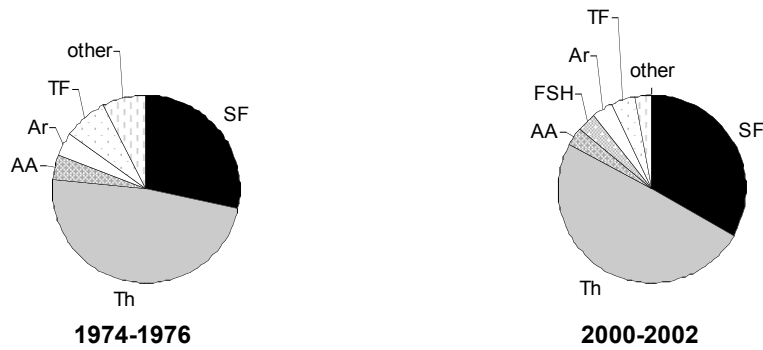


Figure 4 Breed composition of the SF population born from 1974 to 1976 and from 2000 and 2002 with Selle Français (SF), Thoroughbred(Th), Trotteur Français (TF), Foreign sport horse (FSH), Anglo Arabe (AA), Arab (Ar)

1 2% with Thoroughbred, 4% with Anglo-arab and 6% with foreign sport
2 horse. The evolution of mating showed a regular decrease of the crossings
3 with the Thoroughbred (16% to 2%). The Trotteur-Français was used
4 between 1974 and 1995 and represented around 5% of crossing; it totally
5 and suddenly disappeared in 1996. The Foreign Sport horse appeared on
6 crossing only in 1998 (1%) and his growth was exponential (6% in 2002).

7 3.3.2. *Origin of gene*

8 In order to know the impact of crossing on the breed composition, the
9 evolution of the breed composition was also studied. The results for two
10 cohorts (1974-1976; 2000-2002) were presented on the figure 4. Between
11 1974-1976, the SF had 48% of Thoroughbred genes and 28% of “demi-
12 sang” genes (the old name of the SF). The 24% remainder was on this
13 proportion, Arab (4%), Anglo-Arabe (4%), other breed an more precisely a
14 lot of unknown origin (7%), Trotteur français(1%). Between 2000-2002, the
15 SF had 50% of Thoroughbred genes and 33% of “demi-sang” genes. The
16 17% remainder was an equal proportion of Trotteur Français , Arab, Foreign
17 sport horse, Anglo-Arabe, and other breed an more precisely a lot of
18 unknown origin. So, the SF had at least 50% of Thoroughbred gene because
19 the “demi sang” was the progeny of Thoroughbred stallions and local
20 breeding mares, unless negative selection of these genes did not take place
21 during generations.

22

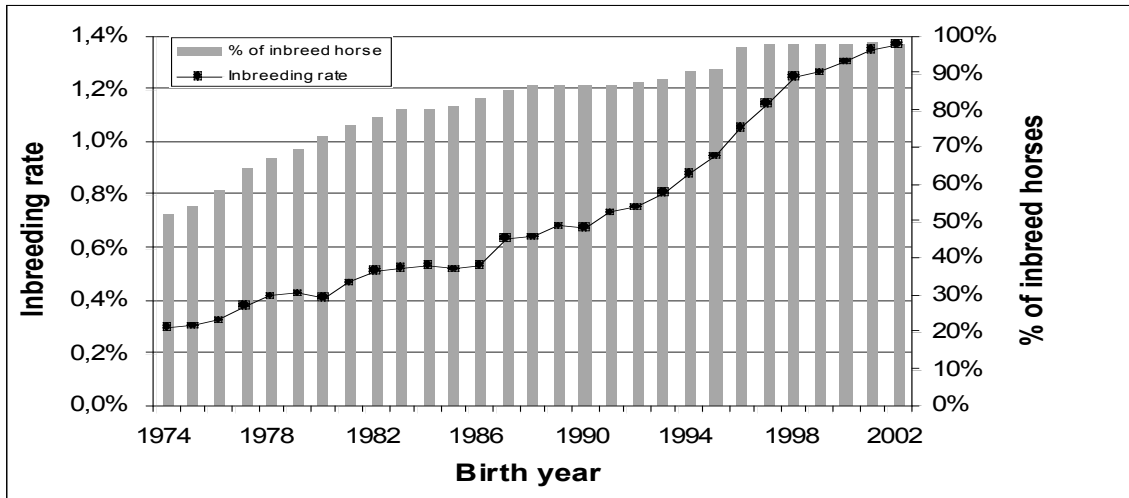


Figure 5: Coefficient of inbreeding in the SF population born from 1974 to 2002

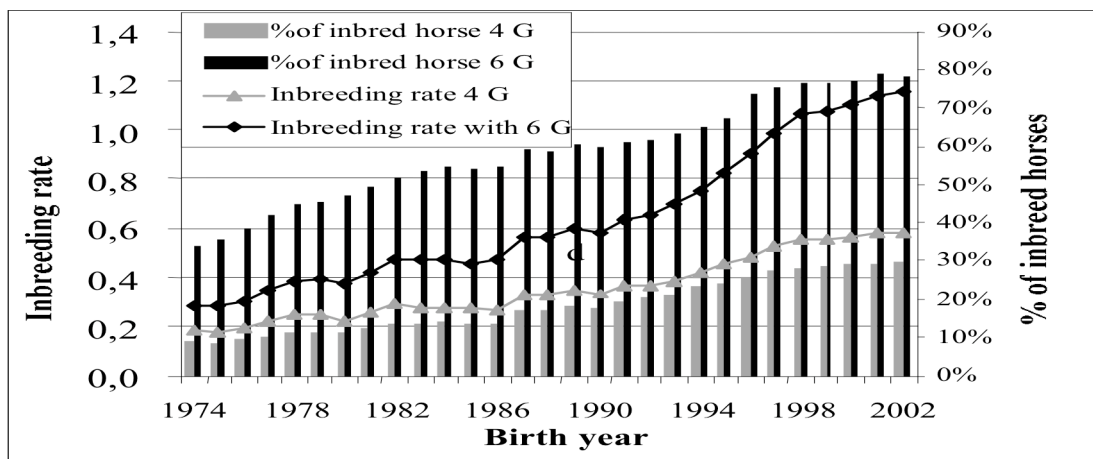


Figure 6: Coefficient of inbreeding in the SF population born from 1974 to 2002 for 4 and 6 generations (G) of ancestors

3.4. *The inbreeding rate*

The figure 5 shows the evolution of the coefficient of inbreeding and the proportion of inbred horses between 1974 and 2002 for the SF population. The increase was regular between 1974 and 1992, the rate was equal to 0.02% per year so the inbreeding rate passed from 0.3% to 0.7%. Then, the increase accelerated clearly until 1998: The growth is about 0.08% per year and the inbreeding rates reached an average of 1.2% in 1998. Then, the increase slowed down to return at intervals of 0.03% per year. In 2002, 100% of the SF were inbred and the inbreeding rate was 1.4%.

The figure 6 shows the evolution of inbreeding and the proportion of inbreeding between 1974 and 2002 for a determinate number of generations: (4 and 6) of ancestors considered. The evolutions were similar to the evolution with no limited generation but the rate and the percentage was lower. In 2002, 30% of horses were inbred at the 4th generation and 80% at the 6th generation. The inbreeding rates were respectively 0.6% and 1.2%.

3.5. *The major ancestor and founders*

3.5.1. *Effective number of founders and major ancestor*

The table 1 presents the total number of founder, major ancestor and effective founder and effective major ancestor for offspring born from 1974 to 1976 and from 2000 to 2002. The total number of births has increased (16195 to 22585) and so increased the number of founders (8729 to 9985).

But the effective number of founders, the effective number of ancestors and the number of major ancestors have decreased (448 to 227, 190 to 53, 1501

	1974-1976	2000-2002
Number of births	16195	22585
Number of founders	8729	9985
Effective number of founders	448	227
Number of major ancestors	1501	1129
Number of ancestors explaining 80%	586	198
Number of ancestors explaining 50%	102	27
Number of ancestors explaining 30%	30	8
Effective number of ancestors	190	53

Table 1: Founders, effective founders, major ancestor and effective major ancestor for two cohorts (1974-1976; 2000-2002) of SF offspring.

NAME	Sex	Birth year	Breed	Rank as major ancestor	% of gene of which it is responsible as a major ancestor
IBRAHIM	Male	1952	SF	1	8,7%
ULTIMATE (IE)	Male	1941	PS	2	4,5%
URIEL	Male	1964	SF	3	4,4%
GRAND VENEUR	Male	1972	SF	4	3,9%
FURIOSO (GB)	Male	1939	PS	5	3,8%
RANTZAU	Male	1946	PS	6	2,3%
ORANGE PEEL	Male	1919	PS	7	2,3%
FRA DIAVOLO	Male	1938	PS	8	2,1%
GIRONDINE	Female	1950	SF	9	1,6%
LAUDANUM	Male	1967	SF	10	1,5%
CENTAURE DU BOIS	Male	1946	SF	11	1,3%
DENOUSTE	Male		AR	12	1,2%
NARCOS II	Male	1979	SF	13	1,1%
PLEIN D'ESPOIRS	Male	1937	SF	14	1,1%
NIGHT AND DAY	Male	1957	PS	15	1,0%
VITI	Female	1965	TF	16	1,0%
JUS DE POMME	Male	1931	SF	17	0,9%

Table 2: Major ancestor of SF born from 2000 to 2002

1 to 1129 respectively). The contributions of founders and ancestors were
2 unbalanced and this unbalanced genetic contribution grew.

3 3.4.2. *The major ancestor*

4 The table 2 introduces the 16 ancestors which contribute to more than 1% to
5 the current SF population.

6 IBRAHIM (born in 1952) was responsible for 8.7% of genes of current SF.

7 UTLTIMATE (IE). FURIOSO(GB), RANTZAU, ORANGE PEEL and

8 FRA DIAVOLO (born between 1919 and 1946) were all 5 in charge of 15%

9 of genes for today. With the two major stallions from 1970's: URIEL and

10 GRAND VENEUR, we finally reached 1/3 of genes of the current SF with

11 these 8 ancestors. In fact, most of recent stallions were related with this

12 major ancestor and they diffuse their genes in all the SF population. We can

13 add the new bottlenecks to them which were NARCOS II, VITI and

14 consequently GALOUBET A, VOLTAIRE (DE), COUNT IVOR,

15 EOLIENNE (consequently ROSIRE), MUGUET DU MANOIR , VENUE

16 DU TOT (consequently LE TOT DE SEMILLY and LE PLANTERO).

17 Also, we notice that if the principal bottlenecks were due to stallions, some

18 brood mares, mothers or grandmothers of several stallions were also major

19 ancestors: GIRONDE mother of ALME and grandmother of QUASTOR, or

20 GAZELLE mother of DIGNE ESPOIR, grandmother of DOUBLE ESPOIR,

21 QUEL TYPE D'ELLE, REVE D'ELLE and great-grandmother of

22 BAYARD D'ELLE.

23

1 **4. Discussion and conclusion**

2 *4.1. Breed composition*

3 The SF is a composite breed and the analysis of the gene origin and the
4 breed composition showed the diversity of origin. First, it is important to
5 notice that the Thoroughbred represented 50% of the gene and probably
6 more because of the “demi-sang” gene. In fact, “demi-sang” were a
7 crossing between Thoroughbred and local breeding mare. Even if, the
8 crossing with Thoroughbred decreased since 1974 and was not current today
9 (only 2%) the proportion of Thoroughbred gene was stable.

10 The recent change on the legislation of the stud book is clearly visible with
11 the evolution of mating. In fact, first in 1995, the SF stud-book was partially
12 closed that means horses should have at least one parent SF. This conduced
13 to an increase of mating with two SF (+4%). Then in 1996, the French
14 Trotters modified their legislation to remove of reproduction the broodmare
15 with low genetic value for trot races. This eliminated all the crossing with
16 French Trotters and lead to an increase of 4% of mating with SF. Finally,
17 the SF stud book was open to foreign sport horse in 1998. The use of
18 foreign sport horse on mating increase exponentially since 1998. It should
19 have a benefit impact on the genetic diversity. In fact, theoretically, mating
20 with foreign breed reduces the increase of inbreeding and introduces new
21 genes but all the mating with foreign sport horse were not introducing new
22 genes because some SF stallions have been used all over Europe (for

1 example Alme, Cor de la Bryère, Quidam de Revel). Mating with foreign
2 sport horses introduces only 2/3 of new genes.

3 4.2. *Inbreeding*

4 Average inbreeding coefficient in 2002 is 1.4%. The inbreeding coefficients
5 based on limited generation are 0.6% and 1.2% with four and six generation
6 respectively and show that the mating with close relatives is not researched.
7 Inbreeding seems no required because less than 2% of the births have an
8 individual inbreeding higher than 1/16ème (6.25%). This tendency is also
9 observed by Curik et al. (2003), Klemetsdal (1993) and MacCluer et al.
10 (1983).

11 Moureaux et al. (1996) study the inbreeding coefficient for the Selle
12 Français with genealogical data. Their data are also provided by the sire and
13 include all animals born from 1974 to 1992. They explain the weak increase
14 with the particularly large genetic bases of Selle Français and the
15 management rules of the breed. This foundation involved animals from
16 different, and probably barely related, breeds. For the management, many
17 crosses such as Trotteur Français x Thoroughbred are allowed. Between
18 1992 to 1998 the increase of inbreeding rates accelerate clearly: This is due
19 to the management rules of breed and individual choice of breeders. In fact,
20 as we already said in 1995, the stud book is partially closed the SF stud-
21 book was partially closed (at least one parent SF) and in 1996, the French
22 Trotters modified their legislation to remove of reproduction the broodmare
23 with low genetic value for trot races. The breeders choose preferentially the

1 best approved stallions for show jumping and it was mainly Selle-Français
2 Stallions. Finally, the SF stud book was open to foreign sport horse in 1998
3 and the mating with foreign breed reduces the increase of inbreeding.
4 Inbreeding coefficient is sensitive to the pedigree deepness and quality. In
5 consequence comparison with other studies should be done with a similar
6 number of generations or with a similar pedigree completeness. The
7 pedigree completeness increased between 1974 and 2002 and that is due to
8 national horse register: the SIRE. Since 1974, this register recorded all the
9 birth off horse with his pedigree. So the level of completeness increased
10 with the time. For a same proportion of known ancestors, the equivalent
11 number of generation increased more than 2.5 generations between 1974
12 and 2002. Inbreeding is actually related to rather remote genealogical
13 bottlenecks in the pedigrees which appear clearly with the study of the
14 major ancestors and with the inbreeding rates with a limited number of
15 generations. Half of the birth date of major ancestor were before 1950, and
16 the most recent was NARCOS II born in 1979.

17 When the all pedigree is considered, the inbreeding coefficient for the Selle-
18 Français was lower than most of these reported on the literature: 2.3% for
19 the Swedish Standardbred trotter (Ström, 1982), 3% for Shetland pony
20 stallions (van Eldik et al., 2006), 5.3% for Polish Arabian (Glazewska and
21 Jezierski, 2004), 5.8% for the Norwegian Standardbred (Klemetsdal, 1993),
22 6.6% for Italian Haflinger (Gandini et al., 1992), 8.5% for the Andalusian
23 horse (Valera et al., 2005), 9.0% for the American Standardbred (MacCluer

1 et al., 1983), 10.3% and 10.8% for Lipizzan horse (Curik et al., 2003 and
2 Zechner et al., 2002 respectively) 12.5% for the Thoroughbred mare
3 (Mahon and Cunningham, 1982) and 13.9% for Thoroughbred
4 (Cunningham et al., 2001). Only one study reported an lower inbreeding
5 rates 0.3-0.4% for Holsteiner and Trakehner horse (Wilkens et al., 1990).
6 All these results were difficult to compare because the length of pedigree
7 and missing pedigree information (completeness) are factors that influence
8 inbreeding coefficients (MacCluer et al., 1983; Van Raden, 1992, Baumung
9 and Sölkner, 2001). But all the studies did not have the same aim and all
10 information were not always specified. In fact, for 6 studies the
11 completeness and length of pedigree were not exactly done meanly because
12 it was not the main focus. The study of van Eldik et al. (2006) concerned
13 only 285 pony Shetland stallion in order to analyse the possible negative
14 effects of inbreeding on semen quality. The study of Gandini et al. (1992)
15 showed the effects of inbreeding on morphological traits on Haflinger horse.
16 For the 7946 Holsteiner and the 148 Trakehner, Wilkens et al. (1990)
17 estimated the effect of inbreeding on the genetic performance capacity in
18 Dressage and show jumping. Glazewska and Jezierski (2004) focussed on
19 the genetic structure based on founder contribution analysis for 1032
20 broodmares and 154 sires Polish Arabian horses. Ström (1982) studied the
21 change of coefficient inbreeding in ten years for the Swedish Standardbred-
22 trotters (110 horses born in 1962 and 128 in 1972). Klemestdal (1993)

1 mainly studied the demographic parameter of a population of 13979
2 norwegian trotter.

3 The studies of Mahon and Cunningham (1982), MacCluer et al. (1983),
4 Cunningham et al. (2001); Zechner et al. (2002), Curik et al. (2003), and
5 Valera et al. (2004) have pedigree much more deepness. The study of
6 Mahon and Cunningham (1982) analysed relationship between inbreeding
7 and mare fertility and concerned 6550 mares. They used the same pedigree
8 information of Cunningham et al. (2001). Cunningham et al. (2001) focused
9 on microsatellite diversity and analysed 211 Thoroughbreds. The study of
10 Cunningham et al. (2001) reported that the first stud book for the
11 Thoroughbred was published in 1791 and compiled earlier sources of
12 pedigree information for a small number of horses. For the 75389
13 AndulAsian horses (Valera et al., 2005), at the seventh generation more than
14 80% of the pedigree was known and 33% at the tenth generation. For the
15 360 and 565 Lipizzan horses, an average of 15.1 and 15.2 generation
16 complete (Curik et al., 2003 and Zechner et al., 2002 respectively) were
17 known. So the higher inbreeding rates finding on these studies were mainly
18 explained by the difference of pedigree deepness.

19 The inbreeding coefficients based on limited generation (0.6% and 1.2%
20 with four and six generation respectively) are in the range of other studies of
21 genetic variability on the horses. In fact, on the studies of Zechner et al.
22 (2002) and Valera et al. (2005) the inbreeding rates are 1.5% and 2.1% for 5
23 generations.

1 4.3. *Founders and ancestors*

2 The effective number of founders and ancestor are the measures least
3 affected by pedigree length than the inbreeding rates (Boichard et al., 1997).
4 On our study, the number of effective founders decreases between 1974-
5 1976 (448) and 2000-2002 (227). However, they are higher than is the other
6 studies (28 for Cunningham et al., 2001; 40 for Valera et al., 2004; 48 for
7 Zechner et al, 2002). The decrease of number of effective ancestor is
8 important because between 1974-1976 and 2000-2002 this number was
9 nearly divided by four (190 to 53). In fact, we observed an increase of
10 individual contribution of the first major ancestor and that demonstrated a
11 concentration on important stallions. This contributes to increase
12 unbalanced family size and bottlenecks. The considerable imbalance in the
13 contributions of the founders was also been found in other studies. A
14 comparable unbalanced contribution was found in the Thoroughbred, where
15 6.3% of the founders with the highest contributions were responsible for
16 45% of the pool (Cunningham et al., 2001). On the study of Zechner et al.
17 (2002), there were 26 effective major ancestors and 10 explain 58.6% of the
18 gene origin. On the study of Valera et al. (2004), there were 27 major
19 ancestors, the most important explains 15.8% of the gene and 6 explain 50%
20 of gene.

21 The decrease of genetic variability is mainly due to the choice of stallions in
22 the past. The bottlenecks are old (date of birth of major ancestor) and now it
23 is necessary to be diligent to choose stallions with different pedigree.

1 Whereas a greater number of covering per stallion was authorized 60, 100,
2 150 and finally unlimited the number of covering per stallions reduced (32
3 covering per stallion in 1990, 21 covering per stallion in 2002). This weak
4 number of covering induce a high number of stallions in activity (Dubois
5 and Ricard, 2007) and a large choice for the breeders. However, the studies
6 of the efficiency of the selection for the SF showed that all stallions did not
7 covered equally and the breeders choose preferentially best stallions and
8 paternal family size were unbalanced. By selecting fewer stallions and
9 equalizing their family sizes, the same selection intensity can be achieve
10 with a higher effective number of stallions and this would be useful for
11 maintaining genetic variability in the long term.

12

13

14 According to the inbreeding rates, the genetic variability of SF did not seem
15 endangered but the study of effective founder and major ancestor showed
16 main genealogical bottlenecks. In order to preserve the diversity of the SF,
17 breeders should be vigilant to choose stallions with a diversity of origin and
18 not only son and grandson of few stallions.

19 **References**

20

21 Boichard D., Maignel L., Verrier E., 1997. Value of using probabilities of
22 gene origin to measure genetic variability in a population, *Genet. Sel. Evol.*
23 29, 5-23.

1

2 Boichard D., 2002. PEDIG: a fortran package for pedigree analysis suited
3 for large populations, in: Proceedings of the 7th World Cong. Genet. Appl.
4 to Livest. Prod., Montpellier, France, CD-Rom, comm. No. 28_13.

5

6 Boichard D., 2006: Pedig: a Fortran Package for Pedigree Analysis Suited
7 for large populations <http://dga.jouy.inra.fr/sgqa/>

8

9 Baumung R., Sölkner J., 2001. Relationship of true autozygosity and
10 inbreeding coefficient based on pedigree or marker information. Paper
11 presented at the 52nd annual meeting of EAAP, Budapest, Hungary.

12

13 Brochard M., Palhière I., Astruc J.M., Barillet F., Bouix J., Bibé B., Dion F.,
14 Elsen J.M., François D., Griffon L., Jullien E., Leymarie C., Orlianges M.,
15 Pantano T., Perret G., Tiphine L., Tribon P., 2006. Use of the PRP major
16 gene to select for scrapie resistance: example of 5 years intensive French
17 breeding plan in: Proceedings of the 8th World Cong. Genet. Appl. to
18 Livest. Prod., bBello Horizonte, Brazil, CD-Rom, comm. No. 22_32.

19

20 Cunningham EP., Dooley J.J., Splan R.K., Bradley D.G., 2001.
21 Microsatellite diversity, pedigree relatedness and the contributions of
22 founder lineages to Thoroughbred horses. Anim. Genet. 32, 360-364.

23

1 Curik I, Zechner P, Sölkner J. , Achmann R., Bodo I., Dovc P., Kavar T.,
2 Marti E., Brem G., 2003. Inbreeding, microsatellite heterozygosity and
3 morphological traits in Lipizzan horses. *J Her*, 94(2): 125-132
4
5 Dubois, C., Ricard, A., 2007. Efficiency of past selection of the French
6 Sport Horse: Selle Franais breed and suggestions for the future, *Livest Sci.*
7 112, 161-171 .
8
9 Gandini, G.C., Bagnato, A., Miglior, F., Pagnacco, G., 1992. Inbreeding in
10 the Italian Haflinger horse. *J. Anim. Breed. Genet.* 109, 433–443.
11
12 Glazewska, I., Jezierski, T., 2004. Pedigree analysis of Polish Arabian
13 horses based on founder contributions. *Livest. Prod. Sci.* 90, 293– 298.
14
15 Huby M, Griffon L, Moureaux S, De Rochambeau H, Danchin-Burge C,
16 Verrier E., 2003. Genetic variability of six French meat sheep breeds in
17 relation to their genetic management. *Genet Sel Evol* 35(6): 637-55.
18
19 Klemetsdal G, 1993. Demographic parameters and inbreeding in the
20 Norwegian trotter. *Acta Agric Scand* 43:1–8.
21

1 MacCluer JW, Boyce JA, Dyke B, Weitkamp LR, Pfenning DW, and
2 Parsons CJ, 1983. Inbreeding and pedigree structure in Standardbred horses.
3 J Hered 74:394–399.
4
5 Mahon GAT. and Cunningham EP., 1982. Inbreeding and the inheritance of
6 fertility in the Thoroughbred mare. Livest Prod Sci 9:743–754.
7
8 Maignel L., Labroue F., 2001. Analyse de la variabilité génétique des races
9 porcines collectives et des races locales en conservation à partir de
10 l'information généalogique, In: Proceedings of the 33^{ème} Journ. Rech. Porc.
11 Paris, France : 111-117
12
13 Moureaux S, Verrier E , Ricard A, and Mériaux JC, (1996). Genetic
14 variability within French race and riding horse breeds from genealogical data
15 and blood marker polymorphisms. *Genet Sel Evol* 28, 83–102.
16
17 Moureaux S., Boichard D., Verrier E., 2000. Utilisation de l'information
18 généalogique pour l'estimation de la variabilité génétique de huit races
19 bovines laitières françaises d'extension nationale ou régionale, In:
20 Proceedings of the 7^{ème} Rencontres Rech. Ruminants Paris, France : 149-
21 152.
22

1 Palhière I., Brochard M., Verrier E., Moazami-Goudarzi K., Amigues Y.,
2 Barillet F., Bed'Hom B., Bibé B., Bouix J., François D., Leymarie C.,
3 Pantano T., 2006. Did the selection for scrapie resistance impact the genetic
4 variability ? Preliminary results on four French sheep breed. In: Proceedings
5 of the 8th World Cong. Genet. Appl. to Livest. Prod., Bello Horizonte,
6 Brazil, CD-Rom, comm. No. 30_10
7
8 Ström H, 1982. Changes in inbreeding and relationship within the Swedish
9 Standardbred trotter. *J Anim Breed Genet* 99:55–58.
10
11 Valera M., Molina A., Gutiérrez J.P., Gomez J., Goyache F., 2005. Pedigree
12 analysis in the Andalusian horse : population structure, genetic variability
13 and influence of carthusian strain. *Livest. Prod. Sci.* 95, 57–66.
14
15 Van Eldik P., Van der Waaij E.H, Ducro B., Kooper A.W., Stout T.A.E. and
16 Colenbrander B., 2006. Possible negative effects of inbreeding on semen
17 quality in Shetland pony stallions *Theriogenology* 65: 1159-1170
18
19 Van Raden PM., 1992. Accounting for inbreeding and crossbreeding in
20 genetic evaluations of large populations. *J Dairy Sci* 75:3136–3144.
21
22 Wilkens J., Preisinger R. & Kalm E. 1990 Effect of inbreeding on
23 performance traits of riding horses based on competition results of the races

1 `Holsteiner' and `Trakehner' warmblood. In: Proceedings of the 4th World
2 Congress on Genetics Applied to Livestock, Edinburgh, England: 225-228.
3
4 Zechner P., Sölkner J., Bodo I., Druml T., Baumung R., Achmann R., Marti
5 E., Habe F., Brem G., 2002. Analysis of diversity and population structure
6 in the Lipizzan horse breed based on pedigree information. *Livest. Prod.*
7 *Sci.* 77, 137– 146.

3 Ce qu'il faut retenir sur la variabilité génétique du Selle Français

Dans cette étude, la variabilité génétique du Selle-Français est mesurée à travers différentes composantes :

- ❖ les croisements réalisés par les éleveurs entre 1974 et 2002
- ❖ la composition raciale originelle d'après les races des fondateurs
- ❖ l'évolution de la consanguinité
- ❖ l'étude des fondateurs et des ancêtres majeurs

L'évolution récente des accouplements montre une baisse des croisements avec le Pur-Sang (<2%) et un abandon total du Trotteur-Français et du Cheval de Selle qui sont remplacés par les Selle-Etranger dont la croissance est exponentielle (6% des naissances en 2002). Les Selle-Etranger apportent en parti un retour d'origine Selle-Français ou Pur-sang (pour le tiers). Le Selle-Français est constitué de 50% de Pur-Sang et de 33% de demi-sang, appellation ancienne du Selle Français. Les 17% restant sont constitués à part quasi égale de Trotteur-Français, Arabe, Selle Etranger, Anglo-Arabe, et Origine Inconnue. Cela veut dire que le Selle Français a au moins 50% de gènes Pur sang car les demi-sang eux-même devaient être en parti Pur sang.

Aujourd'hui 100% des Selle-Français sont consanguins. Cependant, la consanguinité semble non recherchée car lorsqu'on regarde les consanguinités individuelles des chevaux, moins de 2% des naissances ont un taux supérieur à $1/16^{\text{ème}}$ (6.25%). La consanguinité moyenne en 2002 est de 1.4%.

La consanguinité est en réalité liée à des goulots d'étranglement généalogiques assez lointains dans les pedigrees. Ils apparaissent clairement avec l'étude des ancêtres importants du Selle Français. En effet, 1/3 des gènes du Selle Français d'aujourd'hui proviennent des seuls 8 premiers ancêtres majeurs.

Bien que la variabilité génétique du Selle-Français ne semble pas réellement en danger, il faut rester vigilant et la maintenir afin de conforter la sélection à moyen terme.

Chapitre 4

La sélection d'un cheval de sport : objectifs et modalités

Au niveau des accouplements, les selles étrangers rencontrent un très vif succès car une forte concurrence entre stud-book existe et, pour certains éleveurs, les chevaux étrangers offrent des atouts (look, allures...) que n'ont pas les étalons Selle-Français. En effet, on ne peut pas nier les difficultés de commercialisation des Selle-Français, et l'ANSF mène donc depuis 2003 des actions de promotions et de communications pour aider les éleveurs à valoriser leurs produits et à les vendre. Pour lutter contre la concurrence des stud-books étrangers, l'association a également pour objectif d'inclure de nouveaux critères dans le schéma de sélection et pourquoi pas de le modifier profondément en le faisant reposer sur un testage en station comme aux Pays Bas et en Allemagne. Avant d'aborder ces questions, nous nous sommes interrogés sur le contexte de cette internationalisation du cheval de sport. En particulier, nous nous sommes intéressés aux autres stud-books européens et plus particulièrement à leurs objectifs de sélection et aux moyens mis en œuvre pour y parvenir. Par ailleurs, nous avons dressé une liste des caractères d'intérêt et nous avons analysé leur éventuelle insertion dans le schéma de sélection français.

1 Le contexte : vers une internationalisation du cheval de sport

1.1 Etude des accouplements

L'étude des accouplements des Selle-Français montre une augmentation exponentielle des selles étrangers. En effet, en 1998 1% des pères de Selle-Français était de race étrangères alors qu'ils étaient 6% en 2000 et 25% en 2005. En 2006, cela représente 20% des pères pour les Selle-Français de la section A et 53% pour la section B. Au niveau de la composition raciale, en tenant compte des mères et des origines qui sont rattachées au Pur Sang ou à des Selle-Français, on constate que 9% des gènes des Selle-Français nés en 2006 sont d'origine étrangère (respectivement 8% en Selle-Français section A et 19% en Selle-Français section B). Cette explosion des croisements avec les races de Selle-Etranger se produit en France mais les autres stud-book européens du cheval de selle sont également des stud-book ouverts. On observe donc des échanges importants de reproducteurs à travers les pays et ceci grâce aux techniques modernes de reproduction et notamment l'insémination artificielle. En effet, elles permettent aux éleveurs de chevaux de sport de choisir leurs reproducteurs parmi une population mondiale. Face à ce constat deux problèmes se posent :

- ❖ La traçabilité d'un individu d'un pays à l'autre
- ❖ La comparaison des valeurs génétiques des individus

Deux initiatives ont donc vu le jour. La première est la création d'un numéro d'identification international et unique l'UELN (Universal Equine Life Number) et la seconde est un groupement scientifique international qui travaille sur les méthodes d'évaluation génétique.

1.2 Un numéro d'identification international

Dans le cadre des échanges équins, l'identification des animaux est un point essentiel. Chaque pays à son propre système d'identification et chaque transfert dans un nouveau pays entraîne l'attribution d'un nouveau numéro d'identification. La résolution de ce problème passe par la création d'un numéro commun d'identification : l'UELN.

Depuis 1999, ce projet est porté par la France, particulièrement intéressée par la création de ce standard afin d'offrir à ses éleveurs un outil performant. En effet, ce numéro unique du cheval permettra à l'éleveur d'interroger tous les stud-books et d'obtenir rapidement des informations sur l'historique international du cheval, aussi bien en terme de généalogie, d'activité sportive que de reproduction. Ainsi, le suivi des performances à l'étranger sera simplifié et il sera plus facile d'en tenir compte dans la sélection des reproducteurs et dans les encouragements comme les primes aux naisseurs.

L'UELN est déjà édité dans les documents d'accompagnement des équidés en France. C'est un numéro alphanumérique à 15 caractères composé de deux éléments. Le premier sert à identifier l'organisme qui a immatriculé le cheval à sa naissance (6 caractères) dont 3 pour le code pays et 3 pour l'organisme dans ce pays. Le second élément permet d'identifier le cheval dans la base de données de l'organisme (Gautier, 2003).

Le projet UELN a reçu l'adhésion de toutes les organisations internationales consultées. Il ne lui manque plus qu'une officialisation par l'Union Européenne.

1.3 Le groupe Interstallion

1.3.1 Présentation

Il existe dans de nombreux pays les informations indispensables (indices, qualifications) aux étapes de sélection des différents stud-books mais elles restent non traduisibles et non comparables d'un pays à l'autre. C'est donc en 1998, que le groupe Interstallion fut fondé à l'initiative d'un petit groupe de chercheurs sous l'égide de l'EAAP (European Association for Animal Production), de l'ICAR (International Committee for Animal Recording) et de la WBFSH. Les objectifs de ce groupe sont de :

- ❖ mieux connaître les objectifs de production et les méthodes d'évaluation génétique pour les chevaux de sport
- ❖ étudier d'éventuelles améliorations des systèmes nationaux d'évaluation génétique
- ❖ mettre au point des méthodes de comparaison des évaluations génétiques entre les différents pays

Pour mener à bien ces projets, plusieurs travaux sont réalisés. Nous détaillerons dans la partie 2 de ce chapitre, ceux concernant les objectifs et procédures de sélection dans les différents stud-books. Parallèlement, deux projets pilotes visant des évaluations internationales d'étalons sont conduits.

1.3.2 Le Projet Pilote I

Le premier projet pilote est effectué par Emma Thorén Hellsten en Suède, sous la direction de Jan Phillipson. Ce projet a pour but l'évaluation génétique internationale des étalons ayant des descendants testés en station et concerne 4 pays et 5 stud-book :

- ❖ La Suède avec le « Swedish Warmblood » (SWB)
- ❖ Les Pays-bas avec le « Dutch warmblood » (KWPN)
- ❖ Le Danemark avec le « Danish Warmblood » (DWB)
- ❖ L'Allemagne avec le Hanovrien (Han) et le Holstein (Hols)

La première phase de ce projet qui consistait à étudier les connexions entre ces stud-book est aujourd'hui achevée (Thorén *et al.*, 2005). Cette étude comprenait 2 381 étalons qui comptaient 65 225 descendants dans ces 5 populations. Le coefficient de similarité génétique proposé par Rekaya *et al.* (2003) est utilisé pour déterminer la connexion entre stud-book. Ce coefficient cherche à comparer le nombre de produits issus d'étalons ayant sailli dans deux pays différents au nombre de produits totaux testés dans les deux pays. Il est issu d'études sur les bovins laitiers et basé sur l'idée que tous les étalons sont testés sur descendance de façon importante dans tous les pays. Il varie de 7% entre les stud-books KWPN et SWB à 29% entre les stud-books KWPN et Han. Il est en moyenne de 15%. Il est donc environ deux fois plus élevé que dans les études sur les bovins laitiers ce qui permet de penser que la suite du projet sur une évaluation génétique internationale est réalisable. Cependant, l'article insiste également sur les problèmes d'identification des chevaux entre les pays ce qui corse considérablement le projet.

1.3.3 Le Projet pilote II

Le second projet pilote est réalisé en France, par Catherine Ruhlmann sous la responsabilité de Anne Ricard. Il a pour but de comparer les évaluations génétiques en compétition de saut d'obstacle et concerne 7 pays à savoir :

- ❖ L'Allemagne
- ❖ Les Pays-Bas
- ❖ La Belgique
- ❖ L'Irlande
- ❖ La Suède
- ❖ Le Danemark
- ❖ La France

Comme dans le projet pilote I, la première phase qui consistait à évaluer les connexions existantes entre les pays est terminée (Ruhlmann, 2006). L'étude incluait 6 317 étalons et 22 324 chevaux. Chaque pays a en fait fourni environ 1000 étalons et 5000 ancêtres. Après l'identification des chevaux identiques entre les pays, il y avait, selon les paires des pays,

entre 0 et 308 étalons communs et entre 130 et 1166 chevaux en commun. Contrairement au projet pilote I, le coefficient de similarité génétique n'était pas une mesure correcte de la connexion car ici, la taille des descendance de chaque étalon était variable d'un pays à l'autre. Une mesure plus pertinente a donc été utilisée : il s'agit de la variance d'erreur des estimations des effets des pays selon un modèle génétique classique. Pour l'Allemagne, les Pays Bas, la Belgique et la France la corrélation entre les variances d'estimation des différents pays est comprise entre 0.32 et 0.51. Cette connexion correspond à des schémas équilibrés avec 11 à 19 produits par étalon et par pays. Les autres corrélations atteignent de 0.08 à 0.27. Ces résultats encourageants ont conduit à la poursuite du projet, c'est-à-dire les calculs des corrélations génétiques. Ces corrélations permettront de traduire la performance mesurée dans un pays en équivalent dans un autre pays.

Tableau IV-1 : Les objectifs de sélection d'après Koenen *et al.*, 2004.

Nom	Abréviation	Pays	Nombre de naissances en 2001	CSO	Dressage	Complet	Attelage	Conformation	Allures	Tempérament	Santé	Fertilité
Baden-Württemberg	BAD	Allemagne	1211	×	×			×		×		
Bavarian armblood	BAVAR	Allemagne	1426	×	×	×		×	×	×	×	×
Belgian Warmblood	BWP	Belgique	3377					×	×	×	×	
Danish Warmblood	DWB	Danemark	2228	×	×			×	×	×	×	×
Finish Warmblood	FWB	Finlande	220	×	×	×		×	×	×	×	
Hanovrien	HAN	Allemagne	7784	×	×	×	×	×		×		
Holstein	HOLST	Allemagne	3381	×				×	×	×		
Hungarian Sporthorse	HUN	Hongrie	614	×	×	×	×	×				
Irish sport Horse	ISH	Irlande	4413	×	×	×		×	×		×	
Dutch warmblood	KWPN	Pays Bas	11785	×	×			×	×		×	
Cheval de selle et poney néerlandais	NRPS	Pays Bas	638									
Norwegian warmblood	NWB	Norvège	100	×	×	×		×	×	×	×	×
Oldenburg	OLD	Allemagne	4384	×	×	×	×	×	×			
Selle français	SF	France	8300	×	×	×		×	×	×		
Sport Horse breeding of great britain	SHBGB	Grande bretagne	592	×	×	×		×	×		×	
Selle Italien	SI	Italie	3340	×								
Swedish warmblood	SWB	Suède	3000	×	×	×		×	×	×	×	
Trakehner	TRAK	Allemagne	1563					×	×	×		
Westphalia	WEST	Allemagne	3974	×	×	×	×	×	×			

2 Les objectifs de production du cheval de sport

Avant d'en venir aux différentes stratégies de sélection mises en œuvre pour la sélection des chevaux de sport, il est nécessaire de définir précisément les objectifs de sélection recherchés. Dans cette partie, nous allons donc décrire les objectifs de sélection annoncés par différents stud-books. Puis, nous détaillerons chaque caractère. Le but de cette revue bibliographique des caractères n'est pas de faire l'exhaustivité des travaux entrepris mais de montrer comment chacun peut s'insérer en pratique dans le plan de sélection français. Nous préciserons les modalités de mesure (âge, capacité, coût) et les paramètres génétiques (héritabilité, corrélations entre caractères).

2.1 Les objectifs de sélection des stud-books des chevaux de sport

Logiquement, les objectifs recherchés dans la production d'un cheval de sport font appel d'une part aux caractères de réussite dans la discipline sportive choisie et, d'autre part, à des facteurs de reproduction (fertilité mâles et femelles) et d'adaptation (résistance aux maladies, comportement) mais aussi à des caractères secondaires ayant une importance marchande sans lien nécessairement direct avec l'aptitude, par exemple la conformation et les allures. Pour formaliser ces objectifs, la WBFSH, ainsi que l'EAAP et l'ICAR, aidé par le groupe de travail Interstallion ont lancé une grande enquête pour connaître les objectifs de sélection annoncés par les principaux stud-books de chevaux de sports. Les résultats de cette enquête sont reportés dans la publication de Koenen *et al.*, 2004 (Tableau IV-1). On retrouve bien évidemment les 3 disciplines olympiques : dressage, CSO et CCE mais également, rarement, l'attelage. Les autres caractères sont la conformation, les allures, la santé, le tempérament et la fertilité.

Il existe parfois des différences entre l'objectif annoncé dans les enquêtes et les caractères réellement évalués et inclus dans les schémas de sélection. Par exemple, pour le Selle-Français, seules des évaluations génétiques existent pour le CSO, le dressage et le CCE. Cependant, l'existence de la commission d'approbation laisse supposer que le modèle et les allures sont inclus dans le schéma de sélection. Il en est de même pour le statut ostéoarticulaire (santé) et la qualité de la semence (fertilité) puisque les candidats doivent

fournir un dossier sanitaire. Pourtant lorsqu'on regarde le tableau, la santé et la fertilité ne figurent pas dans les objectifs du Selle-Français mais le tempérament, qui n'est jamais mesuré, en fait parti.

Ces imprécisions sur les pondérations de chaque caractère dans l'objectif de sélection et sur les évaluations réellement réalisées et utilisées sont aussi le fait des autres stud-books Européens. Koenen *et al.* (2004) note que tous les grands caractères d'intérêt sont presque toujours cités par les Stud-books mais ne sont pas hiérarchisés quand on demande le poids relatif de chacun. Cette incapacité à définir clairement la mesure du caractère recherché et sa pondération dans l'objectif est un frein à l'amélioration de ces populations.

Il semble possible de réaliser une étude économique qui mettrait en évidence les intérêts respectifs des différents acteurs de la filière : propriétaire de juments, propriétaires d'étalons, cavaliers professionnels et utilisateur final. Clarifier les rôles de chacun et en conséquence les caractères recherchés préférentiellement par ces différents acteurs, le poids économique de chaque caractère tout au long de la filière permettrait de dégager une stratégie gagnant-gagnant pour que chacun y trouve son compte.

Il a été démontré que la corrélation génétique entre le CSO et le Dressage est très faible (Bruns *et al.*, 1985, Huizinga et Van der Meij, 1989, Thorén *et al.*, 2002) ce qui rend leur inclusion simultanée et égale dans un objectif, délicat. Il semble donc qu'en fait, l'affichage de cet objectif double correspond le plus souvent à une sélection intra race de deux sous populations spécialisées ce qui est notamment visible en Allemagne et aux Pays-Bas (Koenen *et al.*, 2004).

2.2 . La réussite en compétition

2.2.1 Mesure de la réussite en compétition

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 1, l'aptitude à la compétition est mesurée en France directement à partir des résultats des compétitions grâce à deux critères, un basé sur le gain annuel, l'autre sur le classement dans chaque épreuve. Nous ne reviendrons donc pas sur le détail de ce traitement. Rappelons simplement que l'héritabilité de ces critères est moyenne, ce qui conduit à une précision sur la valeur génétique autour de 0.25/0.30 après une année de compétition. Les données sont recueillies par les instances sportives à des fins sportives et

commerciales ce qui permet d'exploiter un nombre considérable de résultats comme un sous produit tant que le système perdure. L'efficacité de la saisie des informations, leur traitement et leur retour à l'élevage est actuellement remarquable grâce à l'implication de chacun des acteurs (fédérations sportives, fédérations d'éleveurs, Haras-nationaux, INRA). Elle demande une grande organisation. Chez le Selle Français, 53% des naissances sont testés en compétition de CSO avant l'âge de 8 ans, 49% avant l'âge de 6 ans. Le caractère est pleinement inclus dans l'objectif et la stratégie de sélection.

2.2.2 Relations entre disciplines sportives

Le CSO est la discipline de prédilection du Selle-Français, cependant, l'ANSF ne cache pas ses ambitions de faire du Selle-Français un cheval polyvalent. Rappelons que la corrélation génétique entre dressage et CSO est très faible, voire nulle (Bruns *et al.* 1985, Huizinga and Van der Meij, 1989, Thorén et al, 2002). Les corrélations génétiques entre CCE et CSO et entre CCE et dressage sont de 0.45 et 0.58, respectivement (Ricard et Chanu, 2001). De plus, peu de Selle Français sont testés dans ces deux disciplines : en dressage 2% avant 6 ans, 6% avant 8 ans, et en complet 4% et 8% respectivement. Ces chiffres montrent que les ambitions de sélection pour ces disciplines doivent rester modestes. Inversement, comme nous l'avons montré (Dubois et Ricard, 2007), les corrélations nulles n'entraînent pas de détérioration dans ces disciplines par la sélection pour le CSO. La meilleure voie est sans doute la définition de rameaux spécifiques à l'intérieur du Selle-Français ou indépendants : pour le concours complet en se rapprochant des races Pur Sang et Anglo-Arabe, et pour le dressage en faisant appel aux races de Selles Etrangères. Nous ne traiterons donc pas directement cet objectif multidisciplinaire dans la modélisation des plans de sélection du Selle-Français.

2.2.3 Précocité

Réussir précocement dans une discipline n'est peut être pas forcément le gage d'une réussite à l'âge adulte. On peut, en effet, considérer la performance à un âge précoce comme un caractère différent de la performance réalisée à l'âge adulte et donc calculer les corrélations phénotypiques et génétiques entre ces deux caractères. Pour le dressage et le CCE, les compétitions précoces ne commencent qu'à 5 ans car contrairement au CSO très peu de chevaux concourent à 4 ans.

Malgré des corrélations phénotypiques relativement faibles (0.20 à 0.56) entre les performances réalisées à des âges différents, les corrélations génétiques sont très élevées de 0.67 à 1. On mesure donc bien d'un point de vue génétique la même aptitude même si on observe de fortes fluctuations de performances à des âges différents. Celles-ci sont en fait dues aux aléas de la vie. En d'autres termes, les étalons qui produisent de bons chevaux de 4 ans ou 5 ans sont les mêmes que ceux qui produisent de bons chevaux de 8/10 ans, même si ces chevaux eux, ne sont pas les mêmes. Ce qui fait que deux performances à des âges différents pour un même cheval ne se ressemblent pas n'est pas une différence de qualité mais bien une différence de milieu de valorisation.

On peut ensuite nuancer ces propos en constatant que la corrélation génétique 4 ans/âge adulte en CSO est inférieure à 0.80. Il y a donc dans cette discipline une certaine spécificité de la performance précoce.

En CSO et en dressage, l'héritabilité des performances précoces (4 ans en CSO, 5 ans en dressage) est plus élevée que celle des performances adultes. A cet âge, les chevaux bénéficient manifestement d'une meilleure homogénéité dans les conditions environnementales (cavaliers professionnels) ainsi que d'un circuit homogène de compétition. La génétique s'y révèle d'autant mieux. Cela va sans doute à l'encontre des idées reçues selon lesquelles, à 4 ans, le cavalier fait tout. On oublie alors que tous les cavaliers de chevaux de 4 ans constituent un ensemble nettement plus homogène que l'ensemble des cavaliers dans les compétitions sportives à l'âge adulte. En complet, on ne retrouve pas ce phénomène malgré la présence là aussi de compétitions spécifiques pour les jeunes chevaux. Au contraire, la performance à 5 et 6 ans est nettement moins héritable.

Les performances précoces (4 ans, 5 ans) sont utilisables efficacement pour la sélection d'un cheval performant à l'âge adulte dans les 3 disciplines. Nous considérerons dans notre modélisation la performance à 5 ans comme étant la référence de la réussite en compétition.

2.2.4 A l'étranger

Nos voisins utilisent des critères proches des nôtres pour mesurer la réussite en compétition. La principale différence entre pays vient de la mesure : soit on utilise une mesure annuelle, qui synthétise la saison sportive du cheval ou même sa carrière sur plusieurs années, soit on utilise une mesure épreuve par épreuve, par essence beaucoup plus sujette aux variations aléatoires.

Dans le premier cas, avec une mesure annuelle regroupant plusieurs compétitions, l'héritabilité varie entre 0.15 et 0.32 :

- ❖ En Irlande, $h^2=0.32$ pour le logarithme de points attribués au classement du cheval en fonction du niveau de la compétition (Foran *et al.*, 1994).
 $h^2=0.18$ pour ces points divisés par le nombre de départs (Foran *et al.*, 1994).
- ❖ En Italie, $h^2=0.15$ pour le logarithme des gains annuels (Silvestrelli et al, 1995),
- ❖ Aux Pays-Bas, $h^2=0.19$ pour le niveau maximum atteint transformé en points (Koenen *et al.*, 1995)
 $h^2= 0.23$ pour le même critère pour les chevaux âgés de plus de 7 ans (van Veldhuizen, 1997).

Bien sur, l'héritabilité des mesures prises dans chaque épreuve est inférieure : 0.07-0.19 mais le caractère est mesuré un nombre de fois beaucoup plus important pour un même cheval.

- ❖ En Allemagne, $h^2=0.10$ pour le logarithme des gains pour chaque classement (Bruns and Schade, 1998, Reinhardt and Schmutz, 1997).
- ❖ En Irlande, $h^2 =0.07-0.10$ en fonction du niveau de compétition (faible à élevé) pour les « normal scores » (valeur standardisée attribuée en fonction du classement) (Aldrigdge *et al.*, 2000).
- ❖ En Belgique, $h^2=0.11-0.19$ pour les « normal scores » avec ou sans effet cavalier (Janssens *et al.*, 1997).

La précision ou coefficient de détermination (CD) d'un critère de sélection est calculé ainsi :

$$CD = \frac{nh^2}{1+(n-1)r}$$

Avec :

n le nombre de performances
 h^2 l'héritabilité
r la répétabilité.

En appliquant cette formule, on constate que tous ces résultats sont cohérents puisqu'il existe une correspondance entre l'héritabilité mesurée annuellement et celle mesurée par épreuve. En effet, avec 10 sorties par an (ce qui est inférieur à la moyenne des chevaux français), un critère ayant une héritabilité de 0.10 et une répétabilité de 0.30 a une précision de 0.27 soit égal à la précision d'un critère annuel d'héritabilité 0.27 et 1 année de performance.

On observe une homogénéité des réflexions et des résultats sur l'hérédité de l'aptitude à la compétition équestre entre pays qui dans tous les cas conduit à une utilisation efficace pour la sélection des résultats en compétition.

2.2.5 Les critères indirects de mesure de l'aptitude

Comme la réussite en compétition est mesurée en France par un critère direct dès 4 ans, nous nous sommes peu penchés sur l'efficacité des critères indirects. Ces critères indirects sont en général des notes de jugement d'aptitude données lors de concours, et ils sont utilisés à la base pour juger du modèle et des allures, ou lors de test en station de testage. Nous développerons plus loin la nature de ces deux tests. Ils sont réalisés en général à 3 ou 4 ans. Les notes sont données lors de l'observation du saut en liberté ou monté. Notons simplement que pour les pays qui utilisent ces structures de testage, les corrélations génétiques entre l'aptitude mesurée à cette occasion et la réussite en compétition sont en général très élevées. Si nous nous limitons aux estimations les plus récentes, c'est en Allemagne, où le contexte est le moins favorable, que la corrélation génétique utilisée dans l'indexation officielle varie de 0.46 à 0.56 selon le test considéré (Jaitner et Reinhardt, 2006). En Suède, la corrélation génétique est de 0.88 (Wallin *et al.*, 2003). Aux Pays-Bas, Ducro *et al.* (2007) utilise une description précise de la technique de saut plutôt qu'uniquement une note globale, et leurs estimations des corrélations génétiques varient selon le critère de 0.52 à 0.88. Les héritabilités des notes d'aptitude sont en général élevées : 0.37 en test de terrain en Allemagne, 0.46 pour le saut en liberté et 0.36 pour le saut monté dans les tests de station, de 0.22 à 0.40 pour les critères descriptifs des Pays Bas (Ducro *et al.*, 2007) mais seulement 0.18 pour Wallin *et al.* 2003.

Nous introduirons ces corrélations et ces héritabilités lors de la comparaison des stratégies Française avec les stratégies de test en station en utilisant les références Allemandes.

Une autre façon d'appréhender la technique de saut est d'essayer d'en faire une mesure objective. C'est ce qu'à réalisé E. Barrey avec le système Equimetrix® (Barrey *et al.*, 2002). Les mesures réalisées avec un accéléromètre permettent de définir de nombreuses variables de locomotion lors du saut en liberté. Des héritabilités ont été calculées et varient de 0.23, pour la technique d'appel, à 0.52 pour la technique de réception. Les corrélations génétiques avec la réussite en compétition n'ont pas pu être calculées en raison de la faiblesse de l'effectif d'étude (268 chevaux) et de sa sélection (il s'agissait d'étalons des Haras nationaux). Nous reviendrons dans le paragraphe suivant sur la nécessité absolue de développer ces tests en France si nous voulons réellement valoriser les nombreux concours de modèles et d'allure.

2.3 Le modèle et les allures

Ces deux caractères sont souvent présentés conjointement. Pourtant il s'agit de deux caractères bien distincts et chacun d'eux correspond déjà à un ensemble de traits différents. En effet, avoir une bonne locomotion équivaut au minimum à bien se déplacer à chaque allure (pas, trot, galop) et avoir une belle conformation est également un ensemble de critères (un tête distinguée, un dos musclé, bonne proportion, mesure d'angle et de longueur...). Mais ces caractères sont mesurés lors du même type de concours c'est pourquoi nous les traitons ensembles.

2.3.1 Recueil des informations

Le recueil de ces performances nécessite la tenue de concours spécifiques dans lesquels on rassemble un jury ou bien on organise la tenue des mensurations et des mesures des paramètres d'allures. En France, ces concours sont organisés depuis très longtemps sous la forme de concours de « modèles et d'allures » que nous avons détaillé dans le chapitre 1. Rappelons qu'aujourd'hui 39% d'une génération de Selle -Français participent à ces concours et que ce pourcentage est en augmentation (nous avons par exemple seulement 28% pour les naissances de 1995). Le recueil des performances à l'issue de ces concours est actuellement limité. Aucune mesure objective de la conformation n'est aujourd'hui pratiquée systématiquement lors de ces manifestations. Seules les données de jugement par le jury sont

stockées sur la base de données du SIRE mais ne sont ni diffusées ni exploitées. La note globale est accessible et publique, le détail n'est ni accessible ni utilisé aujourd'hui pour une quelconque évaluation ou étude génétique. Seul est diffusé le détail de 4 notes globales lors des championnats de France qui rassemblent un nombre très limité de chevaux (80 mâles de 3ans, 50 juments de 2 ans en 2006). L'utilité de ces manifestations qui demeurent coûteuses en temps et en argent se révèle donc, d'un point de vue génétique, actuellement presque nulle du fait de la non exploitation des notations et de l'absence de recueil de mesures objectives. Cependant, compte tenu du potentiel de ces concours du fait du: nombre important de chevaux identifiés et notés, nous incluons dans notre modélisation ce type de caractère en espérant que le relevé et la disponibilité des informations sera un jour effective.

2.3.2 Mesure des caractères

Le recueil des mesures sur ces caractères est de deux natures : soit un jugement qualitatif bon/mauvais soit une description (ex : dos long/court) qui peut être faite à l'œil (grilles de pointage) ou par une mesure précise (distance, angles...).

Depuis 2000, en France, la notation des épreuves de modèle et allure a progressivement évolué d'une note globale unique vers une grille (grilles I-1 et I-2 présentées dans la partie 1) qui décrit le cheval mais en assignant a priori une description à un défaut ou une qualité, ce qui peut biaiser le jugement. De plus, les grilles ne sont pas toujours complétées et dans ce cas, seule une note globale (de 0 à 10) d'appréciation qualitative par grands secteurs morphologiques est donnée (ex : Garrot-Dos-Rein). Le défaut d'une note qualitative c'est qu'elle ne permet pas une réelle stabilité dans le temps (ce qu'on peut juger comme une qualité peut devenir un défaut) et qu'elle ne permet pas une analyse objective de la relation entre caractéristiques de la conformation et des allures et performance.

Les Haras nationaux ont alors soutenu la recherche de mesures objectives, d'une part, en proposant une véritable grille de pointage qui n'a pas été retenue par l'ANSF et, d'autre part, en favorisant le développement du logiciel d'analyse d'image Equimetrix®. Cette technologie, mise au point par E Barrey, est aujourd'hui utilisée pour mesurer les étalons nationaux (519 étalons mesurés) et les indices phénotypiques obtenus sont disponibles sur internet (www.haras-nationaux.fr) (Barrey *et al.*, 2002). Equimetrix® permet de mesurer

objectivement la conformation et les allures. La conformation est caractérisée à partir d'une photographie du cheval à l'arrêt, les canons postérieurs et antérieurs étant verticaux. Des gommettes sont collées aux articulations, la longueur, l'orientation des segments et les angles articulaires sont relevés automatiquement. Pour les allures en main (pas et trot) la dynamique des mouvements verticaux et horizontaux du cheval est évaluée au moyen d'accéléromètres placés dans un appareil d'enregistrement au passage de sangle. Le logiciel calcule les principales caractéristiques des foulées de chaque allure. Avec cette méthode, la conformation, le pas et le trot ont été déclinés en de nombreux paramètres pour lesquels des héritabilités ont été calculées.

Une technique similaire, la « morphométrie 3D » qui concerne aujourd'hui uniquement la conformation a été développée par l'équipe du Pr. Crevier-Denoix (Pourcelot *et al.*, 2002). Plutôt que de photographier le cheval à l'arrêt, celui-ci est filmé au pas et l'image de référence ainsi que l'identification des points articulaires se fait ensuite au laboratoire par analyse d'image. L'utilisation de plusieurs caméras permet de mesurer les distances et les angles réels en 3 dimensions plutôt que leur projection dans un plan quand l'analyse est faite à partir d'une seule photographie. A titre expérimental, la technique a permis de mesurer 1430 jeunes chevaux de 4 et 5 ans lors de CSO.

Le défaut de ces deux techniques est l'absence d'appréciation de la musculature. Dans aucun des deux cas, l'analyse d'image ne cherche à mesurer des volumes et se limite au squelette, ce qui est sans doute dommage. L'utilisation réelle de ces techniques objectives de mesure de la conformation en sélection est limitée par le nombre de chevaux mesurés, la pérennité de ces mesures et le coût de mise en place (main d'œuvre qualifiée, matériel). Afin de réaliser des indices génétiques, ces recueils de performances devraient être appliqués systématiquement lors des concours de modèles et allures ou des épreuves de jeunes chevaux de CSO. Là aussi, seule une volonté politique peut aboutir.

2.3.3 Héritabilité des caractères de conformation

En l'absence d'étude des notes de conformation en France, nous avons considéré les études réalisées à l'étranger sur des caractères semblables. Cependant, tous ces jugements demeurant subjectifs, il n'est pas certain que les définitions utilisées révèlent le même trait.

Une synthèse des paramètres génétiques de la conformation est proposée par Saastamoinen et Barrey (2000). Même si l'ensemble des traits de conformation semble relativement héritable, ces héritabilités demeurent très variables d'une étude, d'une race et d'un pays à l'autre. Si l'on synthétise les résultats les plus récents des principaux pays producteurs de chevaux de sport, résultats obtenus lors de concours de modèles et allures de jeunes chevaux et principalement de juments visant à devenir reproductrices, il y a une certaine homogénéité. En Suède, la moyenne des notes de conformation a une héritabilité de 0.27 (Gerber Olsson *et al.*, 2000). Aux Pays-Bas, Koenen *et al.* (1995) obtient des héritabilités qui varient de 0.09 (talons du sabot) à 0.28 (forme de la croupe) pour 20 critères descriptifs du modèle mais en fait ses résultats sont très homogènes avec une héritabilité autour de 0.17-0.19 pour la majorité des caractères. En Allemagne la majorité des études sont publiées en Allemand ce qui ne simplifie pas leur diffusion, cependant Stock et Distl (2006) ont estimé à nouveau les héritabilités des notes en test de terrain des mères pour le Hanovrien et les trouvent comparables aux études antérieures. Si l'héritabilité de la note de conformation totale est aussi moyenne (0.23), elle cache, contrairement aux résultats de Koenen *et al.* 1995, une héritabilité plus forte pour les caractères de conformation liés au corps et à la tête (de 0.30 pour la ligne du dos à 0.50 pour la tête) et plus faible pour les membres (0.09 pour les antérieurs, 0.11 pour les postérieurs).

Le calcul des héritabilités des mesures objectives de conformation a été possible en France à partir des résultats de mesure d'Equimetrix® (Barrey *et al.*, 2002). Rappelons, cependant que l'échantillon est de petite taille (432 chevaux), très sélectionné (étalons nationaux), et de races très diverses (41% de Selle-Français). 31 mesures ont été proposées. Les héritabilités sont moyennes quand on regroupe les mesures par groupe anatomique : de 0.16 pour la taille ou la longueur des segments postérieurs à 0.20 pour les angles des membres antérieurs et la ligne du dos. Cependant, certaines mesures semblent plus hértables : la hauteur de poitrine (0.31), le creux du dos (0.36), l'angle du jarret (0.34) l'inclinaison de l'épaule (0.32) pendant que certaines sont peu hértables (4 mesures sur 31 étudiées).

Des calculs d'héritabilité ont aussi été réalisés à partir du programme « morphométrie 3D » (Crevier-Denoix *et al.*, 2006). Les effectifs demeurent modestes (750 chevaux de 4 et 5 ans) mais représentent un échantillon de la population des chevaux Selle-Français de CSO. Les quelques 350 mesures générées par le programme ont été rassemblées par analyse en cluster en 28 variables principales les moins corrélées possibles et non par un critère anatomique.

Semblent très héritables la profondeur de poitrine (0.53), la longueur par rapport à la hauteur 0.47, la rectitude de la ligne du dessus (0.34), le fait d'être bas ou droit jointé pour les antérieurs (0.35). Semblent moyennement héritable le format en hauteur (0.23), l'inclinaison de la croupe (0.28), la longueur du canon postérieur (0.30), être fait en « montant » ou en « descendant » (0.27) et avoir des appuis postérieurs rapprochés (sur le plan frontal) ou éloignés (0.19). D'autres caractéristiques demeurent peu héritables (7 sur les 28).

En conclusion, les appréciations subjectives du modèle semblent moyennement héritables (0.20) et le gain espéré par des mesures objectives n'est peut être pas très important. Cependant les résultats d'héritabilité sur ces mesures objectives ne sont pas susceptibles d'avoir été biaisées par la connaissance a priori du cheval présenté et de ses origines. Elle sont donc une confirmation importante de l'héritabilité des caractéristiques du modèle. A l'image de la taille ($h^2=0.16$ ou 0.23 selon l'étude Française considérée), les caractéristiques du modèle sont peut être moins héritables qu'on ne le supposait à priori mais constituent un objet de sélection tout à fait réalisable. Ce sont peut être, dans ces populations où le format général a depuis longtemps été choisi, des rapports de proportions qui présentent le plus de variabilité génétique (cheval long/court, profond ou non par rapport à la taille, ligne du dessus creusée ou non). Enfin, il est important d'approfondir les études sur les angles articulaires et les aplombs afin d'obtenir pour le cheval Français de véritables références en la matière.

Tableau IV -2 Héritabilité des trois allures enregistrée en test en station d'après Thorén Hellsten et al, 2006

	Huizinga et al (1991)	Jaitner et reinhardt (1993)	Uphaus et al (1994)	Schade (1996)	von Velsen -Zerweck (1998)	Brockmann (1998)	Lührs-Behnke et al (2002)	Gerber Olson <i>et al.</i> (2000)	Gelinder et al (2001)
Pas	0.73	0.32	0.20	0.25	0.43	0.34	0.34	0.46	0.45
Trot	0.65	0.28	0.23	0.37	0.50	0.45	0.51	0.37	0.34
Galop	0.54	0.25	0.54	0.33	0.47	0.36	0.42	0.39	0.28

Tableau IV -3 Corrélations génétiques entre les trois allures dans les tests en stations d'après Thorén Hellsten et al, 2006

	Huizinga et al (1991)	Schade (1996)	Brockmann (1998)	Lührs-Behnke et al (2002)	Gerber Olson <i>et al.</i> (2000)
Pas-trot	0.92	0.75	0.78	0.75	0.40
Pas-Galop	0.88	0.74	0.75	0.74	0.30
Galop-Trot	0.93	0.87	0.74	0.85	0.71

Tableau IV -4 Héritabilité des trois allures enregistrée en « field tests » d'après Thorén Hellsten et al, 2006

	Huizinga et al (1990)	Ducro et al (2002)	Uphaus et al (1994)	Schade (1996)	Brockmann (1998)	Gelinder et al (2002)	Gelinder et al (2002)
Pas	0.22	0.37	0.26	0.27	0.27	0.35	4 years old 0.39
Trot	0.14	0.50	0.30	0.36	0.36	0.41	0.38
Galop	0.18	0.25	0.25	0.29	0.35	0.35	0.32

Tableau IV -5 Corrélations génétiques entre les trois allures pour des « field tests » d'après Thorén Hellsten et al, 2006

	Huizinga et al (1990)	Ducro et al (2002))	Schade (1996)
Pas-trot	0.62	0.86	0.50
Pas-Galop	0.67	0.70	0.58
Galop-Trot	0.44	0.75	0.80

2.3.4 Héritabilité des allures

Pour les mêmes raisons que la conformation, l'estimation de l'héritabilité des notes subjectives des allures n'a pas été réalisée en France. Nous présenterons donc les résultats étrangers, issus de la synthèse (Saastamoinen et Barrey, 2000 ; Thorén Hellsten et al. 2006) et autres publications. L'ensemble des résultats d'après Thorén Hellsten et al, (2006) est présenté dans les tableaux IV-2 à IV-5. Une synthèse de ces résultats peut être trouvée pour l'Allemagne dans les tableaux des héritabilités et corrélations génétiques utilisées pour l'indexation officielle (Jaitner et Reinhardt, 2006).

Pour la Hollande et la Suède, les estimations les plus récentes seront retenues puisque les auteurs ont estimé successivement les paramètres sur les mêmes données. Les estimations des héritabilités des 3 allures obtenues en Allemagne et en Suède sont en général plus élevées que celles obtenues aux Pays bas : 0.35-0.36 en moyenne pour les premiers, 0.23 pour le dernier dans les tests de terrain. Elles sont aussi plus élevées en moyenne pour les tests spécifiques des étalons que pour les tests tout chevaux : augmentation de 0.05 à 0.14 points en moyenne. Enfin, la hiérarchie entre allures est différente selon les pays et les tests. Pour les tests de terrain, il y a peu d'écart en Allemagne entre les trois allures alors que le trot est plus héritable en Suède et en Hollande (0.40 et 0.29 respectivement contre 0.34 et 0.19 pour le pas). Pour les tests des étalons, le trot sort en tête en Allemagne et en Hollande (jusqu'à 0.50 pour Ducro et al., 2002) alors que c'est le pas pour la Suède (0.46). Globalement, on peut dire que les héritabilités des jugements des allures sont supérieures à celle de la conformation. Bien que toutes positives, les corrélations génétiques entre allures ne sont pas très consistantes entre pays : on a à la fois 0.40 entre le pas et le trot utilisé par le VIT pour indexer les chevaux Allemands d'après les performances en test de terrain, et 0.86 estimé par Ducro *et al.* (2002) en Hollande pour les mêmes allures sur les jeunes étalons lors de la pré-selection avant l'entrée en station. Une meilleure homogénéité est trouvée entre le trot et le galop (0.63 à 0.75). En fait, ces distorsions sont sans doute à rapprocher de la définition même d'une bonne allure.

Grâce à Equimetrix, des héritabilités de mesures objectives des allures ont pu être estimées en France (Barrey *et al.*, 2002). Ces résultats sont particulièrement intéressants car contrairement aux précédents, ils permettent de distinguer nettement vitesse, longueur de la foulée, cadence, caractéristique des mouvements verticaux, propulsion. Si les caractéristiques de la foulée au pas ne sont pas héréditaires, la propulsion a une héritabilité de 0.29. Au trot, les caractéristiques des foulées ont une héritabilité de 0.26 et la propulsion 0.34. Hélas, compte tenu des effectifs, il n'a pu être calculé de corrélations entre ces différents paramètres et notamment entre les allures. Globalement, les héritabilités semblent inférieures à celle mesurée sur le jugement humain révélant peut être une sensibilité ou un a priori différent de l'œil par rapport aux mesures.

En conclusion, les allures mesurées subjectivement sont des caractères très héréditaires. L'impression qu'elles dégagent semble primer sur leur efficacité objective même si celle-ci demeure moyennement héréditaire.

2.3.5 Corrélation génétique entre la conformation/le modèle et les autres caractères de l'objectif

Il est généralement admis que les caractères de conformation sont peu corrélés avec l'objectif principal de réussite en CSO. La conformation n'apparaît pas dans la table d'indexation des chevaux allemands. Pour les Pays Bas, Koenen *al.* (1995) ne trouve que 3 corrélations génétiques significativement différentes de 0 ($p < 5\%$) sur 20 mesures de conformation avec l'aptitude au CSO mesurée en compétition. Et ces corrélations ne sont que de l'ordre de 0.25 : une encolure et des hanches musclées, ainsi qu'une croupe inclinée sont favorables. En Suède cependant la situation semble plus favorable puisque Wallin *et al.* (2003) trouvent une corrélation génétique positive élevée entre la note globale de conformation et la réussite en CSO en compétition mesurée par un critère sur la vie (0.42) alors même que Gerber *et al.* (2000) trouvaient une corrélation nulle (0.07) avec l'aptitude au saut mesurée dans les tests d'étalon. La subjectivité liée à ces notes globales, la connaissance que possède le jury de la parenté et des résultats en compétition de la famille du cheval jugé peuvent biaiser facilement ce type de résultats. La seule réponse objective serait la connaissance des corrélations génétiques entre mesures objectives et performances. Ces résultats manquent aujourd'hui.

Les critères de conformation sont aussi traditionnellement utilisés comme indicateurs de la longévité et de la santé du cheval. Récemment, Stock et Distl (2006) ont calculé des corrélations génétiques entre les images radiographiques et la conformation chez le Hanovrien. Ces corrélations demeurent très faibles, proche de 0, excepté pour la taille qui a un effet favorable sur l'apparition des lésions d'ostéochondrose (0.37 avec les lésions observées dans le boulet, 0.52 avec le jarret). Même les conformations des membres ne permettent pas de dégager des corrélations élevées (-0.29 entre conformation des membres antérieur et lésions d'ostéochondrose dans les boulets mais seulement 0.03 entre conformation des membres postérieurs et lésions d'ostéochondrose dans les jarrets). Les études sur la longévité (Wallin *et al.*, 2001) demeurent strictement phénotypiques.

Concernant les allures, les corrélations génétiques avec l'aptitude au CSO sont proches de 0 pour l'Allemagne, voire défavorables (-0.10) traduisant là un jugement des allures nettement tourné vers l'aptitude au dressage. Aux Pays Bas (Ducro *et al.*, 2007), on retrouve les mêmes résultats pour le pas et le trot, mais en ajoutant une description précise du galop, les corrélations sont plus favorables (0.43 pour l'impulsion, 0.33 pour la foulée au galop et la performance en compétition de CSO). Une fois encore, Wallin *et al.* (2003) pour la Suède obtient des résultats plus favorables (0.26 et 0.33 pour le trot, 0.60 pour le galop) à partir de ses notes plus subjectives et moins descriptives.

De l'ensemble des ces résultats nous retiendrons que si la conformation et les allures sont à inclure dans l'objectif en tant que caractère d'intérêt pour avoir un cheval plaisant à l'œil et plaisant dans ses déplacements, il faut plutôt le considérer comme un caractère propre, non corrélé à la performance dans le pire des cas ou peu corrélé positivement dans le meilleur des cas. L'héritabilité utilisée dans nos modélisations sera un compromis entre conformation et allures, donc plus élevée que pour l'aptitude au saut.

2.4 Comportement / tempérament

L'ANSF souhaite inclure dans son schéma de sélection un cheval ayant une « aptitude à l'utilisation » (Annexe IX du règlement du Stud-book), ce qu'elle précise par : « caractère, facilité ». Cela revêt un trait de comportement complexe puisqu'on demande au cheval à la fois d'être facile d'utilisation et sans danger pour l'homme et d'avoir du « sang », de la réactivité et le mental d'un champion pour gagner en compétition.

2.4.1 Recueil des informations

Actuellement, aucun test de comportement n'est recueilli de façon officielle pour la sélection des chevaux de Selle Français. De la même manière que pour le modèle et les allures, on peut imaginer que ce recueil d'informations puisse se tenir soit lors de concours de modèles et allures traditionnels soit lors des compétitions de jeunes chevaux (4-5 ans). Le choix de l'âge de mesure est aussi important : trop jeune, on peut craindre que le tempérament change avec le temps, trop âgé, on peut craindre que les effets d'environnement prévalent. Pour l'amélioration génétique, un critère précoce est bien sûr préférable pour être plus vite pris en compte par la sélection.

2.4.2 Mesures du comportement

Depuis longtemps, les principaux pays étrangers utilisant le testage des étalons en station recueillent une appréciation globale du comportement du cheval lors de ces tests. Il ne s'agit pas à proprement parler de tests de tempérament mais d'une épreuve d'aptitude à la selle pendant laquelle leur facilité d'usage est estimée par un cavalier. Ce caractère englobe donc à la fois des qualités mentales et physiques. Il s'éloigne donc notablement de la mesure du caractère en tant que tel.

Des tests ont été mis au point par les équipes de recherche en éthologie afin de mesurer objectivement le tempérament d'un cheval selon ses principales composantes, En France, Lansade *et al.* (2003, 2005) ont défini une batterie de tests qui définissent les 4 grands traits principaux :

- ❖ propension à manifester des réactions de peur
- ❖ motivation sociale
- ❖ réaction vis-à-vis des humains
- ❖ niveau d'activité

Ces tests, réalisés pour l'instant en élevages expérimentaux, ont été définis afin d'être adaptables aux conditions de terrain et rapidement effectués lors des concours habituels.

Tableau IV -6 Héritabilité de la note de facilité d'utilisation et tempérament d'après Thorén Hellsten et al, 2006

	Huizinga et al (1991)	Jaitner et reinhardt (1993)	Uphaus et al (1994)	Schade (1996)	von Velsen -Zerweck (1998)	Brockmann (1998)	Lührs-Behnke et al (2002)	Wallin et al. 2003
Facilité d'utilisation	0.64	0.46	0.56	0.30	0.52	0.44	0.41	0.10

Tableau IV -7 Corrélation génétique entre facilité d'utilisation (F U) et les trois allures, facilité d'utilisation et le CSO en station d'après Thorén Hellsten et al, 2006

	Huizinga et al (1991)	Schade (1996)	Brockmann (1998)	Lührs-Behnke et al (2002)
F U-Pas	0.97	0.79	0.72	0.67
F U - trot	0.95	0.84	0.80	0.84
F U - Galop	0.94	0.80	0.76	0.83
FU CSO	0.18	-0.02	0.21	0.21

2.4.3 Héritabilité du tempérament

Sur les notes globales de facilité d'utilisation /tempérament utilisées lors des tests en station, des héritabilités ont été estimées depuis longtemps comme pour les autres caractères mesurés lors des ces tests (Thorén Hellsten et al, 2006). Les résultats sont reportés dans le tableau IV-6. L'héritabilité de l'aptitude à la selle est dans tous les cas élevée, la plupart du temps supérieure à 0.40. Huizinga (1991) distingue cette aptitude d'une note de « caractère » dont l'héritabilité est alors un peu moins élevée : 0.52 contre 0.64 pour l'aptitude à la selle. La seule héritabilité faible (0.10) est obtenue pour une note de caractère liée à l'aptitude au saut, mesurée lors des tests de terrain des chevaux suédois (Wallin *et al.*, 2003).

Il n'y a pas pour l'instant d'héritabilité estimée sur les caractéristiques du comportement mesurées par des tests objectifs. Des analyses préliminaires ont été réalisées sur les tests mis au point par l'équipe de Dr. Hausberger (Hausberger *et al.*, 1998) mettant en évidence plusieurs facteurs de variation. Des héritabilités assez élevées ont été estimées sur ces 703 chevaux de 16 races différentes (0.42 pour un test d'émotivité ou 0.36 pour un test visant à ouvrir une boîte pleine de nourriture; Ricard, 2004). Mais ces estimation restent à confirmer avec un effectif de chevaux plus homogène, notamment de même race, et des cohortes par père plus importantes.

2.4.4 Corrélations entre comportement et les autres caractères

La principale difficulté pour analyser ces corrélations est que la note d'aptitude à la selle correspond déjà à un caractère complexe mêlant aptitudes physiques et mentales plutôt qu'à un jugement objectif du comportement. De plus, on ne sait pas exactement si le tempérament qui prévaut dans cette note est plutôt une facilité d'utilisation par n'importe quel cavalier ou bien une volonté d'apprentissage ou un aptitude à la réactivité nécessaire pour le CSO. En Allemagne, ces corrélations sont d'ailleurs absentes de la grille d'évaluation génétique pour l'aptitude au saut laissant supposer qu'il s'agit plutôt d'un caractère lié au dressage. Toujours est-il que les corrélations génétiques estimées sont élevées avec le jugement des allures mais ne le sont pas avec l'aptitude au saut (tableau IV-7). C'est donc bien plus un critère de confort pour le cavalier qui est jugé plutôt qu'un caractère lié à son tempérament. Dans l'étude de

Wallin *et al.* (2003), le tempérament pour le CSO est quasiment confondu avec la réussite en compétition d'obstacle (corrélation génétique de 0.93). Là aussi, c'est une mesure de l'aptitude au saut et non, à proprement parler, du tempérament.

En l'absence de corrélation objective entre les traits précis du tempérament mesurés par des tests d'éthologie et la réussite ensuite en compétition voire l'appréciation subjective de l'utilisateur, il est impossible à l'heure actuelle de savoir si tous les traits de comportement concourent aux mêmes impressions laissées chez l'utilisateur et à la réussite en compétition.

Une seule chose semble ressortir de ces premières études, c'est que le tempérament est un caractère héritable, voire même très héritable. Toutes les études de relation avec la performance et la facilité d'utilisation restent à faire. Nous n'incluons donc pas en tant que tel ce caractère dans la modélisation de notre plan de sélection. Gardons simplement à l'esprit que si ce caractère demeure difficile à mesurer, nous pourrions l'assimiler éventuellement à l'un des deux caractères autres que la réussite en compétition qui seront introduits : soit un caractère mesurable sur un nombre important de chevaux, à 3 ans, et non corrélé ou corrélé positivement modérément avec la compétition, soit un caractère difficilement mesurable (ou coûteux), mesuré après sélection des étalons sur leurs propres performances donc sur un petit nombre de chevaux mais dont la corrélation génétique avec l'objectif peut être négative. Le premier cas correspondrait à des tests faciles à mettre en œuvre, le second à des tests plus compliqués, avec les deux possibilités de corrélations génétiques sachant que le caractère docile pour l'homme et réactif en compétition est sûrement un caractère aux relations complexes avec l'aptitude.

2.5 Longévité sportive

2.5.1 Recueil des informations

La mesure de la longévité sportive est un sous produit de l'exploitation des résultats en compétition. Tant que l'enregistrement des compétitions sera aussi complet qu'aujourd'hui, c'est-à-dire qu'il ne se limitera ni dans le temps (n'enregistrer que les compétitions "jeunes chevaux") ni dans l'espace (n'enregistrer que les compétitions de haut niveau), la mesure de la longévité sportive sera possible. L'indexation de la longévité est donc directement possible

à partir du recueil d'informations actuelles. Cependant, pour l'individu lui-même, les informations parviennent tard dans sa carrière de compétiteur comme de reproducteur et encore plus tard pour un étalon évalué sur descendance. Ce critère de sélection demeure donc un critère essentiellement utilisable en sélection sur ascendance grâce aux informations apportées par les parents.

2.5.2 Mesures de la longévité et hérabilité

La longévité reflète indirectement de la santé du cheval puisqu'elle est une mesure de la durée de vie en compétition et donc de la résistance aux efforts. Elle est mesurée par le nombre d'années passées en compétition (Ricard et Fournet-Hanocq, 1997; Ricard, 2007). Dans tous les cas, la longévité est analysée comme longévité fonctionnelle, c'est-à-dire non pas la durée de la carrière en compétition brute mais la durée de carrière à niveau de performance égal. En effet, on montre aisément que plus le cheval a d'aptitude à la compétition, plus il demeure en compétition (un hongre adulte ayant un indice de performance annuel de 75 à un risque de réforme 2 fois supérieur à celui qui a un indice de 115). Mais si il est trop bon, il a aussi des chances d'être réformé sans doute pour être mis à la reproduction ou exporté (une femelle ayant un indice de 125 à 6 ans a 1.1 fois plus de chance d'être réformée qu'une femelle moyenne ayant un indice de 105). Ce qui nous intéresse est donc bien la résistance physique du cheval à l'effort indépendamment de sa qualité.

L'hérabilité d'un tel critère est faible (0.07) mais difficile à comparer aux caractères usuels dont la distribution des performances est normale. On constate malgré tout une variabilité génétique relativement importante chez les étalons faisant actuellement la monte. On compte ainsi 24 étalons dont le $CD \geq 0.60$ et dont la demi-vie des produits est diminuée de plus d'une demi-année et 70 dont le $CD \geq 0.60$ et dont la demi-vie des produits est augmentée de plus d'une demi-année par rapport à la moyenne.

2.5.3 Corrélation de la longévité avec les autres caractères

La corrélation génétique de la longévité fonctionnelle avec la performance en CSO a été estimée par Ricard et Chapuis (1997). Elle est de -0.41 entre aptitude et risque de réforme. C'est donc une relation favorable et plutôt élevée, même s'il s'agit de la longévité déjà corrigée pour l'aptitude. Cela laisse supposer que l'aptitude renferme en elle-même des caractères de résistance aux épreuves et à la douleur. La corrélation entre longévité et conformation n'a été mesurée pour l'instant que d'un point de vue phénotypique

Compte tenu des paramètres génétiques favorables, nous n'avons pas intégré ce caractère en tant que tel dans notre modélisation du progrès génétique. Les progrès à faire en ce domaine concernent principalement la publication et la diffusion des indices déjà calculés. Dans notre modélisation du progrès génétique, l'introduction de la notion de résistance aux maladies se fera par les caractères directs que nous allons détailler dans le paragraphe suivant. .

2.6 Santé, résistance aux maladies et affections

Si la longévité peut être considérée comme un critère indirect de bonne santé, il peut se révéler intéressant de s'attaquer directement à l'amélioration de la sensibilité aux principales affections touchant les chevaux de sport. De fait, seules les affections ostéo-articulaires font aujourd'hui l'objet de mention dans le déroulement de la sélection des chevaux de Selle-Français, les autres mentions ne font appel qu'à des conditions sanitaires sur certaines maladies contagieuses.

2.6.1 Recueil des informations

Le recueil des informations sur l'état de santé des chevaux en France est délicat. En effet, nulle information n'est censée sortir de chez le vétérinaire et donc aucune étude épidémiologique ne peut être réalisée à partir de données existantes. C'est bien évidemment un handicap à toute sélection. Mais c'est un état de fait général dans la plupart des pays qui

produisent un cheval de sport. Même les Suédois ont eu recours à un questionnaire pour estimer les causes des réformes chez leur cheval de selle (Wallin *et al.*, 2000). Il faut cependant noter le taux de réponse impressionnant qu'ils ont obtenus (78% des chevaux des 70% de propriétaires retrouvés, parmi les chevaux ayant participé aux tests de terrain). Ces auteurs montrent que les causes de réforme demeurent principalement des problèmes liés au système musculo-squelettique (56%) ce qui justifie en partie l'attention portée préférentiellement en France sur les affections ostéo-articulaires.

Pour tout candidat étalon un dossier de radiographie des membres (pied antérieur de face et profil, boulet antérieur de profil, carpes de face, doigts postérieurs de profil, jarret et grasset de profil) est exigé. Cependant, il n'est pas possible de connaître le taux de rejet fait sur ces radiographies, ni le niveau d'exigence demandé qui n'est pas spécifié dans le règlement du stud-book. De plus, ces données ne sont pas par la suite exploitées en vue d'une indexation. La seule sélection sur performance propre ne peut avoir qu'une efficacité limitée.

L'acquisition des données radiographiques est coûteuse (de l'ordre de 300 euros par cheval) et demandeuse en temps (vétérinaire). Cependant un nombre sûrement très important de chevaux ont aujourd'hui eu des radiographies des membres, car c'est une pratique très généralisée avant tout achat. De plus, les radiographies sont exigées dans la plupart des ventes aux enchères. Mais toutes ces données sont inexploitées du fait du secret vétérinaire. La mise en commun de ces informations permettrait pourtant une avancée certaine en matière de sélection. En effet, les données « publiques » actuelles comme les radios mises à disposition lors des ventes aux enchères ne sont sûrement pas la meilleure entrée dans la matière car elles sont issues d'une pré-sélection certaine.

2.6.2 Héritabilité

De nombreux auteurs ont mesuré l'héritabilité des anomalies observées sur les radiographies. Les estimations demeurent cependant très variables car les effectifs sont très souvent limités en raison du coût de l'opération, les données analysées sont le plus souvent binaires mais pas toujours traitées comme telles et de plus parfois sélectionnées (données issues des ventes aux

enchères). Selon le site articulaire concerné, il y a entre 5 et 18 estimations d'héritabilité sur l'ensemble des références (Dolvik et Klemetsdal, 1994; Dolvik et Gaustad, 1996; Willms *et al.* 1996 et 1999; Pieramati *et al.*, 2003; Arnason et Björnsdóttir, 2003; Björnsdóttir *et al.* 2000; Philipsson *et al.* 1993; Grondahl et Dolvik, 1993; Van Heelsum *et al.* 1996; Ruohoniemi *et al.* 2003; Schober et Bruns, 2003, Winter *et al.* 1994, 1996; Stock *et al.* 2004a, 2004b, 2005; Ricard *et al.* 2001, 2002a, 2002b; Perrocheau, 2005). La plage de variation de ces héritabilités, différence entre l'estimation la plus haute et la plus basse par site, varie de 0.13 à 0.65, avec une différence moyenne de 0.40. Cela illustre, s'il en était besoin, que la précision de ces estimations d'héritabilité est faible et donc que ces estimations varient statistiquement d'une étude à l'autre. Difficile cependant de donner des conseils de sélection avec de si grandes différences dans les estimations. Les estimations les plus hautes semblent venir préférentiellement des études à faible effectif. Il y a une grande variabilité pour l'ostéochondrose dans le jarret (tarse proximal) : 0 à 0.52, et les affections dégénératives articulaires du tarse distal (bone spavine) : 0 à 0.37. Pour 5 sites sur 8 on trouve au moins une estimation d'héritabilité nulle. Il y a une meilleure homogénéité liée à des valeurs plus basses pour la phalange distale : 0.08 à 0.18, la face plantaire du boulet : 0 à 0.16, l'articulation interphalangienne distale : 0 à 0.23. Pour l'ostéochondrose du boulet ou les anomalies de l'os sésamoïde distal, la situation est intermédiaire : intervalle 0 à 0.29 pour le boulet, avec peut être un barycentre autour de 0.20, intervalle de 0.07 à 0.50 pour l'os naviculaire avec un barycentre vers 0.25.

2.6.3 Relation anomalies ostéo-articulaires et performances.

La question première de l'incidence de ces anomalies radiographiques sur la locomotion du cheval d'une part et surtout sur ses performances sportives d'autre part demeure. S'il est raisonnable de vouloir produire des chevaux sains, encore faut il prouver qu'il existe une relation entre ce qu'on voit aux radiographies et une gêne entraînant une baisse de bien être et de performance pour le cheval. Or des travaux récents remettent en cause ce postulat.. Par exemple, une étude a été réalisée en France sur les chevaux de sport (Ricard *et al.*, 2001), avec 733 chevaux et une incidence de 10% dans un site donné. Il a été mis en évidence au seuil de 5% l'effet significatif d'une lésion sur l'os sésamoïde distal, la phalange distale et le pied postérieur et à 10% l'articulation interphalangienne distale du pied antérieur et

l'articulation fémoro-patellaire (grasset) sur la performance, soit seulement un effet de 5 articulation sur les 15 étudiées. Cependant, ces effets ne sont pas linéaires avec l'aggravation de la lésion et il est parfois significativement favorable d'être un peu atteint par rapport à être sain. Le seul effet totalement cohérent est celui de la variable globale, somme des lésions sur l'ensemble du corps, pour lesquels les 16% chevaux les plus atteints ont $\frac{1}{4}$ d'écart type de performance en moins.

En Allemagne, les travaux de Schober et Bruns (2003) n'ont montré aucune relation entre l'ostéochondrose du boulet ou du jarret, diagnostiquée chez des foals Hanovriens, et les performances en dressage ou en saut d'obstacle. Stock et Distl (2006) ont des corrélations phénotypiques proches de 0 entre résultats en saut d'obstacle et l'ostéochondrose du boulet, du jarret, l'arthropathie du jarret et les lésions du naviculaire (en moyenne -0.03, avec un maximum de -0.20 avec l'ostéochondrose du boulet, dans le sens plus d'ostéochondrose nuit à la performance). Les corrélations phénotypiques sont tout aussi proches de 0 en dressage : moyenne 0.03 avec un maximum de +0.25 entre dressage et ostéochondrose du jarret dans le sens de plus d'ostéochondrose améliore la performance. Pour préciser ces derniers résultats, il faudrait être en mesure de calculer ces corrélations sur des effectifs plus importants et surtout être en mesure de calculer des corrélations génétiques qui sont encore très mal estimées dans les études qui ont tenté de le faire.

Il n'en demeure pas moins qu'il y a de vrais problèmes de pathologies locomotrices chez les chevaux. Et qu'une étude génétique des facteurs aboutissant à ces déficiences est indispensable. La voie des radiographies n'est peut être pas la seule à explorer. Pour modéliser notre plan de sélection, nous nous situerons dans une situation proche de la réalité : les étalons ne sont radiographiés qu'après avoir été sélectionnés sur leurs propres performances, ce qui limite considérablement le nombre d'investigations nécessaires. Plusieurs cas de corrélation génétique avec la performance seront proposés (d'une corrélation positive à négative). L'utilisation générale de l'ensemble des radiographies effectuées en France sur une grande partie de la population ne sera pas envisagée.

2.7 Reproduction

2.7.1 Recueil des performances

La fertilité des mâles comme des femelles peut être étudiée directement à partir des fichiers de généalogies et de déclaration des saillies via le SIRE. De fait, il n'est pas certain que ces données soient exemptes de biais, notamment du fait de la mauvaise prise en compte d'effets d'environnement préférentiel ou d'enregistrement systématique des informations, comme montré par Langlois et Blouin (2004). En pratique, ces données n'ont pas été exploitées d'un point de vue génétique mais uniquement environnemental. L'attention s'est surtout portée sur les problèmes de congélation du sperme. En effet, l'insémination artificielle avec du sperme congelé offre la possibilité à un étalon de mener de front une carrière sportive et une carrière de reproduction mais également de se reproduire à travers toute la France et même l'Europe. Cela devient donc un critère important. Tout étalon proposé à la monte public doit fournir un spermogramme dans des conditions précisées par la commission du Stud-Book. Mais là encore, on ne connaît pas les normes minima exigées ni le taux de rejet officiel et cela ne concerne que le sperme frais pour lequel peu de vrais problèmes se posent. Pour utiliser ces données à des fins de sélection effective, et réaliser éventuellement une indexation, ces données devront être stockées et analysées comme c'est le cas pour les étalons des Haras nationaux.

2.7.2 Héritabilité

L'héritabilité des caractéristiques du sperme a été estimée en France (Ricard *et al.*, 2006) à partir d'une étude rétrospective portant sur les étalons nationaux et d'un centre privé, Equitechnic. L'héritabilité de la mobilité des spermatozoïdes après décongélation est moyenne : 0.27, supérieure à l'héritabilité des autres caractéristiques du sperme avant congélation (0.17 à 0.18 pour le volume, la concentration et le nombre de spermatozoïde). Les corrélations génétiques n'ont pas été estimées (faute d'effectif) mais les corrélations phénotypiques caractéristiques séminales avant congélation / mobilité après décongélation était nulles.

2.7.3 Relations avec les autres caractères

L'étude génétique de la relation qualité du sperme, fertilité des mâles et fertilité des femelles reste à faire. Aucun résultat n'est non plus disponible pour la relation génétique avec la performance sportive.

En conclusion, de la même façon que l'ostéochondrose, la qualité du sperme sera considérée comme un caractère mesuré sur les étalons après sélection sur performance propre donc sur un petit nombre de chevaux, avec des corrélations génétiques libres avec l'aptitude principale. La fertilité femelle ne sera pas considérée.

Tableau IV-8: Les évaluations génétiques publiées dans 7 pays d'Europe pour les chevaux de selle

Pays	Caractère Global	Observations utilisées	Population de référence	BLUP	Moyenne \pm écart type	Règle de publication des indices étalon	Référence
Belgique	CSO	Rang en compétition dans 2 niveaux d'épreuve	Tous les chevaux indicés	multicaractères	100 \pm 20	CD>0.75 et 5 prod avec perf	Janssens <i>et al.</i> , 1997, Janssens and Vandepitte 2001, www.bwp.be , www.sbsnet.be
	Conformation	M&A	Non définie	unicaractère	100 \pm 20	Étalons BWP	Geyden, D., Janssens, S., Vandepitte, W., 2000, www.bwp.be
Danemark	CSO	Test en station étalons et M&A	Tous les chevaux indicés	unicaractère	100 \pm 20	Non spécifiée	Jensen et al 1989 d'après Koenen et Aldridge, 2002
	Conformation	M&A	Tous les chevaux indicés	unicaractère	100 \pm 20	Non spécifiée	
France	CSO	Gain annuel et rang en compétition	SF et AA de 5 ans	multicaractères	0,2%>20	Aucune	Ricard, 1997, www.haras-nationaux.fr
	Dressage	Gain annuel et rang en compétition	SF, AA 4 à 7 ans + CD min	multicaractères	0,2%>20	Aucune	Ricard, 1997, www.haras-nationaux.fr
	CCE	Gain annuel et rang en compétition	SF, AA 4 à 7 ans + CD min	multicaractères	0,2%>20	Aucune	Ricard et Chanu 2001, www.haras-nationaux.fr
Irlande	CSO	Rang en compétition dans 3 niveaux d'épreuve	Tous les chevaux indicés	multicaractères	100 \pm 20	CD>0.30	Reilly et al 1998, Aldridge et al 2000, www.irishsporthorse.com
Allemagne	CSO	test en station, test en M&A et Compétitions adultes et JC	Étalons de 11 à 15 ans ayant un test en station ou 5 prod	multicaractères	100 \pm 20	CD>0.75 et 5 prod testés	Von Velsen-Zerweck 1998, Jaitner J., Reinhardt, F., 2003, www.vit.de
	Dressage	test en station, test en M&A et Compétitions adultes et JC	Étalons de 11 à 15 ans ayant un test en station ou 5 prod	multicaractères	100 \pm 20	CD>0.75 et 5 prod testés	Von Velsen-Zerweck 1998, Jaitner J., Reinhardt, F., 2003 www.vit.de
Suède	Conformation	M&A	Les chevaux de 9 à 10 ans (Han et Hols séparément)	Unicaractère	100 \pm 20	Étalons ayant 10 prod testés	Christmann1996 d'après Koenen et Aldridge, 2002
	CSO	M&A	Étalons nés entre 1972 et 1981 avec au moins 15 descendants testés	multicaractères	100 \pm 20	15 desc. /étalon Perf.propre ou 1 desc. /mère	Amason, <i>et al.</i> , 2000, Gerber Olsson, E., <i>et al.</i> , 1997, Gerber Olsson, E., 2000, www.warmblood.se
Suède	Dressage	M&A	Étalons nés entre 1972 et 1981 avec au moins 15 descendants testés	multicaractères	100 \pm 20	15 desc. /étalon Perf.propre ou 1 desc. /mère	Amason, <i>et al.</i> , 2000, Gerber Olsson, E., <i>et al.</i> , 1997, Gerber Olsson, E., 2000, www.warmblood.se
	Conformation	M&A	Étalons nés entre 1972 et 1981 avec au moins 15 descendants testés	multicaractères	100 \pm 20	15 desc /étalon, Perf.propre ou 1 desc /mère	Amason, <i>et al.</i> , 2000, Gerber Olsson, E., <i>et al.</i> , 1997, Gerber Olsson, E., 2000, www.warmblood.se
Pays bas	CSO	Plus haut niveau en compétition Test en station	Tous les chevaux indicés	multicaractères	100 \pm 20	CD>0.30	Huizinga and Van der Meij 1989, Huizinga <i>et al.</i> , 1991, www.kwpn.nl
	Dressage	Plus haut niveau en compétition Test en station	Tous les chevaux indicés	multicaractères	100 \pm 20	CD>0.30	Huizinga and Van der Meij 1989, Huizinga <i>et al.</i> , 1991, www.kwpn.nl
Conformation	M&A	Tous les chevaux indicés	multicaractères	100 \pm 4	CD>0.50	Koenen et al 1995, www.kwpn.nl	

3 Stratégies de sélection et méthodes d'évaluations dans les principaux stud-books européens

Même si les objectifs de sélection du cheval de CSO semblent similaires entre pays il existe deux grandes stratégies de sélection qui perdurent principalement en Europe :

- ❖ Une qui privilégie la sélection sur performance en compétition (France, Belgique, Irlande)
- ❖ Une qui se base sur des stations de testage où les étalons sont testés sur plusieurs caractères en rapport avec les disciplines sportives (Allemagne, Danemark, Pays Bas) avec une situation intermédiaire en Suède où les étalons passent un test spécifique mais court et sans vivre longtemps dans un milieu homogène.

Il existe différentes descriptions de ces schémas dans des études d'ingénieur (Lescoat, 1994 ; Combe, 1998 ; Manchard, 1999) mais surtout sur le site d'interstallion (www.interstallion.org) où les principaux stud-books décrivent leur procédure de sélection de façon standardisée. De même, la plupart des stud-book Européens possèdent leur propre site, souvent en anglais sur lequel il est possible d'obtenir des informations (tableau IV-8).

Ces deux options dans la sélection du cheval de sport trouvent leurs sources dans l'histoire. D'un côté la France, par exemple, dispose depuis longtemps d'un recueil de performances en compétition, centralisé, efficace et disponible pour les éleveurs. Les éleveurs étaient eux-mêmes peu structurés et pendant longtemps conseillés par la tutelle des Haras nationaux. La nécessité d'un testage en station n'a donc pas vu le jour. Au contraire, malgré une fédération commune entre élevage et sport, les Allemands ont depuis longtemps préféré garder leur indépendance d'éleveur et utiliser comme source d'information celle qu'ils relevaient eux-mêmes dans leur station de testage. Si aujourd'hui chacun campe officiellement sur ses positions, il faut noter que les critiques et assouplissements voient le jour d'un côté comme de l'autre : les Allemands ont mis au point des règles de dérogation du passage en station par l'obtention de performances en épreuves de compétition de jeunes chevaux, les Français quant à eux cherchent à mesurer certains caractères comme le comportement mais par des protocoles de mesures réservés à certains étalons (www.ansf.fr, passion Selle-Français, janvier 2006).

3.1 Les structures de testage

3.1.1 Les « field test » ou tests de terrain alias concours de modèle et allures en France

Ce sont des tests qui se pratiquent sur une journée. Un jury note les chevaux selon des critères bien précis qui sont recherchés par le stud-book pour la conformation, les allures, voir l'aptitude à une discipline (ex : saut en liberté dans les modèles et allures Français) ces tests ont lieu de l'âge foal à un âge avancé pour les poulinières. Cependant beaucoup de chevaux sont jugés à 3 ans (environ 30% des nés en France, au Pays-Bas, et en Suède par exemple). Ces concours ont l'avantage d'être courts ce qui permet de tester un grand nombre de chevaux par jour. Ils peuvent accueillir des étalons, des juments mais aussi des hongres.

3.1.2 Les tests en station

Les chevaux sont regroupés dans une station de testage pour homogénéiser les effets de milieu pendant un temps assez important (30 à 70 jours en général). Ils sont notés sur les mêmes caractères que lors des concours de modèle et allures et de façon plus approfondie sur leur aptitude à une discipline et leur « tempérament ». Ces tests ont lieu principalement à 3-4 ans. Une station de testage est une structure importante et les chevaux vont y rester plusieurs jours, donc peu de chevaux vont passer en station par an et ils ont été fortement présélectionnés avant leur entrée. Ces tests sont en général réservés aux étalons mais certains pays (par exemple les Pays Bas) accueillent aussi des juments.

3.1.3 Les compétitions officielles

Les chevaux participent à des concours de dressage, de CSO et de CCE dans lesquels ils sont classés. Quelque soit le pays, il existe différents niveaux de compétition pour chaque cheval et différents niveaux de cavaliers peuvent prendre le départ. Les chevaux peuvent débiter la compétition à 4 ans et poursuivre sans limite d'âge. La qualité d'un cheval est souvent déterminée par ses classements et le niveau de compétition auquel il participe. Tous les sexes participent aux compétitions.

3.2 Les évaluations génétiques

Tous les pays ne procèdent pas à des évaluations génétiques ; en Europe, 7 pays évaluent leurs chevaux de sport. Les évaluations vont se baser sur les données collectées dans les trois types de structures décrites ci-dessus : test de terrain, test de station, compétition. Elles concernent toutes des critères de conformation, d'allure et d'aptitude à la compétition (CSO, dressage,

CCE) ou d'aptitude à la selle en général. Il n'y a pas d'évaluations officielles publiées pour des caractères de reproduction, longévité ou résistance aux maladies.

Pour les tests en station, les mesures sont des notes attribuées soit lors d'un test final évalué par un jury extérieur à la station soit par un contrôle régulier pratiqué par des cavaliers. Les tests de terrain d'un jour sont également notés par un jury (la Belgique utilise les classements plutôt que les notes). Pour la performance en compétition les critères varient d'un pays à l'autre. La mesure peut être un critère épreuve par épreuve, annuel ou sur l'ensemble de la carrière. Epreuve par épreuve, le classement, transformé ou non, est principalement utilisé (France, Belgique, Irlande, Allemagne). Sur l'année, le gain transformé par un logarithme est utilisé en France (Chapitre 1). Sur la carrière, c'est le plus souvent un nombre de points cumulés (Suède) ou un niveau maximum atteint (Pays Bas) qui sont préférés, transformés en général pour répondre à des exigences de normalité.

Le BLUP avec un modèle animal est utilisé dans tous les cas.

Les indices publiés sont soit des indices intra structure de testage (avec en général plusieurs critères utilisés) soit des indices multi caractères qui combinent les différents résultats obtenus dans les différentes structures. Ainsi la Belgique publie un indice basé sur les résultats en compétition pour l'ensemble des étalons (SBS et BWP) et un indice de conformation à partir des performances des produits poulinières pour les étalons BWP sans les combiner. En revanche, l'Allemagne publie de façon nationale, pour l'ensemble des stud-books, deux indices qui combinent chacun tous les résultats en compétition, compétition de jeunes chevaux, tests de terrain des femelles et tests en station des étalons. Le premier indice est un indice « dressage » et le deuxième un indice « CSO ». Les pondérations utilisées pour ces indexations sont différentes : l'indice dressage compte pour : $\frac{1}{4}$ les résultats en compétition de dressage adulte, $\frac{1}{4}$ les résultats en compétition de dressage jeunes chevaux et, pour la moitié restante à égalité, les 3 allures et l'aptitude à la selle mesurée soit en station soit en test de terrain (soit une pondération de $\frac{1}{16}$ pour chaque caractère). Pour le CSO, les résultats en compétition interviennent aussi pour $\frac{1}{4}$ pour les compétitions adultes et $\frac{1}{4}$ pour les compétitions jeunes chevaux, et ensuite la note de saut en liberté en test de terrain compte pour $\frac{1}{4}$ et les deux notes : saut en liberté et monté mesurées en station pour $\frac{1}{8}$. Dans la même veine, les pays Bas publient eux aussi deux indices combinés des résultats en compétition et en station pour étalons et poulinières : un en dressage l'autre en CSO. Mais des indices non combinés sont aussi publiés : au Danemark sur les résultats en station ou test de terrain pour l'aptitude au saut, les allures et la conformation, en Suède des indices sont construits à partir

des résultats en test de terrain uniquement et sans inclure les résultats en station pour la conformation, l'aptitude au saut d'obstacle et le dressage.

3.3 Les schémas de sélection

3.3.1 Sélection des étalons

Dans l'ensemble des pays concernés, la sélection des étalons s'effectue en 2 temps. L'étalon est d'abord agréé pour se reproduire soit à partir de ses résultats des tests en station, des tests de terrain ou des résultats en compétition. Puis, dans certains pays, il existe un système de réforme à partir des performances des produits. Mais en général, l'étalon poursuit sa carrière de reproducteur tant que la demande en saillie existe, la réforme se faisant naturellement. Dans un même pays, les structures de sélection des étalons sont assez similaires même si chaque stud-book a ses particularités.

De la même manière qu'en France, l'Irlande, la Belgique et en partie la Grande Bretagne ont des schémas de sélection reposant principalement sur la performance en compétition. Des variations existent. La Belgique se rapproche le plus de la France car elle possède également un circuit de compétition spécifique pour les jeunes chevaux. En Irlande, un petit nombre d'étalons vont subir un test plus approfondi s'apparentant à une évaluation en station de 84 jours. En Grande Bretagne, un étalon peut soit passer un test de terrain et être approuvé de 3 à 6 ans, soit à partir de 7 ans présenter des résultats suffisants en compétition. Mais en général, dans ces pays, la sélection se fait à partir des résultats en compétition et une évaluation génétique est la plupart du temps disponible (France, Belgique, Irlande, et en projet Grande Bretagne). Cependant, il semble clair que la sélection se fait préférentiellement sur les performances propres et non sur cette évaluation génétique. Ainsi, le Cheval de sport Belge précise que la sélection se fait à partir des résultats propres de l'étalon en compétition de jeunes chevaux assortis d'un passage devant une commission qui évalue aussi la parenté, la conformation et l'aptitude. Cela montre bien que la notion d'évaluation génétique, qui englobe l'ensemble des informations, n'est pas bien établie. En Belgique comme en France, du fait du mélange commission d'approbation / performances, la première autorisation à la monte se fait souvent vers les 4/5 ans, une approbation plus précoce (3 ans) est souvent temporaire. Ce qui est certain, c'est que les performances internationales en compétition ont une telle aura que l'agrément des étalons ayant ces performances de part le monde est souvent un fait, même dans les pays qui utilisent des tests en station. Mais alors l'étalon est souvent plus âgé (à partir de 7 ans).

L'Allemagne, les Pays Bas et les pays du nord de l'Europe utilisent de préférence un testage en station. La justification de ce test est qu'il élimine en partie les effets de milieu d'élevage de chaque candidat et qu'il permet une étude approfondie des qualités de l'étalon. Cependant, plusieurs études ont montré que les tests en station pouvaient être souvent plus courts que ce qui était préconisé (Huizinga *et al.*, 1991), ce qui remet partiellement en cause la justification de la nécessité d'uniformiser les milieux. Actuellement, le test en station varie entre 8 jours en Suède et 11 mois en Allemagne pour étalons nationaux hanovrien. Cependant, la majorité des stud-books réalisent des tests de 30, 70 ou 100 jours. Ces tests s'effectuent sur des chevaux assez jeunes compte tenu de leur capacité physique, entre 3 et 4 ans pour la majorité des stud-book, avec une exception pour la Suède où les chevaux sont âgés de 4 à 5 ans. Le principal handicap de ces tests est de ne concerner qu'un très petit nombre d'étalons candidats compte tenu du coût de ces structures. En corollaire, cela veut dire qu'il y a toujours une très forte présélection avant l'entrée à ces tests, présélection qui s'effectue lors d'un test de terrain qui juge en général principalement de la conformation et des allures sachant que les performances de la famille dont est issu l'étalon sont aussi connues des juges. C'est donc entre 18 et 70 étalons qui sont testés chaque année selon les Stud-book, soit 1% à 4% des naissances mâles. A l'issue de ces tests, des indices génétiques sont le plus souvent disponibles mais c'est principalement sur des indices phénotypiques qui sont utilisés pour trier les étalons. L'exemple le plus surprenant est l'Allemagne car c'est ainsi que sont sélectionnés les étalons alors que des indices multi-caractères intégrant les performances en station, en test de terrain et en compétition existent.

Nous l'avons vu, en plus de ces tests en compétition et en station, les simple tests de terrain jouent encore un rôle important : soit de pré-sélection pour l'entrée en station, soit comme appui à la sélection sur performances en compétition : tous les pays aiment « voir » l'étalon avant son agrément.

Notons de plus que tous les pays exigent des contrôles vétérinaires, principalement pour les maladies contagieuses mais aussi pour vérifier la bonne santé générale du cheval (système cardiaque, respiratoire, reproducteur et locomoteur) et demandent des radiographies pour diagnostiquer des lésions ostéo-articulaires. Il est rarement possible de savoir quelle est la proportion de sélection sur ces critères mais cela induit nécessairement une pré-sélection forte de la part des éleveurs.

Le second point crucial d'une politique de sélection, après l'agrément, est le choix d'une stratégie de réforme. En fait, cette politique de réforme active n'est pas toujours écrite dans les textes, à l'instar de ce qui se passe en France et les étalons sont conservés tant qu'ils peuvent servir et que les clients existent. Il est donc difficile de juger a priori de l'importance des réformes au vue de la descendance même si celle-ci semble traditionnellement importante en Allemagne. Aux Pays Bas, une inspection est faite des produits foals puis à 3, 7 et 11 ans. Cette dernière inspection peut amener à la réforme de l'étalon mais vu l'âge de celui-ci à ce moment, on pourra dire que sa carrière de reproducteur est déjà derrière lui.

3.3.2 Sélection des poulinières

Certains stud-book utilisent une inspection obligatoire avant l'entrée des mères dans le Stud-book. Ce sont des tests de terrain réalisés la plupart du temps à 3 ans. Ils jugent principalement la conformation et les allures et parfois l'aptitude. C'est le cas du KWPN et de la plupart des stud-book Allemands. Un test d'aptitude est aussi exigé pour les mères d'étalons Hanovriens. Cependant, il est difficile de savoir quels taux de sélection sont effectués à l'issu de ces tests et quelle proportion de naissances est représentée. D'autant plus qu'un éleveur allemand a la possibilité de changer de stud-book de confirmation indépendamment de son stud-book de naissance. Difficile donc d'effectuer une comparaison objective avec le rôle des concours de modèles et allures en France qui sont aussi très utilisés (plus du tiers des naissances) sans que cela conduise à une action de sélection réglementaire. De la même manière qu'en France, certains pays comme la Belgique utilisent des labels pour recommander certaines poulinières d'après leur qualification. Les Pays Bas ont même une station de testage pour juments (EPTM) où 200 juments de 3 à 4 ans sont mesurées chaque année. Ces jument ne pouvant suffire à reconstituer l'ensemble de la population, on imagine que cela vise le renouvellement d'un noyau d'élite.

Chapitre 5

La modélisation de schémas de sélection pour le Selle-Français

Notre objectif est de réaliser un modèle déterministe du schéma de sélection pour le cheval de saut d'obstacle, en France. Cet outil doit permettre de déterminer le plan de sélection optimal à mettre en place dans notre situation particulière compte tenu de l'analyse de l'efficacité de la sélection passée proposée dans le chapitre 2. Il convient donc de décrire l'ensemble des règles de mesure des performances, d'évaluation, de sélection et d'accouplement des reproducteurs pour générer la population. Le but est d'améliorer un ensemble de caractères héréditaires et économiquement intéressants qui constituent l'objectif de sélection. La réflexion sur l'objectif de sélection a été traitée dans le chapitre précédent.

La modélisation déterministe a fait l'objet de nombreuses publications et des synthèses bibliographiques sont disponibles, notamment celle réalisée par F. Phocas lors de sa thèse (Phocas, 1995). Notre propos n'est donc pas de reprendre l'ensemble des développements qui s'appliquent de façon similaire à l'étude réalisée ici mais uniquement de mettre en lumière les points majeurs de notre réflexion.

1 Modélisation d'un plan de sélection : place dans la théorie classique

Notre travail s'inscrit dans la modélisation classique des plans de sélection. Il s'agit de définir un objectif, de déterminer les classes d'animaux soumis à sélection, de modéliser une sélection par troncature sur les valeurs génétiques estimées et de mettre ces animaux à la reproduction pour générer la génération suivante. L'efficacité de la sélection est calculée par la formule classique de Rendel et Robertson (1950) sur les voies utilisées en tenant compte des différentes classes de reproducteurs.

La structure de la population modélisée est décrite par un certain nombre de classes d'animaux soumis au même mode de mesure de performances, de sélection et de mise à la reproduction (Elsen, 1992). Ces classes sont caractérisées par des variables d'état sur le plan génétique : espérance et variance des valeurs génétiques. Dans notre contexte, ce concept de classe revêt une réalité un peu différente. En fait, plusieurs classes d'animaux différentes sur le plan des mesures de performances ou d'espérance de progrès génétique compte tenu de l'âge de leur père sont soumises aux mêmes règles de sélection. En effet, la sélection n'est pas réellement dynamique dans notre contexte : les étalons comme les poulinières ne sont pas

réformés chaque année par comparaison de leur valeur génétique à l'ensemble de la population mais sont plutôt comparés une fois pour toutes, à un âge donné, pour obtenir l'autorisation de se reproduire (l'agrément). Cette autorisation est conservée à vie ou du moins jusqu'à une autre étape de sélection plus ou moins officielle par exemple après les premières générations de production pour les étalons. Les classes d'animaux sont donc définies par :

- ❖ le sexe
- ❖ l'âge de leur père qui détermine le nombre de collatéraux connus et donc la précision de la valeur génétique et l'espérance de la valeur génétique par l'écart entre génération dû au progrès génétique
- ❖ leur profil de performances car tous les tests ne sont pas obligatoires pour être agréé.

Les étapes de sélection sont réalisées par une sélection sur un indice génétique qui mime l'évaluation en modèle animal réalisée aujourd'hui. Les principales informations sont apportées par les performances des parents, des collatéraux, les performances propres et celles des descendants. Le nombre d'apparentés pour chaque cheval est calculé automatiquement compte tenu du rythme de reproduction et des capacités de testage. La sélection est effectuée par une troncature unique entre les classes de même âge et sexe. Les accouplements sont supposés aléatoires. La réalité diffère car on observe une homogamie, dans notre cas une corrélation entre les valeurs génétiques des couples pour l'aptitude au saut d'obstacle. Mais cette homogamie n'est pas réalisée à partir de classes de reproducteurs bien identifiées. C'est pourquoi, nous avons préféré la négliger dans un premier temps.

L'efficacité du plan de sélection est calculée dans le cadre d'un modèle déterministe asymptotique. L'espérance de la valeur génétique est calculée en tenant compte de la réduction de variance due aux tris successifs lors des différentes étapes de sélection. Celle due aux apparentements entre candidats est négligée. La réduction de la variabilité génétique due à l'augmentation de la consanguinité a aussi été ignorée dans cette première approche compte tenu du faible risque encouru pour l'instant (voir chapitre 3).

L'optimisation faisant intervenir finalement peu de variables de décisions (les seuils de troncature, au nombre de 4 au maximum dont 2 variables), nous avons utilisé des procédures classiques de maximisation en faisant appel à la bibliothèque NAG, routine E04UCF qui utilise une méthode de programmation séquentielle quadratique.

Les modèles proposés ici demeurent très classiques. Toutefois, il n'existe pas de logiciel adéquat, prêt à réaliser l'optimisation en se basant sur notre structure de population avec en entrée non pas la description des effectifs par classe de reproducteurs avec un nombre fixe d'informations attachées à ces reproducteurs mais bien la structure de testage sur l'ensemble de la population avec ses effectifs qui induit ensuite les classes, leurs effectifs et les informations disponibles. Il était donc nécessaire de réaliser un programme adapté à notre modélisation originale.

2 La modélisation dans les plans de sélection « chevaux »

Six principaux articles ont modélisé des plans de sélection pour le cheval de sport :

- ❖ Ström et Philipsson (1978),
- ❖ Hugason *et al.* (1987),
- ❖ Philipsson *et al.* (1990),
- ❖ Huizinga (1990),
- ❖ Bruns et Schade (1998),
- ❖ Koenen *et al.*(2000).

Nous allons détailler les principales questions soulevées dans ces articles, les réponses apportées et en déduire ce qui fera l'objet de notre propre modélisation.

2.1 Une sélection sur performances propres ou sur descendance ?

Le point le plus discuté dans ces articles est l'intérêt respectif de la sélection sur performances propres et sur descendance (Ström et Philipsson, 1978; Hugason *et al.*, 1987; Huizinga, 1990; Bruns et Schade, 1998). Les conclusions sont contradictoires :

- ❖ Si Ström et Philipsson (1978) concluent en faveur de la sélection sur descendance associée à une sélection sur performances propres, ce n'est pas parce qu'ils ont effectivement trouvé un progrès génétique supérieur avec la sélection sur descendance mais parce qu'ils supposent un intérêt privilégié des éleveurs pour la précision des évaluations des étalons plutôt que pour le progrès de l'ensemble de la population. En fait, leurs résultats montrent que l'ajout d'une étape de sélection sur descendance n'est jamais intéressante quand l'objectif combine les critères spécifiques des tests de jugement d'étalon et de compétition mesurée sur la descendance et que l'héritabilité des tests en station est élevée (0.5) ou que la corrélation génétique test d'étalon/compétition l'est (>0.4).
- ❖ Hugason *et al.* (1987) démontrent aussi la part marginale de la sélection sur descendance dans un plan séquentiel : pedigree, performances propres, descendance. Avec une héritabilité moyenne (0.25), seules 17% à 21% des juments doivent être accouplées aux étalons issus de la dernière étape de sélection, cette dernière étape ne permettant d'augmenter le progrès génétique que de 5% à 9%.
- ❖ Huizinga (1990) conclue dans le même sens (les jeunes étalons doivent saillir une grande proportion de juments, soit 78%). Mais en fait, il raisonne à taux de sélection constant sur chaque étape en faisant varier le nombre de produits par étalon pour limiter la part de la descendance : le nombre de saillies fournies par les jeunes étalons limitent le nombre de saillies des étalons âgés. Mais il faudrait raisonner en considérant que le nombre de produits par étalon est constant (éventuellement différent entre les 2 étapes) et faire varier les taux de sélection respectifs à la première et deuxième étape, sous la contrainte du maintien de la population (donc d'un nombre total d'étalon en activité constant) pour trouver l'optimum entre les 2 étapes. Si on utilise les tableaux de Huizinga (1990) dans ce sens (nombre de produits par étalon stable, taux variable à la première étape de sélection), les conclusions sont différentes : les jeunes étalons ne doivent plus saillir 78% des juments mais seulement

65 à 48%, ce qui équilibre les contributions des jeunes étalons et des étalons reconnus sur descendance.

- ❖ En revanche, Bruns et Schade (1998) concluent en faveur de la sélection sur descendance. Selon le test utilisé pour cette sélection, ils trouvent 87% à 180% de gain de progrès génétique sur le saut d'obstacle par rapport à une simple sélection en station. Il n'est pas très facile de juger de la source des différences de résultats car les auteurs ne donnent pas toujours le détail de l'intervalle de génération, de l'intensité de sélection et de la précision retenus pour le calcul du progrès génétique. Il semblerait que leurs résultats en faveur de la sélection sur descendance dépendent principalement de l'intervalle de génération peu allongé car les étalons en attente du testage sont retirés de la reproduction pendant 5 ans et ils ne sont utilisés au total que 6 ans. Ceci conduit à une carrière reproductrice courte. Ainsi l'intervalle de génération n'augmente que de 1.5 ans entre les 2 lots d'étalons contre 5 ans chez Ström et Philipsson (1978).

Ces résultats différents demeurent étonnants car les contraintes biologiques et les contraintes de structure de l'élevage du cheval de sport semblent similaires entre ces pays, qui tous (sauf Hugason *et al.*, 1987), raisonnent à partir des structures de type «test en station» pour sélectionner les étalons lors de la première étape sur performances propres. Plusieurs points sont à revoir pour juger correctement de la balance performances propres/descendance.

- ❖ Il faut optimiser les taux de sélection respectifs à la première et à la deuxième étape de sélection par maximisation du progrès génétique et non pas les fixer à priori. Seuls Hugason *et al.* (1997) optimisent le progrès génétique en fonction des taux. Tous les autres auteurs les fixent. En fixant les taux, on se place à priori dans une situation qui peut être avantageuse à l'une ou l'autre étape de sélection. N'oublions pas que chez les chevaux, le poids du testage sur descendance dans la production des nouvelles générations ne peut être négligé. En effet, la capacité de reproduction des mâles ne peut être pas multipliée de façon considérable, permettant à des étalons bien connus, approuvés sur descendance, d'engendrer un nombre important de produits par rapport aux nombre de produits engendrés lors de l'attente du testage de descendance. Même si l'on augmente le nombre de produits par étalon et par an entre les deux étapes, l'ensemble de la production doit toujours être pris en compte dans le calcul du progrès génétique. C'est cette proportion qui demeure cruciale dans l'efficacité de la

comparaison performances propres/descendance et qui limite les possibilités de sélection de chaque étape.

- ❖ Dans la réalité, un étalon est approuvé jusqu'à l'étape de sélection suivante. Suspendre son utilisation est irréalisable dans le contexte actuel de l'économie libérale.
- ❖ Limiter dans le temps la durée d'utilisation d'un étalon avant sa mort naturelle revient à instaurer une étape de sélection supplémentaire, extrême dans ce cas car aucun étalon n'est retenu pour continuer à se reproduire. Cette étape est souvent implicite mais non explicite (Ström et Philipsson, 1978, Hugason *et al.*, 1987, Bruns et Schade, 1998). Elle peut donner une supériorité à la sélection sur performances propres en diminuant l'intervalle de génération mais il faut préciser clairement que les étalons sont réformés volontairement et rapidement. Dans ce cas, pourquoi ne pas garder les meilleurs aux vues de leur descendance et estimer le meilleur taux par maximisation ? Ce taux peut aussi être nul si réellement la sélection sur descendance n'est pas souhaitable.

Nous tacherons d'implémenter ces améliorations dans notre programme de modélisation.

2.2 Une sélection sur les résultats en station de performances ou en compétition ?

L'objectif principal de Philipsson *et al.* (1990) est de comparer l'efficacité d'une sélection à partir de tests spécifiques sur les étalons à celle qui utilise les résultats en compétition. Mais implicitement, Ström et Philipsson (1978), Bruns et Schade (1998), Huizinga (1990) le font aussi. Tous concluent en faveur de la sélection en station, ou, pour Bruns et Schade (1998), en faveur d'une sélection en station des étalons puis à partir des tests de terrain des mères en tant que produits.

En fait, ils font tous des erreurs fondamentales dans cette confrontation.

- ❖ La première erreur est de considérer que la performance en compétition ne peut se mesurer que très tardivement. Philipsson *et al.* (1990) attendent l'âge de 8-9 ans en saut d'obstacle et 10-11 ans en dressage pour tester les étalons sur performances propres. En fait, il a été montré que la corrélation génétique entre performances

annuelles est proche de 1 aux différents âges à partir de l'âge de 5 ans (Tavernier, 1992, Van Veldhuizen, 1997). La performance en compétition à 5 ans est donc un indicateur suffisant et les 3 à 6 ans d'attente supplémentaire changent bien évidemment tout aux conclusions.

- ❖ La deuxième erreur est de sous-estimer la précision de la mesure de la performance en compétition. Certes, l'héritabilité de la performance mesurée dans une épreuve de compétition est faible (le plus souvent de l'ordre de 0.10, ce qui est utilisé par exemple par Bruns et Schade, 1998). Mais un cheval sort dans l'année dans de nombreuses compétitions (14 en moyenne en France pour le CSO). Avec une répétabilité de 0.20, la précision de la valeur génétique en compétition d'un cheval ayant fait une année de compétition standard est de 0.62, soit celle d'un caractère ayant une héritabilité de 0.39. Ce qui remet en cause les résultats de Bruns et Schade (1998) basés sur une héritabilité de 0.10.
- ❖ La troisième erreur, enfin et surtout, est de ne considérer la compétition que comme un testage sur descendance, ce qu'ils font tous à l'exception de Philipsson *et al.* (1990). Avec la généralisation de l'insémination artificielle, rien n'empêche un étalon de poursuivre conjointement une carrière de reproducteur et une carrière sportive. La compétition doit être considérée comme un test de performances propres, et de fait, égale au principal objectif de sélection.

Compte tenu de tous ces problèmes, nous proposons dans notre modélisation une véritable confrontation entre les deux systèmes de sélection.

2.3 Rôle de la capacité de mesure de performances

Le troisième point le plus souvent abordé dans la littérature est l'influence de la capacité de testage, soit, en règle général, la capacité de la station de mesure des étalons ou des tests spécifiques de ces étalons. Bien sur, plus on augmente la capacité et plus le progrès génétique augmente puisqu'il est alors possible de diminuer le taux de sélection et d'augmenter l'intensité de sélection. En doublant la capacité, Philipsson *et al.* (1990) augmentent en moyenne le progrès en dressage de 9% et en saut d'obstacle de 23% selon les objectifs de sélection (pour une discipline unique ou multidisciplinaire).

Dans la même situation, Bruns et Schade (1998) augmentent le progrès de 35% en dressage et 44% en concours de saut d'obstacle (objectif mixte) et Huizinga (1990) l'augmente de 29% sur l'objectif (objectif mixte). Hugason *et al.* (1987), en augmentant le taux d'étalons sélectionnés sur pedigree, augmentent le nombre d'étalons qui passent le test de performances. Quand cette augmentation est de 62%, le progrès génétique augmente de 7%.

Il est important de savoir de combien on peut espérer améliorer le progrès génétique quand on accroît les capacités de testage puisque cela correspond à un coût précis. Cependant cela n'est presque jamais pris en considération dans le testage sur descendance où le nombre de produits testés est supposé fixe. Par exemple, on a 20 produits chez Ström et Philipsson (1978), 10 chez Bruns et Schade (1998) et 30 chez Hugason *et al.* (1987) et cela même quand ces auteurs font varier le nombre d'étalons sélectionnés testés sur descendance et donc le nombre total de produits nécessaires). Dans ce cas, la capacité de testage, en compétition principalement mais aussi en test de terrain, n'est pas considérée comme un facteur limitant. Seul Huizinga (1990) prend en compte cette capacité de testage et fait varier le nombre de produits en compétition en fonction du nombre de pères sélectionnés. C'est effectivement une contrainte importante pour un plan de sélection.

Dans la mesure où nous désirons coller à la réalité en utilisant des valeurs génétiques qui combinent l'information apportée par les performances propres et les descendants mais aussi les collatéraux, il sera crucial d'introduire le nombre de chevaux titulaires de mesures comme une contrainte du plan de sélection. On peut envisager d'augmenter cette capacité pour certains tests dont seul le coût est limitant; c'est plus difficile à envisager quand il s'agit de compétitions dont le développement est nettement plus complexe et ne relève pas uniquement de la politique de sélection.

2.4 Rôle des différentes voies du progrès génétique.

Bien que les 4 voies du progrès génétique soient très classiquement utilisées dans la modélisation des schémas de sélection dans toutes les espèces, il n'y a pas de référence qui utilise toutes ces voies dans la sélection du cheval. Ström et Philipsson (1978) sont ceux qui vont le plus loin dans le détail en mettant en évidence des différences de taux de sélection et de précision dans les voies père/fils, père/fille et mère/fils en excluant toute sélection sur la voie mère/fille. Huizinga (1990) introduit une voie père/fils en plus de la sélection pères/produits et Philipsson *et al.* (1990) et Bruns et Schade (1998) introduisent une voie mère/fils. Quand le détail des résultats est donné, l'adjonction d'une sélection plus sévère sur la voie père/fils par rapport à la voie père/produit entraîne bien sur une augmentation du progrès génétique : +10% en passant de 1/4 à 1/8 chez Huizinga (1990). La voie mère/fils augmente de 10% à 20% pour le progrès génétique chez Bruns et Schade (1998) et de 30% chez Philipsson *et al.* (1990). La sélection des femelles se fait à partir de test de terrain ou même en station chez Philipsson *et al.* (1990) avec une meilleure héritabilité (0.3 versus 0.20) mais une plus faible capacité (150 places versus 400 pour 1500 naissances).

Malgré une structure de reproduction bien évidemment en défaveur des femelles, qui font peu de produits par an (fertilité en France 63%) et pour qui il est difficile de mener conjointement les carrières reproductrice et sportive (le transfert d'embryon demeure peu productif et cher), il est étonnant que tous les auteurs aient négligé la voie mère/produit. En effet, en France, une grande proportion de femelles participent aux compétitions (45% des naissances) et nous avons montré (Dubois et Ricard, 2007) qu'actuellement la voie mère/produit représentait déjà 16% du progrès génétique réalisé. Introduire la voie mère/produit est donc essentiel dans la modélisation d'un plan de sélection cheval en la concevant comme une sélection après performances propres soit en test de terrain soit en compétition.

Distinguer les 4 voies semble en premier lieu important puisqu'il est clair que la sélection se fait de façon différentielle sur ces 4 voies (Dubois et Ricard, 2007). Cependant modéliser ces 4 voies ne suggère pas seulement un choix différent des pères de pères par rapport aux pères de mères mais plutôt une stratégie de sélection particulière. En clair, cela veut dire refuser à certains produits mâles issus de certains pères la possibilité d'être mis à la reproduction. En

pratique, c'est tout à fait illusoire. Un mâle ayant fait ses preuves en compétition et ayant obtenu une évaluation génétique suffisante, en valeur et en précision, ne pourra pas être refusé en commission d'agrément sous prétexte que son père lui-même n'obtient pas un seuil suffisant d'indice ou de coefficient de détermination. De plus, l'accès à la compétition demeure libre pour tout cheval inscrit au Stud Book, il n'est pas possible non plus de réserver ce testage sur performances propres à une élite de façon coercitive. C'est pourquoi modéliser clairement 4 voies de progrès génétique avec pour chacune un processus de sélection différent est peu vraisemblable actuellement. En revanche, il est tout à fait possible de moduler la probabilité de sélection d'un mâle en fonction des informations relatives à son père. Par exemple, il est possible de tenir compte du nombre de produits du père du candidat ayant des performances connues au moment de la sélection, donc de la précision de l'indice sur collatéraux de son fils. Ou bien il est possible de tenir compte de l'âge du père du candidat et donc de l'espérance de valeur génétique de son fils, compte tenu du progrès génétique en cours. Tous les pères à un instant donné n'ont alors pas la même probabilité de donner naissance à un futur étalon, même si tous, dans l'ensemble de leur vie reproductrice, ont la même chance. C'est en ce sens qu'on tiendra compte des différences de sélection des fils et des filles entre pères en activité en même temps. De même, on introduira des taux de sélection par rapport aux naissances pour accéder aux tests de performances, car cela reflète la réalité : l'échantillon des chevaux en compétition ou vus en test de modèles et allures ne sont pas un échantillon aléatoire des naissances. Il y a une sélection qui s'effectue avant ces tests par les éleveurs eux-mêmes mais sans que les règles soient strictes (le taux de sélection appliqué ne correspond pas à la proportion capacité de testage/naissance) ni écrites.

2.5 Caractères mesurés et objectif de sélection

Deux principaux groupes de caractères sont intégrés dans les différentes modélisations de la littérature. Le premier groupe est l'aptitude à la compétition mesurée en compétition. Le deuxième est un ensemble de qualités recherchées chez le cheval de selle, mesurées en station ou en test de terrain. Ce deuxième groupe de caractères peut être lié de façon indirecte à l'aptitude à la compétition. Les critères indirects de l'aptitude peuvent aussi être intégrés dans l'objectif de sélection comme caractères spécifiques. Comme caractères, on peut retrouver la conformation ou d'autres qualités recherchées chez le cheval de selle sans que cela ait

directement de lien avec l'aptitude. Les paramètres génétiques diffèrent d'une modélisation à l'autre mais nous nous situons dans une fourchette de corrélations génétiques favorables entre les groupes de critères (corrélation direct/indirect entre 0.40 et 0.86 sur l'ensemble des références). Ainsi, selon l'objectif, la sélection va entraîner une sélection indirecte sur l'ensemble des caractères de façon plus ou moins marquée mais il n'y aura pas d'opposition entre ces caractères. C'est pourquoi les résultats de progrès génétique sont pondérés par ces corrélations mais l'ensemble de la stratégie n'est pas vraiment altéré par ces paramètres. Il est certain que l'efficacité de la sélection indirecte va être renforcée par une corrélation génétique plus élevée (Bruns et Schade, 1998 ; Huizinga, 1990), et que l'introduction de caractères spécifiquement mesurés en station dans l'objectif va plaider en faveur de ces stations (Philipsson *et al.* 1990 ; Ström *et al.*, 1978). Mais le raisonnement inverse, non proposé par les auteurs, serait de sélectionner en utilisant les données de compétitions et espérer des gains indirects sur la conformation.

Les caractères sont mesurés de façon distincte pour deux disciplines : le dressage et le saut d'obstacle. L'objectif de sélection intègre l'aptitude à l'une ou l'autre discipline ou les deux. La recherche d'un objectif mixte quand aux disciplines doit entraîner une baisse de progrès dans chacune des disciplines par rapport à un objectif unique mais cela n'est en général pas discuté par les auteurs quand la corrélation génétique entre discipline est faible voir nulle (Bruns et Schade, 1998 ; Huizinga, 1990). Seuls Philipsson *et al.* (1990) comparent les résultats obtenus avec un objectif uni-disciplinaire ou mixte mais ils se situent dans un contexte où la corrélation génétique est assez favorable (0.3 en compétition, 0.4 en station). La perte de progrès par la recherche d'un objectif mixte n'est alors que de 5% à 9% par rapport à un objectif unique dressage ou saut d'obstacle.

Seuls Koenen *et al.* (2000) introduisent un caractère radicalement différent en intégrant à l'objectif de sélection la lutte contre l'ostéochondrose. En fait, son modèle cherche surtout à mesurer l'efficacité d'une sélection à partir des observations propres ou de celles des descendants par la suppression des animaux visiblement atteints soit précocement quand ils sont très atteints (visible par l'éleveur), soit plus tard par la radiographie quand ils sont moins atteints (seuil de détection plus fin). Mais les auteurs n'utilisent pas d'objectif de sélection pondéré ni de valeurs génétiques qui englobent ce caractère et l'objectif principal d'aptitude à la compétition. Le progrès espéré permet de passer de 25% de chevaux atteints à 13% à 22%

de chevaux atteints en 50 ans selon les stratégies de sélection. Ce progrès est obtenu sans détérioration, en première génération du moins, sur l'objectif principal (-2%). Mais tous ces résultats sont obtenus en supposant une corrélation génétique nulle entre susceptibilité à l'ostéochondrose et aptitude sportive.

Nous retiendrons donc que les différences de stratégies de sélection se logent surtout dans les relations entre caractères non corrélés ou corrélés négativement, ce que nous tâcherons de modéliser.

3 Notre projet de modélisation

Compte tenu de ce qui précède, des critiques faites sur les comparaisons abordées dans les plans de sélection déjà modélisés, nous proposons :

Tout d'abord, de répondre aux questions fondamentales des stratégies de sélection et nous réalisons :

- ❖ une vraie comparaison de la sélection en station par rapport à la sélection en compétition en utilisant la compétition comme test de performances propres
- ❖ une vraie comparaison des parts relative de la performance et la descendance par une optimisation du progrès génétique en fonction de seuils variables dans les différentes étapes de sélection
- ❖ une prise en compte par calcul du nombre d'informations disponibles au moment de la sélection des candidats en fonction de la capacité de testage totale (nombre de chevaux mesurés dans les différents tests), du rythme de reproduction (nombre de produits par étalon et poulinières) et de l'âge du père du candidat (détermine le nombre de germains vivants)
- ❖ une introduction de la sélection sur la voie mère/produit.

Ensuite, ces différentes stratégies seront comparées avec le souci de rester le plus près possible de la réalité. Nous incluons donc les améliorations suivantes :

- ❖ Les générations chevauchantes sont introduites.
- ❖ Les étalons comme les juments peuvent suivre des parcours différents avant d'être confrontés pour être sélectionnés. En effet, les candidats à la sélection ne suivent pas toujours le même parcours, contrairement à ce qui se passe dans la majorité des plans de sélection très structurés. La sélection s'effectue donc sur des candidats dont l'espérance de valeur génétique comme la précision de leur estimation est variable, notamment chez les femelles qui ne passent pas toutes de tests de performances pour se reproduire. En revanche, une fois passé l'étape de sélection, le reproducteur est maintenu en activité jusqu'à l'étape suivante. Il n'existe pas, contrairement à ce qui est fréquent dans d'autres espèces, de tri des meilleurs à chaque phase de reproduction.
- ❖ Les indices de sélection sont calculés en incluant les collatéraux, ce qui est primordial, compte tenu des paramètres génétiques, dans le cas d'une sélection principalement axée sur la performance propre ou le pedigree, l'ordre de grandeur de ces informations étant similaire.

Tout cela est effectué dans un contexte de sélection pour un objectif multi-caractère, ce qui signifie que:

- ❖ Les caractères introduits correspondent à des cas qui peuvent limiter les améliorations. L'objectif principal est la réussite en compétition. Les caractères indirects très corrélés génétiquement à l'aptitude en compétition ne sont introduits qu'avec la modélisation d'une station. Le progrès indirect espéré sur ces caractères, dans le cas d'une simple sélection en compétition, est facile à obtenir. On inclut également dans l'objectif un caractère recherché, secondaire, mais non corrélé avec l'objectif principal, pour illustrer l'envie des éleveurs d'avoir un cheval d'un beau modèle ou se déplaçant bien. Enfin, on introduit un caractère difficile à mesurer, comme l'ostéochondrose ou la qualité du sperme, qui peut être corrélé négativement avec l'objectif principal.

- ❖ Les différentes pondérations de l'objectif de sélection en fonction de ces trois caractères sont explorées.

D'un point de vue pratique, cela se traduit par un programme de calcul qui ne nécessite en entrée que les variables suivantes :

- ❖ les différentes étapes de mesure de performances et de sélection. A chaque étape de mesure de la performance, il est nécessaire de donner l'âge et le nombre de chevaux mesurés dans chaque sexe. Pour les étapes de sélection, il faut donner les pondérations de l'indice de sélection utilisé, le sexe visé et le nombre de produits autorisés une fois la sélection effectuée quand il s'agit d'une étape conduisant à la mise à la reproduction
- ❖ les profils de sélection possibles : les performances exigées pour être mis à la reproduction et les tris subis. Plusieurs profils sont envisageables pour chaque sexe
- ❖ les paramètres génétiques des caractères mesurés ou inclus dans l'objectif de sélection
- ❖ l'objectif de sélection comme combinaison linéaire de certains caractères.
- ❖ les paramètres de la courbe de survie.

L'article suivant explique comment est calculé le progrès génétique de façon déterministe et compare différentes stratégies de sélection.

Article 3 :

Optimization of breeding schemes for sport horses

Optimisation de schémas de sélection pour le cheval de sport

Sous presse dans Livestock Sciences



Optimization of breeding schemes for sport horses

C. Dubois, E. Manfredi, A. Ricard*

Station d'Amélioration Génétique des Animaux, Institut national de la recherche agronomique, 31326 Castanet-Tolosan, France

Received 6 July 2007; received in revised form 9 January 2008; accepted 9 January 2008

Abstract

A selection scheme for jumping sport horses is modelled with four stages of selection for males and one stage for females. The selection objective included three traits: conformation and gaits (CG, weighted 20%), competition jumping (CJ, weighted 60%) and a third trait (TT, weighted 20%) such as sperm quality or orthopaedic status. The first selection stage is based on knowledge of the pedigree with the aim of selecting horses suitable for CG test (at 3 years old) and CJ test (at 5 years old). The second stage includes the horse's own performance with respect to CG and CJ with the aim of selecting horses suitable for the TT test. The third stage is the selection of a limited number of males who are allowed to reproduce. The fourth stage (at 12 years old) takes into account the results of the horse's progeny. Females are selected in one step, whatever the number of performances measured at 5 years old. The annual genetic response was 9.4% genetic standard deviation of the objective, 2.6% for CG, 9.0% for CJ and 1.5% for TT. Results showed that selection by progeny testing did not contribute much to genetic response (12% of progeny issued from proven sires), the female pathway represented 26% of genetic response, TT was difficult to improve when the genetic correlation was unfavourable (-0.6% genetic standard deviation for -0.20 genetic correlation), and should consequently be directed towards the use of molecular markers. When compared with a selection scheme involving a station test, genetic response was the same if the breeding values used for selection before entering the station test took into account the results of the relatives for CJ and CG. This revealed the importance of an extensive performance test (like for competition performance) when designing breeding schemes for sport horses.

© 2008 Elsevier B.V. All rights reserved.

Keywords: Breeding scheme; Horse; Jumping; Optimization; Genetic trend, Multistage selection

1. Introduction

Interest in horse sports and in horse breeding is on the increase. A relatively recent paper (Koenen et al., 2004) focused on breeding goals for sport horses, and this was followed by a review of the testing procedures used in different breeding schemes (Thorén Hellsten et al., 2006). Such breeding schemes share the same objectives but the procedure varies in different European countries.

In France, for the last 20 years, selection has mainly focused on jumping horses, and is based on success in competition tests (Dubois and Ricard, 2007). The current objective of French breeders is to produce international jumping horses with increasing attention paid to functional traits such as conformation, gaits, riding temperament, locomotion problems and reproductive ability including aptitude for artificial insemination in males. New proposals have been made for the improvement of existing breeding schemes such as in-station selection tests for stallions. In some European countries, stallions are selected in special test stations after the measurement of performance (Brunns and Schade, 1998,

* Corresponding author. Tel.: +33 5 61 28 51 83; fax: +33 5 61 28 53 53.

E-mail address: anne.ricard@toulouse.inra.fr (A. Ricard).

Huizinga, 1990). These test stations enable the comparison of different stallions in the same environment but only a small number of candidates can be tested due to the cost of such structures. In Sweden special performance tests are used for the selection of stallions, with a week-long test that is repeated after an interval of 6-months, however, the Swedish test does not take place in a testing station. It shares the same characteristics with respect to genetic improvement, i.e. better heritability, but is limited to a small number of stallions (Gerber Olsson et al., 2000). The relevance of such breeding schemes has already been discussed in their own context: Ström and Philipsson (1978), Huizinga (1990), Philipsson et al. (1990), Koerhuis and van der Werf (1994), Bruns and Schade (1998), Gerber Olsson et al. (2000), Olsson (2006), Thorén Hellsten et al. (2006).

This study had three main objectives: 1. to model the standard breeding scheme currently used in France with new traits added to the breeding objectives, 2. to measure its characteristics and its efficiency, and 3. to compare it to an in-station test scheme.

2. Material and methods

2.1. Breeding schemes

2.1.1. Selection objective

The selection objective was a linear function of three traits. Competition jumping (CJ) was the main objective. The main secondary trait was conformation and gaits (CG). Other traits could be temperament, sperm quality or orthopaedic diseases. These traits are difficult and expensive to measure and require specific tests for temperament, sperm analysis for sperm quality, and X-Rays for developmental and orthopaedic diseases. We added a third trait (TT) to the selection objective, which could be one of the above traits, characterised by a small number of horses to be measured, and only on the male pathway. The standard selection objective was:

$$h = 0.20 \text{ CG} + 0.60 \text{ JC} + 0.20 \text{ TT}$$

with all traits expressed as genetic standard deviation units.

We based weightings on supposed economic values and subsequently adjusted them to study their influence on genetic gain.

2.1.2. Demographic parameters

Although all calculations were proportional, a 10⁰⁰⁰ birth population size was used to report the results. Female fertility was 0.63 foal per year. The number of foals per sire per year was set to 30 foals whatever the age of the stallion. This number is a realistic economic compromise between the biological potential (200 or 300) and the actual situation (average 13.0, 50% of stallions sired less than five progeny per year, and are consequently not really economic actors).

2.1.3. Standard selection scheme (Fig. 1)

The goal was to mimic a French selection scheme comprising four selection stages for males and one selection stage for females. The first selection is made before field tests to measure CG or competition tests to measure CJ. The first selection is made by breeders themselves and is based on the evaluation of the horse's pedigree with an 80% selection rate. At 3 years old, 3000 horses are included in field tests and measured for CG. At 5 years old, 4500 horses are included in the CJ test. Both sexes can have own performances. Thus, among horses alive at 5 years old, 23% have both CG and CJ results, 11% have only CG, 32% have only CJ and 34% have no own performance. For males, only horses with a minimum of one test result are allowed to breed. The second selection stage is just after the CJ test: the 100 horses with the best genetic values with respect to the selection objective are selected for the TT test. Male horses that are selected are not supposed to be gelded before then. The 100 best correspond to a selection rate of 3.7%. After this test, the best are selected to begin their reproductive life. This is the third selection stage and the first at which stallions are authorized to cover. The selection rate at this stage is computed by maximising the genetic objective. Stallions are used for 7 years, after which the fourth selection stage takes place with selection based on breeding value: the CJ for progeny born in the first year breeding of the sire, and the CG test in the first 3 years of production. The selection rate is also estimated. All stallions are culled at 20 years old.

All females, with and without own performance, can be broodmares. They start their reproductive life at 5 years old whatever their own performance. The best mares are selected in one step, so that the number retained depends only on demographic parameters. This is the only selection stage in the female pathway. All broodmares are culled at 20 years old.

2.1.4. Selection scheme with station test

The first selection stage is based on pedigree information before entering the station. A station test takes place at 3 years old with 100 horses tested (i.e. a selection rate of 2.3% of live males). Performances comprise indirect measurement of CG and CJ, and direct measurement of TT. At the end of the station test, the stallions with the best breeding values are selected. The selection rate is estimated by maximising genetic response. At 12 years old, stallions have sired progeny born over the past three years, who could have been measured in the station test. They are then selected on breeding value. This is the third and last selection step, and the selection rate is then estimated. All stallions are culled at 20 years old. The selection of mares is the same as in the standard selection scheme.

Two types of station tests were analysed. In the first, breeding values were only computed from results of the station test. In the second, breeding values were computed using additional information about CG and CJ measurements on relatives of the stallions, with the same testing capacity of CG and CJ as in the standard selection scheme.

2.1.5. Genetic parameters

For the standard selection scheme, genetic parameters were those used in breeding evaluation in France (Ricard, 1997). For

the station scheme, the genetic parameters used in the official German breeding evaluation were used (Jaitner and Reinhardt, 2006). The heritability of CG and CJ was equal to 0.35 and 0.25 respectively in the field test and competition test, and to 0.45 and 0.46 in the station test. The genetic correlation between CG in the station test and in the field test was 0.66; the genetic correlation between JC ability measured in the station test and in the competition test was 0.51. There was no residual correlation between the station test and the field or competition tests. The genetic and phenotypic correlation between CG and JC was zero. Heritability for TT was set to 0.25, as this TT is not very well documented. Correlations between TT and other traits were zero.

2.1.6. Robustness of the standard scheme model to genetic parameters

The stability of the results was tested according to the variability of the genetic parameters. Heritability changed from between -20% and $+20\%$ for each trait: from 0.20 to 0.30 for CJ and TT, and from 0.35 to 0.42 for CG. Genetic correlations were added between CJ and CG (0.20) and between CJ and TT (from -0.20 to $+0.20$) with different residual correlations (from -0.20 to $+0.20$).

2.1.7. Changes in the testing capacity and number of progeny of stallions in the standard scheme

Two ways of increasing the testing capacity of the selection scheme were analysed: an increase in testing capacity and an increase in the number of progeny per stallion. Testing capacity and the number of progeny authorized per stallions are voluntary choices in population management. Testing capacity changed from -50% to $+20\%$. The number of horses with a measured TT varied from 80 to 300. The number of progeny per stallion was tested for 20 progeny per sire per year up to 200.

2.1.8. Changes in breeding objectives in the standard scheme

Two situations were considered. First, the weighting of TT was fixed (20%) and all possible combinations of CG and CJ were tested. Second, the relative proportion of CG and CJ were fixed (3/4 for CJ, 1/4 for CG) and the weighting of TT was changed from 0% to 50%.

2.2. Model

2.2.1. Definition of pathways, cohorts and profiles

As can be seen in Fig. 1, two pathways were defined: sire/progeny (1) and mare/progeny (2). Cohorts were defined by the age of the parents of the candidates for selection. Let n_{C1} and n_{C2} be the number of cohorts in relation to the age of the sire and of the mare respectively. Mares were assumed to be mated randomly to sires of different ages. A profile was defined by the set of traits measured in the candidate for selection. Let n_{P1} and n_{P2} be the number of profiles in males and females respectively.

2.2.2. Definition of survival function

A survival curve was fitted in order to take into account natural mortality, or more generally injuries with resulting

inaptitude for sport or reproduction. The curve is illustrated in Fig. 2 and is based on the National registration services statistics (SIRE, *Système d'Information Relatives Equidés*) of the Haras Nationaux.

2.2.3. Definition of selection stage

All selection stages did not confer access to reproduction. Some were only a condition for access to measurements of performance. Let n_{Sa} be the total number of selection stages (including with and without access to reproduction) in each pathway $a=1,2$. Let $n_{Ra} < n_{Sa}$ be the number of selection stages in each pathway a with access to reproduction and Ω_a the set of selection stages which also confers access to reproduction.

2.2.4. Definition of traits, breeding objective and total merit index

Traits involved in the selection plan can be traits included in the breeding objective and traits measured on horses. The total number of traits was n_T . Let \mathbf{G} be the $n_T \times n_T$ genetic variance–covariance matrix among all traits.

The breeding objective was a linear combination of breeding values of several traits:

$$h = \mathbf{b}'\mathbf{u}$$

where h is the breeding objective, \mathbf{b} the vector of weighted coefficients, and \mathbf{u} the vector of breeding values of the n_T traits.

At each selection stage, genetic evaluations of each trait were combined in a total merit index which was used to select:

$$x'_i = \beta'_i \hat{\mathbf{u}}$$

where x_i is the total merit index used to select at the step of selection i ($i=1, \dots, n_S$), β_i the vector of weighted coefficients (may be equal to \mathbf{b}), $\hat{\mathbf{u}}$ the vector of genetic evaluation of each trait.

2.2.5. Expected breeding objective

For one pathway a , one cohort c , and one profile p , the expected breeding objective at selection step i ($i=1, \dots, n_S$) can be expressed as:

$$\begin{aligned} E_c(H_{acpi}) &= E(H_{acpi} | X_{acp1} > s_{a1}, \dots, X_{acpi} > s_{ai}) \\ &= \frac{1}{\alpha_{acpi}} \int_{-\infty}^{+\infty} h \int_{s_{a1}}^{+\infty} \dots \int_{s_{ai}}^{+\infty} f(x_{acp1}, \dots, x_{acpi}, h) \\ &\quad \times dx_{acp1} \dots dx_{acpi} dh \end{aligned}$$

where

$$\alpha_{acpi} = \int_{s_{a1}}^{+\infty} \dots \int_{s_{ai}}^{+\infty} f(x_{acp1}, \dots, x_{acpi}) dx_{acp1} \dots dx_{acpi}$$

where H_{acpi} represents the random variable of the breeding objective, X_{acpi} the random variable of the total merit index at selection step i , s_{ai} the selection threshold of step i , which is the same whatever the cohort or profile, and f is the joint

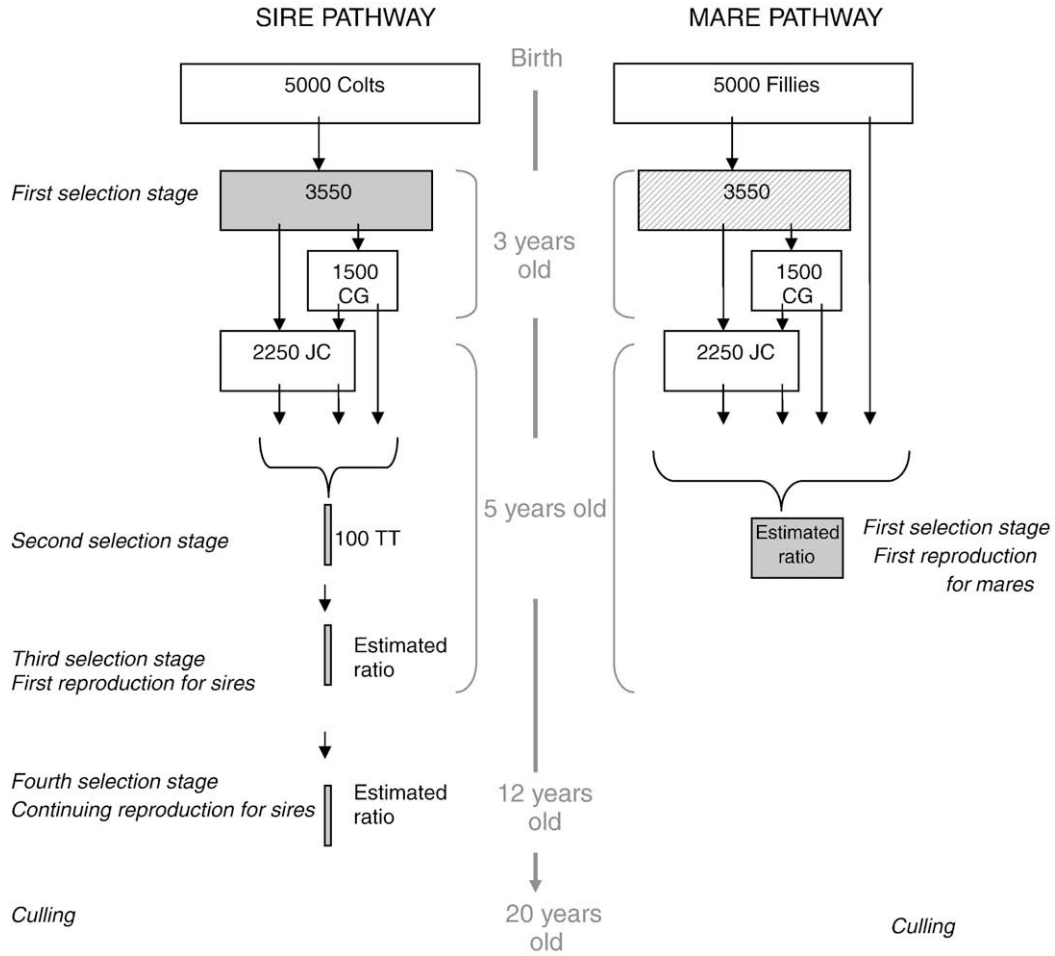


Fig. 1. Standard breeding selection scheme (CG=conformation and gaits, CJ, competition jumping, TT=third trait). Grey box: selection stage; White box: measurement of performances.

normal distribution function of the breeding objective and the total merit indexes used for selection at the different selection steps. Tallis (1961), in the case of an infinitely large population (the approximation used in his calculation) demonstrated that:

$$E_c(H_{acpi}) = \frac{1}{\alpha_{acpi}} \sum_{j=1}^{j=i} \rho_{acpj} z_{acpj} \gamma_{acpji}$$

where

$$z_{acpj} = \phi \left[\frac{s_{aj} - E(X_{acpj})}{V(X_{acpj})} \right]$$

and ϕ is the standard normal density function,

$$\gamma_{acpji} = \int_{s_{a1}}^{+\infty} \dots \int_{s_{ak}}^{+\infty} \dots \int_{s_{ai}}^{+\infty} g(x_{acp1}, \dots, x_{acpk}, \dots, x_{acpi}) \times dx_{acpi} \dots dx_{acpk} \dots dx_{acp1} \quad k \neq j$$

and g is the normal conditional density function of $X_{acp1}, \dots, X_{acpk}, \dots, X_{acpi}$ with $k \neq j$ gives $X_{acpj} = s_{aj}$, and ρ_{acpj} is the correlation between H_{acpi} and X_{acpj} .

2.2.6. Expectation, variance–covariance of the total merit index and the breeding objective

Genetic evaluations were calculated from an animal model (without fixed effects) and applied to all traits. Let \mathbf{M}_{acpi} be the $n_T \times n_T$ matrix, part of the inverse matrix of mixed model equations. The number of performances measured for each trait used to build \mathbf{M}_{acpi} was calculated from the number of performances available at the time corresponding to step i for the candidate according to his cohort and profile. The performances taken into account were the performance of the sire, of the mare, of the sire’s half-sibs, and of the progeny (information on progeny was only used for male candidates in the selection step including the progeny test). With overlapping generations, the expected total merit index depended

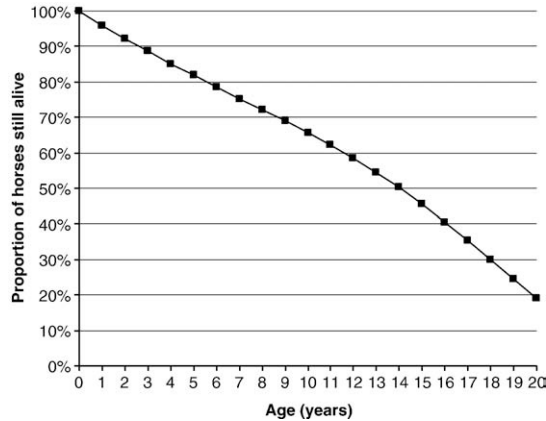


Fig. 2. Survival curve.

on expected breeding values, which differed depending on the cohort due to the genetic trend.

$$\begin{aligned}
 V(X_{acpi}) &= \beta'_i (\mathbf{G} - \mathbf{M}_{acpi}) \beta_i \\
 \text{COV}(X_{acpi}, X_{acpj}) &= \beta'_i (\mathbf{G} - \mathbf{M}_{acpi}) \beta_j \quad \text{if } i < j \text{ i.e. stage } i \text{ before } j \\
 \text{COV}(H_{acpi}, X_{acpi}) &= \mathbf{b}' (\mathbf{G} - \mathbf{M}_{acpi}) \beta_i \\
 V(H_{acpi}) &= \mathbf{b}' \mathbf{G} \mathbf{b} \\
 E(X_{acpi}) &= \beta'_i E(\mathbf{u}_c)
 \end{aligned}$$

The accuracy of a selected group was defined as the correlation between the true breeding value and total merit indexes:

$$r_{acpi} = \frac{\text{cov}(H_{acpi}, X_{acpi})}{\sqrt{V(H_{acpi})V(X_{acpi})}}$$

2.2.7. Genetic superiority

For each gender, males and females were selected for each selection stage at a specific age. At selection time, the situation of the candidates differed depending on the expected mean of their genetic value due to genetic gain and to the reliability of their genetic evaluation. Differences in expectation depended on the age of the sire and on the age of the candidate mare. Reliability depended on the number of own performances and the number of performances of the sire's parents and half-sibs. As differences in reliability due to the age of the mare were insignificant (number of half-sibs with the same mare), only differences in the age of the sire were taken into account in the selection process. So, the overall genetic superiority at a given selection stage was the sum of these expectations weighted by the number of candidates in each cohort (defined by the age of the sire only) and each profile:

$$E_c(H_{a..i}) = \frac{\sum_{c=1}^{n_{Cl}} \sum_{p=1}^{n_{Pa}} S[\text{age}(i)] \delta_{ap} \eta_{1c} \alpha_{acpi} E_c(H_{acpi})}{\sum_{c=1}^{n_{Cl}} \sum_{p=1}^{n_{Pa}} S[\text{age}(i)] \delta_{ap} \eta_{1c} \alpha_{acpi}}$$

where $S[\text{age}(i)]$ is the survival function at the age of selection step i , δ_{ap} is the proportion of profile p in the births of sex a $\sum_{p=1}^{n_{Pa}} \delta_{ap} = 1$, η_{1c} the number of births in the cohort defined

by the age of the sire. More generally, the number of births of one cohort can be defined as:

$$\eta_{ac} = N_{\kappa_a(c)} \lambda_{\kappa_a(c)} S[\text{age}_a(c)] / S[\text{age}_a(0)]$$

where $\kappa_a(c)$ is the selection step (with reproduction) at which the father ($a=1$) or the mother ($a=2$) of the cohort c was selected, $\kappa_a(c) \in \Omega_a$, $N_{\kappa_a(c)}$ is the number sires ($a=1$) or mares ($a=2$) selected at step $\kappa_a(c)$, $\lambda_{\kappa_a(c)}$ is the number of progeny per sire ($a=1$) or per mare ($a=2$) and per year born after selection step $\kappa_a(c)$, $\text{age}_a(c)$ is the age of the sire ($a=1$) or mare ($a=2$) at the birth of the cohort c , and $\text{age}_a(0)$ is the age of the parent when he or she was selected.

Finally, the genetic superiority of the following generation was:

$$E_c(H) = \sum_{a=1}^2 \frac{\sum_{i \in \Omega_a} [\sum_{\kappa_a(c)=i} \eta_{ac}] E_c(H_{a..i})}{\sum_{i \in \Omega_a} [\sum_{\kappa_a(c)=i} \eta_{ac}]}$$

2.2.8. Generation interval

The generation interval was computed as the mean age of the parents at the birth of their offspring.

$$T = \sum_{a=1}^2 \frac{\sum_{c=1}^{n_{Ca}} \eta_{ac} * \text{age}_a(c)}{\sum_{c=1}^{n_{Ca}} \eta_{ac}}$$

2.2.9. Annual genetic progress

Finally, annual genetic progress was:

$$\Delta G = \frac{E_c(H)}{T}$$

2.2.10. Maximisation

Annual genetic progress was a complex function of selection thresholds s_{ai} with pathways $a=1,2$ and selection steps $i=1, \dots, n_S$. For selection stages that did not confer access to reproduction but only to the measurement of certain traits, the thresholds were fixed. When there was only one selection stage per pathway, the constraint of stable population size gave only one solution per pathway which was calculated using the sub-routines C05ADF from NAG (2001). This sub-routine used a combination of the methods of linear interpolation, extrapolation and bisection. When there was more than one selection step, the function was maximised using the sub-routine E04UCF from NAG (2001). This routine uses a sequential quadratic programming method. In order to facilitate convergence, lower and upper thresholds were calculated before maximisation. Maximisation was performed alternately on each pathway until convergence.

Annual genetic progress was also a function of itself. The expected breeding objective depended on the expected genetic values of each cohort ($E(X_{acpi})$) and differences between cohorts depended on the genetic progress. This recursive schema was solved by simple iterations: at the first iteration, annual genetic progress was zero, and then after maximisation,

the annual genetic progress was used to compute $E(X_{acpi})$ for each cohort. Generally, less than 10 iterations were needed before convergence.

2.2.11. Constraints

Genetic progress was obtained with the constraint of a stable population. This constraint was not formally added to the sub-routine for maximisation. Genetic gain was considered to be a function of selection thresholds with access to reproduction minus one. The number of variables was $(n_{Ra} - 1)$. The last threshold was calculated as the roots of equations formed by the constraint. For $a=1,2$, let \mathbf{Q}_a be the $n_{Ra} \times n_{Ra}$ matrix defined as:

$$Q_{aij} = \sum_{\kappa_a(c)=j} \sum_{p=1}^{n_{pa}} \lambda_{\kappa_a(c)} \delta_{ap} \alpha_{acpi} S[\text{age}(i)] S[\text{age}_a(c)] / S[\text{age}_a(0)]$$

where $i, j \in \Omega_a$ are the selection steps conferring access to reproduction. Q_{aij} represents the proportion of horses of sex a

selected at step i , issued from a parent of sex a selected at step j depending on the number of sires selected at step j so that:

$$\mathbf{Q}_a \mathbf{n}_a = \mathbf{n}_a$$

where \mathbf{n}_a is the n_{Ra} vector of the number of sires ($a=1$) or mares ($a=2$) selected at each step, $\mathbf{n}_a = \{n_{aj}\}$. This linear system provides solutions only if the determinant of $\mathbf{Q}_a - \mathbf{I}_{n_{Ra}} \times n_{Ra}$ is equal to zero.

3. Results

3.1. Standard breeding scheme

3.1.1. Genetic trend

The annual genetic trend of the standard breeding scheme was +9.4% standard deviation units for the selection objective. Table 1 summarizes the genetic

Table 1

Annual genetic trend for breeding objective (genetic standard deviation unit) and relative genetic trend according to the standard breeding scheme on the 3 traits: conformation and gaits (CG), competition jumping (CJ), third trait (TT), proportion of genetic response from male pathway, proportion of progeny issued from proven sires in the different changes in the standard breeding scheme

Situation	$\Delta G/\text{Standard}$ (absolute value for standard)				Male pathway	Proven sires
	Objective	CG	CJ	TT		
Standard	0.094	0.026	0.090	0.015	74.2%	12.4%
<i>Genetic parameters</i>						
h^2_{CG} 0.28	-0.4%	-9.3%	0.4%	0.2%	74.2%	12.4%
h^2_{CG} 0.42	0.4%	8.7%	-0.4%	-0.2%	74.2%	12.3%
h^2_{JC} 0.20	-4.9%	5.8%	-6.4%	4.3%	74.3%	13.2%
h^2_{JC} 0.30	4.3%	-4.6%	5.6%	-3.5%	74.1%	11.6%
h^2_{TT} 0.20	-0.5%	0.4%	0.4%	-16.7%	74.1%	12.3%
h^2_{TT} 0.30	0.4%	-0.3%	-0.3%	15.7%	74.3%	12.4%
r_g CG-JC 0.20, r_c 0.10	1.7%	76.0%	1.3%	-5.1%	74.1%	12.2%
r_g CG-JC 0.20, r_c 0.00	2.2%	80.5%	1.4%	-5.6%	74.1%	12.1%
r_g JC-TT 0.20, r_c 0.00	1.8%	-6.4%	1.8%	125.4%	74.5%	12.5%
r_g JC-TT -0.20, r_c 0.00	-1.6%	7.5%	-1.0%	-139.4%	73.9%	12.3%
r_g JC-TT -0.20, r_c 0.20	-2.3%	8.5%	-0.3%	-166.5%	73.8%	12.4%
r_g JC-TT -0.20, r_c -0.20	-0.4%	6.2%	-0.8%	-117.1%	74.2%	12.5%
r_g JC-TT -0.20, r_c 0.00 ^a	-1.5%	7.5%	-1.2%	-134.2%	74.0%	12.3%
r_g JC-TT -0.20, r_c 0.00 ^b	-1.1%	6.7%	-1.5%	-118.1%	73.9%	12.5%
<i>Testing capacity</i>						
CG capacity +20%	1.3%	25.3%	-1.6%	10.5%	74.0%	11.9%
CG capacity -20%	-0.2%	-7.7%	-0.1%	11.8%	74.1%	12.2%
JC capacity +20%	2.6%	-1.8%	3.1%	1.1%	74.1%	12.0%
JC capacity -20%	-2.9%	3.1%	-4.3%	11.5%	74.2%	12.6%
JC capacity -50%	-17.2%	15.8%	-21.8%	6.6%	75.8%	15.5%
TT capacity 150 horses	0.1%	-0.1%	-0.4%	8.9%	74.2%	12.1%
TT capacity 200 horses	0.2%	-0.2%	-0.5%	12.0%	74.2%	12.0%
Without stage 1	-2.7%	-4.6%	-3.2%	10.5%	74.1%	12.8%
Without stage 4	-9.1%	-11.9%	-9.4%	-0.1%	74.2%	0.0%
Without selection of females	-25.3%	-26.0%	-26.2%	-8.7%	100.0%	17.0%

^a With testing capacity for TT 200 horses.

^b With testing capacity for TT 500 horses.

Table 2

Number of candidates, selected sires, selection rate, genetic superiority and accuracy of male pathway at 4 stages of selection of the standard breeding scheme

	Profile			Total
	CG+CJ	CG	CJ	
<i>Candidates</i>				
Stage 1				4434
Stage 2	951	433	1299	2683
Stage 3	42	8	51	100
Stage 4	15	2	17	34
<i>Selected sires</i>				
Stage 1				3550
Stage 2	42	8	51	100
Stage 3	20	3	24	47
Stage 4	3	0	4	7
<i>Selection rate</i>				
Stage 1				80.1%
Stage 2	4.4%	1.7%	3.9%	3.7%
Stage 3	48.9%	39.1%	47.4%	47.4%
Stage 4	20.9%	20.4%	21.1%	21.0%
<i>Genetic superiority</i>				
Stage 1				0.15
Stage 2	1.34	1.27	1.33	1.33
Stage 3	1.54	1.49	1.53	1.53
Stage 4	2.24	2.26	2.25	2.24
<i>Accuracy</i>				
Stage 1				0.43
Stage 2	0.61	0.50	0.59	0.59
Stage 3	0.63	0.52	0.61	0.61
Stage 4	0.78	0.75	0.77	0.77

Stage 1: Pedigree.

Stage 2: After own performance on conformation and gaits (CG) and/or competition jumping (CJ).

Stage 3: After measurement of the third trait (TT).

Stage 4: After first progeny has been tested for CJ performance.

trends of the different breeding schemes. For CG, the genetic trend was +2.6% standard deviation units, for CJ, the genetic trend was +9.0% standard deviation units, and for TT, the genetic trend was +1.5% standard deviation units. The male pathway contributed 74.2% of genetic progress.

3.1.2. Active stallions and broodmares

The replacement of the population required 333 active stallions and 15873 active mares. The stallions issued from the third selection stage –and thus the first reproductive stage– were aged 6 to 12 at covering and represented 87.6% of active stallions. Only 12.4% of active stallions passed the fourth selection stage and were aged 13 to 20 years at covering. Mares aged 6 to 12 at covering represented 59.8% of mares.

3.1.3. Selection of stallions (Table 2)

The total number of males born each year was 5000. At 3 years old, 4434 horses were still alive, so selecting the best 80% for the first selection stage corresponded to selecting 3550 horses. Out of these, according to testing capacity, 2683 had CG and/or CJ performances and were still alive at 5 years old. For the second selection stage, the best 100 (3.7%) were selected to be measured for TT. After the third selection stage, maximisation revealed that 47 stallions would be allowed to breed (47.4%). After 7 years of service, 33 stallions were still alive and 7 (21.6%) were selected for the fourth selection stage and used for breeding until they were 20 years old (Table 2).

The genetic superiority of stallions selected at the third stage, i.e. at the beginning of their reproductive life, was 1.53 genetic standard deviation and for the fourth selection stage, 2.24. Accuracy (r) was 0.61 and 0.77 respectively. The generation interval was 10.7 years. During the 7-year period, stallions issued from the third selection stage continued to cover, the average age of stallion at the birth of their progeny was 9.8 years (age ranged from 7 to 13), the average age of stallions after the fourth selection stage was 16.9 years (age ranged from 14 to 21 years).

The genetic superiority at the third selection stage was mainly already acquired at the second selection step, before measuring TT: 1.33. The first selection stage produced only 0.15 point of genetic superiority.

The selection rate, genetic superiority and accuracy depended on the profile of the stallion (number of own tests) and on his cohort (Fig. 3). Among the 47 stallions selected at the third stage, 20 had the two tests (CG and CJ), 24 had passed only the CJ test and 3 only the CG test. The selection rate was most severe for stallions with

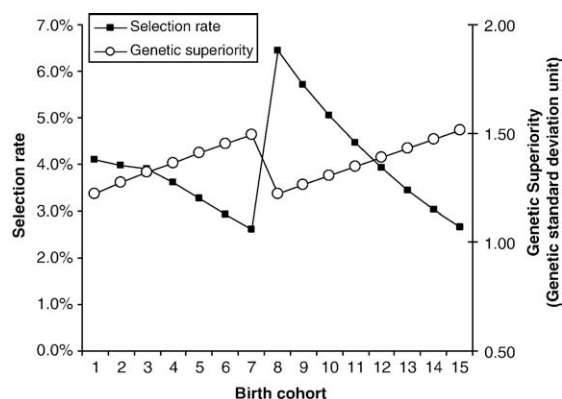


Fig. 3. Selection rate and genetic superiority of males as a function of their birth cohort at the 2nd selection stage (after conformation and gaits and/or competition jumping).

the lowest accuracy: 1.7% of males with only the CG test ($r=0.50$) were selected and 4.4% of males with the two tests ($r=0.61$). This difference disappeared at the fourth stage (selection rate ranging from 20.4% to 21.1%) where all profiles were similar, and the influence of the progeny became much more important ($r=0.75$ to 0.78).

3.1.4. Selection of mares

Of 5000 fillies born, 4091 were still alive at 5 years old and 1540 were selected to become broodmares (37.6%). The genetic superiority of mares retained was 0.56 standard deviation units with respect to the selection objective. Accuracy was 0.57. The generation interval was 12.7 years.

As for males, both profiles and birth cohorts influenced selection (Table 3). Only 19.1% of females with no test results (neither CJ nor CG) were selected whereas 47.8% of females with the two tests were selected. 49.3% of females from the first birth cohort were selected versus 42.0% for females from the 7th cohort and 56.8% for females from the 8th cohort.

3.2. Breeding scheme with station test

3.2.1. Genetic trend

With only the station test, the expected annual genetic gain decreased by 53.1% with respect to the standard breeding scheme. When performances in CJ and GC were taken into account in the genetic evaluation used to select stallions before entry to the testing station and at the end of the station test, the annual genetic gain was the same as in the standard breeding scheme (-0.3%). However, including the station test yielded variable results for individual traits: gains were lower for CJ (-2.0%) but considerably higher for TT ($+18.5\%$). When CG and CJ were taken into account, the male contribution to genetic gain was similar to that of the standard breeding scheme (73%), but higher (81%) when only the station test was included in breeding

evaluation (due to a low rate of accuracy for females with no own records).

3.2.2. Active stallions and broodmares

As the number of progeny per stallion and the fertility of mares were the same as in the standard reference scheme, the number of active stallions and mares was also the same. The proportion of progeny sired by stallions selected after the third stage (when progeny have own performances) was lower than in the reference scheme when the station test was the only test (8.8%, i.e. -28.5%), and higher when CJ and CG were also included in the evaluation (13.7%, i.e. $+11.0\%$).

3.2.3. Selection of stallions (Table 4)

Out of the 4434 stallions alive at 3 years old, 100 were selected to take the station test. At the end of the test, 40 were used for breeding or 38 when CG and CJ performances of relatives were included in the genetic evaluation. For the third selection stage, when stallions were 12 years old, five were selected to continue breeding or eight when the CG and CJ performances of relatives were included in the genetic evaluation. The genetic superiority of stallions after the station test was 0.76 when only the station test was included in the genetic evaluation and 1.43 when CJ and CG were included. Accuracy was 0.39 and 0.56 respectively. For the third stage, there was also a marked difference between the two situations: a genetic superiority of 1.08 and 2.17 respectively and an accuracy of 0.39 and 0.85. The generation interval was considerably lower than for the standard scheme in the two cases: 9.43 and 9.83 respectively. We found the same variations in the selection rate, in genetic superiority and in accuracy in the cohort as in the standard breeding scheme (Table 4).

3.2.4. Selection of mares

When only the station test was included in the genetic evaluation, mares were selected based on the performances of their sire and brothers only. Accuracy was very low (0.19) as was genetic superiority (0.18). When CJ and CG were included in the genetic evaluation, mares could be selected on their own performances in addition to parental information. Selection was then similar to that in the standard breeding scheme.

3.3. Robustness of the standard breeding scheme model with respect to genetic parameters

Errors in the estimation of heritability only modified genetic progress in the trait concerned (Table 1). So, as the weight of JC in the objective was the most important,

Table 3
Number of candidates, selected mares, selection rate, genetic superiority and accuracy of female pathway at the only stage of selection in the standard breeding scheme

	Profile				Total
	CG+CJ	CG	CJ	None	
Candidates	951	433	1299	1408	4091
Selected mares	454	199	618	268	1540
Selection rate	47.8%	45.9%	47.6%	19.1%	37.6%
Genetic superiority	0.60	0.51	0.59	0.49	0.56
Accuracy	0.61	0.50	0.59	0.48	0.57

Table 4

Number of candidates, selected sires, selection rate, genetic superiority and accuracy of male pathway at the 3 stages of selection of the breeding scheme with a station test for males

	Breeding evaluation based on	
	Only station results	Plus on CG and CJ results
<i>Candidates</i>		
Stage 1	4434	4434
Stage 2	100	100
Stage 3	26	23
<i>Selected sires</i>		
Stage 1	100	100
Stage 2	40	38
Stage 3	5	8
<i>Selection rate</i>		
Stage 1	2.3%	2.3%
Stage 2	39.8%	37.6%
Stage 3	19.4%	34.3%
<i>Genetic superiority</i>		
Stage 1	0.43	1.09
Stage 2	0.76	1.43
Stage 3	1.08	2.17
<i>Accuracy</i>		
Stage 1	0.19	0.47
Stage 2	0.39	0.56
Stage 3	0.39	0.84

Stage 1: On pedigree before entering the station test.

Stage 2: At the end of the station test.

Stage 3: After progeny testing.

only variation in heritability of CJ modified genetic progress with respect to the selection objective. But for CG and TT, even if genetic progress with respect to the objective was unchanged (-0.5% to 0.4%), the genetic gain expected for these traits decreased considerably: -9.3% and -16.7% respectively for CG and TT if heritability was 20% lower.

The major effect on genetic progress was errors in correlations (Table 1, Fig. 6). The effect was mostly the indirect selection of traits correlated to CJ. When genetic correlation was positive for CJ, for example 0.20 between CG and CJ, genetic progress with respect to the selection objective increased by 1.7%, while the genetic gain for CG increased by 76.0%. When the genetic correlation was negative with JC, for example -0.20 between JC and TT, the genetic progress with respect to the selection objective decreased by 1.6%, but the genetic trend for TT was negative: genetic progress decreased by 139.4%. When the signs of residual correlation and genetic correlation were unlike, the effect on the genetic gain of the trait correlated to CJ increased and when they were alike, the effect decreased.

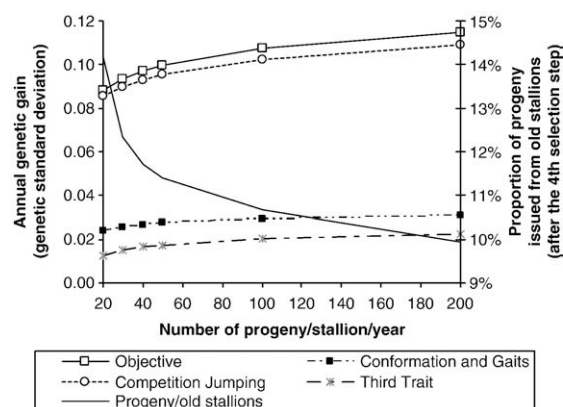


Fig. 4. Annual genetic trend and proportion of progeny issued from proven sires as a function of the number of progeny allowed per stallion per year.

3.4. Importance of characteristics in the standard selection scheme

Three points were investigated: selection of mares, selection before entering test, selection after first progeny (Table 1).

Eliminating selection in the female pathway decreased genetic progress by 25.3%. In this case, the selection of males was also modified: progeny sired by old stallions after the fourth step of selection, represented 17.0% of births (+37.3% with respect to the standard breeding scheme).

Removing the first selection stage by breeders before entering the CG test or the CJ test decreased genetic progress by 2.7% but increased the genetic gain of TT by 10.5%.

Elimination of the fourth stage of selection after the first progeny had passed the CG and CJ tests, decreased

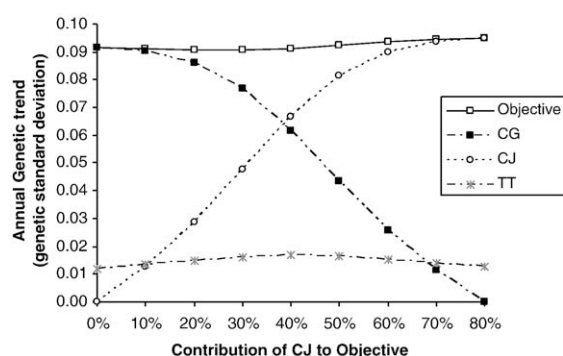


Fig. 5. Annual genetic gain for breeding objective, and the three traits: conformation and gaits (CG), competition jumping (CJ) and the third trait (TT) as a function of the weighting of JC in breeding objective (TT Weighting fixed, equal to 20%).

genetic progress by 9.1%. This did not change the respective proportions of the male and female pathway and affected only CG and CJ.

3.5. Changes in the capacity of the standard selection scheme

The 20% increase in the testing capacity of CG and of CJ did not increase genetic progress to any great extent (+1.3% and +2.6% respectively) but had a marked effect on CG (+25.3%). A slight decrease also had the same slight effect on genetic progress. A drastic decrease in the testing capacity of JC (–50%) decreased genetic progress with respect to the selection objective by 17.2% and genetic progress in CJ by 21.8%.

Fig. 4 illustrates the influence of progeny size on genetic response. The increase in genetic response was not linear. As the size of sire's family increased, the proportion of progeny sired by a stallion that had passed the 4th selection stage decreased due to the increase in the possibilities of selection during the first 3 stages.

3.6. Changes in selection objectives in the standard selection scheme

As expected, as the weighting of CJ increased, genetic progress in CJ increased and genetic progress in CG decreased. The situation was relatively balanced for CJ and CG. For TT, genetic progress was maximum when CJ and CG were equally distributed (Fig. 5). As the weight of TT increased (Fig. 6), the genetic gain increased but did not reach a high level: 0.034 genetic standard deviation for a weighting of 50% in the se-

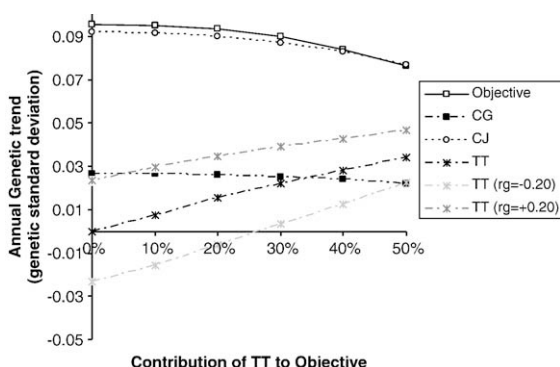


Fig. 6. Annual genetic gain for breeding objective and the three traits: conformation and gaits (CG), competition jumping (CJ) and the third trait (TT) as a function of weighting of TT in breeding objective (remaining part fixed at 3/4 for CJ, 1/4 for CG) and genetic correlation (r_c) between TT and JC.

lection objective. In order to limit losses of genetic gain for CJ, the weighting of TT must remain under 30%.

4. Discussion

The limited sensitivity of the results to the parameters used in the model imply that our model results for the standard breeding scheme are sufficiently stable to make strategic decisions in breeding plans for jumping horses. Our main results were: 1. very atypical selection on progeny, 2. marked heterogeneity of selection among birth cohorts, 3. the need for an extensive field test or competition test whatever the breeding scheme of stallions (with or without an in-station test), 4. the importance of selecting mares with own performances, and 5. the inefficiency of selection based on traits that are difficult to measure in a large population. We will discuss these points one by one after comparing real and simulated genetic trends.

4.1. Predicted and effective genetic trend

The genetic progress measured in the *Selle Français* breed by Dubois and Ricard (2007) was 5.6% genetic standard deviation during the decade 1985–1995, and 9.6% during the period 1995–2002. Referring to details presented in the article: selection intensity, accuracy and generation interval, and formulae of Rendel and Robertson (1950), this genetic progress should be 7.4%. This suggested that genetic progress measured by regression was over estimated during the period 1995–2002. During this period, horses born from 2000 to 2002 had no own performances already measured (the last year of breeding evaluations in the paper was 2003). This might explain over estimation. When calculating genetic progress during the period 1985–1999 only, regression was 7.3% of genetic standard deviation so in agreement with detailed parameters of genetic progress. So that realised genetic trend was in fact 22% lower than in this simulation study. However, comparison is not easy as genetic progress was measured by Dubois and Ricard assuming a single trait objective in the breeding scheme and only one or two selection stages unlike in our study. The main differences between realised and simulated genetic progress parameters were 1) slightly lower genetic superiority of males (–5% on the third step and –8% on the fourth one) and higher generation interval (+12%) 2) lower genetic superiority of females (–42%). For the male way, the percentage of foals issued from proven sires (46% realised against 12% optimized) explained most of lack of efficiency: lower genetic superiority and higher generation interval. This

is in agreement with the proposals made in our previous paper: to be stricter in selecting stallions and to reduce the generation interval by culling old stallions. For the female way, the difference between realised and possible selection was less demonstrated in the paper of Dubois and Ricard. Breeders do not select their mares strictly enough and thus minimise the possibilities of using the female line. The accuracy, however was close in the two paper (0.60 realised and 0.57 optimized) so that it is not a problem of testing capacity but only of better choice of broodmares.

Estimated genetic trends have also been measured in riding horses in other countries. More than 20 years ago, Arnason found no progress in conformation (-1.4% genetic standard deviation) but moderate progress in gaits (1.9%), and in jumping ability (between 0.8% to 1.9% depending on the trait) in Swedish riding horses for the period 1973–1979 (Arnason, 1987). Bruns (1990) measured genetic progress in breeding values based on competition results and, according to the information reported about the standard deviation of breeding values and accuracy, this author also found moderate progress, about 1.6% of annual genetic standard deviation between the periods 1970–1974 and 1975–1982. The most probable explanation is that genetic progress at that time was low because it was only the beginning of active selection of horse for riding and competition. Effectively, Viklund et al. (2005) showed acceleration in the genetic progress of traits measured in the riding horse quality test in Sweden after 1985 (10 to 15 points of their BLUP evaluation in 10 years for all traits).

4.2. Selection based on progeny testing

Traditionally, selection based on progeny testing was supposed to 1. increase the generation interval, 2. improve with an increase of the number of progeny per stallion, and 3. represent the biggest contribution to genetic progress. The selection of progeny is the fourth stage of the reference breeding scheme, even if the breeding value included not only progeny but also the stallion's own performances and his relatives' performances. In fact, the addition of the fourth selection stage in the standard breeding scheme 1. decreased the generation interval: 10.7 versus 12.7, 2. saw its contribution to next generation reduced (from 12.4% to 9.9% , i.e. -30%) when number of progeny per year per stallions increased (up to 200), 3. represented only 12.7% of genetic progress. The selection of progeny resembled early culling of stallions more than efficient selection. This is why the generation interval was lower with selection by progeny testing: stallions

with low breeding values are culled rather than kept until 20 years old. The number of stallions still alive at 12 years old (34) is insufficient, and the increase in accuracy is not sufficient to allow the fourth stage to play a significant role in genetic gain. In addition, as the number of progeny per stallion increases, the main effect is not an increase in the accuracy of the fourth stage, (even if this increase is considerable, i.e. 0.91 versus 0.78), but a reduction in the number of stallions needed for the replacement of the population. Thus as the number of stallions to be selected decreases, the selection rate that confers access to reproduction is low and the genetic superiority of stallions selected at the third stage contributes most to genetic gain. In conclusion, the fourth selection stage after progeny testing is important for the culling of old stallions that are no longer useful for breeding, but does not play an important role in producing most of the progeny.

The limited importance of selection by progeny testing was already observed by Ström and Philipsson (1978), Huizinga (1990), Hugason et al. (1987) and Tavernier and Clerc (1994). But these authors often failed to mention that when the stage of selection by progeny testing was removed, stallions selected at previous steps were nevertheless culled early (about after 7 years of use), with the aim of keeping the generation interval low. The lack of a progeny test did not imply that stallions were kept until their natural death (for example at 20 or 25 years of age) This means that all stallions were culled after a fixed number of years of activity and that even the best (whose progeny had been tested) were not kept for reproduction. In a study by Hugason et al. (1987), at maximum genetic response, the proportion of mares covered by proven sires varied from 17% to 31% ($h^2=0.25$) and, in a study by Huizinga (1990), the proportion was 22% . In the present study, the unsatisfactory performance of the progeny selection stage (12% of mares covered by proven sires) was emphasised by the inclusion of the survival function and overlapping generations.

4.3. Role of birth cohort

Selection rates were not the same for all birth cohorts: progeny issued from very young stallions (which had just past the third selection stage) or stallions which had just passed the fourth selection stage (after the progeny test) had a higher probability of being selected than others. For example, the chances of a colt born in the first year of production of his sire becoming a stallion were 4.1% versus 2.6% for colts born in their sire's 7th year. The selection rate was 6.4% for colts born in the 8th year of production, i.e. the first year after the fourth

selection stage. For females, the selection rates were respectively 46.1%, 28.2%, 48.5%. So even if distinct pathways (sire of son and sire of daughter) were not modelled, selection of sires at the time their progeny was selected was not equal. This fact should be taken into consideration in practical breeding schemes.

4.4. Station scheme or competition scheme

The competition between selection schemes based on competition and selection schemes based on station tests ended in a draw. The true difference is not between station and competition tests but between selection using only results measured in-station and selection using results in a large testing structure such as field tests or competition tests. If selection is based on breeding values including only performances measured during a station test, the genetic response decreases by 53.1%. If selection is based on breeding values including competition tests but with only a small number of horses in competition (i.e. 22.5% of the birth cohort), the genetic response decreases by 17.2%. Efficient selection of horses requires extensive recording of performances, whatever the type of performance. In any case, the most important stage is the stage with the lowest selection rate, i.e. before entering the station for the breeding scheme in the in-station test, and before measuring the TT after performances in CG and CJ in the standard breeding scheme. This is the stage with the greatest genetic superiority: a genetic superiority of 1.53 in the standard breeding scheme and of 1.43 in the station breeding scheme with the use of performances in CJ and CG tests, and of only 0.43 in the station breeding scheme with only in-station results. The lack of genetic superiority at this stage is not balanced afterwards because the selection rate is too high, even if there is an increase in accuracy. So accuracy must be high especially at this important stage. Accuracy is 0.59 in the standard breeding scheme, 0.47 in the station breeding scheme with use of CG and CJ performances in breeding values, but only 0.19 in the station test used alone. The similar accuracy of the standard breeding scheme and of the station scheme including CG and CJ performances, compared to the station breeding scheme excluding CG and CJ, explains the similarity in genetic gain at this crucial point in time. The limited difference between the genetic superiority of stallions allowed to reproduce in the two schemes (1.53 in the standard breeding scheme and 1.43 in the station breeding scheme with CJ and CG) is compensated by a shorter generation interval in the second case (10.7 versus 9.8).

When the first papers about breeding schemes for horses were published, it was not very common to use genetic evaluations for both competition and performance test data simultaneously. So in the first models, the station test (or performance test for stallions) is often considered as a selection stage with breeding values calculated from own performance only, possibly with own previous conformation test, but with no reference to relatives' competition performances. This is the case in studies by Ström and Philipsson (1978), Philipsson et al. (1990), Bruns and Schade (1998), Huizinga (1990). The purpose of these studies was not to compare the efficiency of selection based on own performance measured in a station test with that in a competition test, but only to consider competition tests for progeny testing (Bruns and Schade, 1998, Ström and Philipsson, 1978, Huizinga, 1990), or as a subsequent selection stage after the performance test for stallions (Philipsson et al., 1990). However, in recent years, several studies (Koerhuis and van der Werf, 1994; Von Velsen-Zerweck, 1998; Olsson, 2006) discussed the advantages of the simultaneous use of the two information sources to increase accuracy. Koerhuis and van der Werf (1994) first used pre-selection based on pedigree information concerning competition performance in their simulated horse selection. Nowadays many organisations with a performance test for stallions also have parent averages for these stallions based on competition data. Our study confirmed that the most important factor in a station breeding scheme is selection before entering the station, and that selection is greatly improved when knowledge is available on the performances of relatives in competitions. The work of Hugason et al. (1987) first demonstrated the importance of being able to apply a low selection rate at the stage when own performance is known.

The use of performance in competition as a progeny test is only due to a misunderstanding. First of all, as artificial insemination is now universal, a stallion can reproduce and take part in competitions. Second, heritability of this trait is often underestimated, which could explain the need for a lot of progeny to be taken into account in selection schemes. In fact, even if heritability in a single event is low, a horse is judged on almost one year of competition and so on several events and accuracy in that case is superior to the square root of heritability. With an heritability of 0.10 of a trait measured in a single event and a repeatability of 0.15 between events, accuracy at the end of the year (so after 14 events, which is the mean in France) should be 0.69 and then even higher than for a trait with heritability 0.25 (accuracy = 0.50) and a single observation. The age of the performance is not a problem: genetic correlations have shown that from 5 years on, genetic correlations

are close to those of mature horses (aged 8–10) with performances, (Tavernier, 1992, Van Veldhuizen, 1997).

4.5. Selection using the female pathway

Mares are very often left out of selection schemes because their management is largely left to breeders. However, the role they play in genetic progress can be important, i.e. 26% of genetic response. This assumes that all breeders select perfectly according to BLUP breeding values. Even if the BLUP breeding values of all mares are available on the Web for all breeders in France, in practice, such progress is almost certainly overestimated. The important point in their selection is the influence of own performance: 47.4% of females with CG and/or CJ are selected, while 19.1% of females not subjected to any tests. Among females with own performances, the probability of being selected is similar whatever the test used: 47.8% for mares with the two tests, 45.9% for mares with CG only and 47.6% for mares with CJ only. Selection of mares was not considered in Hugason et al. (1987) and Huizinga (1990). Ström and Philipsson (1978), Philipsson et al. (1990) and Bruns and Schade (1998) took the mare–son pathway into account in performance tests, and Ström and Philipsson did not mention the contribution of this selection to total genetic response. Philipsson et al. compared field tests and station tests for mares. As the mare of sire pathway accounted for 1/4 of total genetic gain and as the genetic gain of this pathway was approximately 30 to 40% of the gain of the sire pathway, one can suppose it represented 15 to 20% of genetic response. Bruns and Schade (1998) used a mares' test as progeny test for sires but also mentioned that additional gain from the mare/son pathway can reach 10% to 20% but did not describe their method of selection. The results of the present study show that selection of the mare may be much more important than supposed, even in the mare/progeny pathway, especially as the proportion of females selected is not very high (38%) and assuming a large number of mares with performances.

4.6. Inequality between expected gains on traits included in breeding objectives

The three traits included in the breeding objective are not treated equally. For an equal weighting in the objective (20%), the genetic progress expected for CG is 1.7 times higher than that for the TT. For CJ, with a weighting three times higher than CG, the genetic progress is 3.5 times higher. With the same multi-purpose linear objective, changes in selection strategies lead to a dif-

ferent genetic response for each trait. It may appear that efficient previous selection based on CG and CJ before measuring the TT has a negative effect on selection for the TT. So there is a conflict between efficient selection on major traits in the objective and this third trait. One obvious alternative is to increase the number of horses measured using TT which would imply +8.9% with 150 horses measured, and +12.0% with 200 horses measured. But this also obviously implies an increase in cost.

The difficulty of selecting for the third trait is emphasised when genetic correlations are unfavourable and with residual correlation of opposite signs. Even with an effort with respect to the capacity of measurement of TT, the response remains unfavourable: -0.3% of genetic standard deviation with 500 stallions measured. When the TT is based on the results of X-Rays, genetic correlations with performance have rarely been estimated up to now. First results (Stock and Distl, 2007), indicate a null correlation or a slightly favourable correlation (i.e. good performance, fewer abnormalities), but the possibility of a slightly unfavourable correlation cannot be rejected *a priori*. Stock and Distl (2005) tried to evaluate expected response to selection for orthopaedic health and performance traits in sport horses but their paper reports only the *a posteriori* selection of sires based on the breeding values obtained from X-Ray results of the progeny and only reflect the level of correlation between the two traits in their selected data. Koenen et al. (2000), simulated different selection strategies against osteochondrosis (OC) in the Dutch riding horse population and measured genetic response for both frequency of OC and sport performance. But they assumed a null genetic correlation, and consequently showed that selection against OC does not much reduce genetic response on sport performance (3%), as shown in the present study (-2.4% on CJ) and is effective. Their genetic trend corresponded to from 1.3% to 2.0% annual genetic standard deviation, i.e. similar to our results (1.5%). In conclusion, it is difficult to warrant effective selection for the TT and, not knowing if the TT is in conflict with the main trait, the use of molecular information could help overcome this difficulty.

Correlation between CG and CJ was often supposed to be null or slightly favourable (Philipsson et al., 1990, Ström and Philipsson, 1978). An argument in favour of field tests or performance tests rather than competition tests is often to ensure genetic gain for CG traits. It should be noted that even if genetic correlation is low but different from 0, the high selection effort on CJ rapidly induces a high correlation with genetic response for CG.

Let us now focus on the effect of changes in selection objectives. With the multi-purpose objective proposed

in the standard scheme, the drop in genetic response based on JC is 6.8% compared with single trait selection on CJ. When the weighting of TT is kept constant, the respective weights of CG and CJ induce symmetric changes in genetic response for the two traits. The equivalent role of CG and CJ is probably due to higher heritability of CG but a higher testing capacity for CJ. Expected response on the TT is maximum as the weighting for CG and CJ is equal (40%) but leads to very insufficient genetic progress on CJ, once more illustrating the difficulty in selecting for the TT. Consequently, a CJ weighting of 60% to 70% in breeding objectives appears to be appropriate.

5. Conclusion

Four points are important in breeding schemes for sport horses. The first is that a progeny test is not essential (12% of progeny are issued from proven sires), except for rapid culling of stallions before their natural death (after 7 years of use). The second point is that selection of females should be taken into account as it can contribute 1/4 of genetic response. The third point is that extensive performance testing for competition jumping is necessary whatever the selection scheme for stallions: own competition, jumping performance, or a station test. This is because breeding values must be accurate when the lowest selection rate (between 2% and 4%) is applied before entering the station or after the competition test. This accuracy is obtained from the number of relatives assessed in the first case, and from own performance in the second case. The fourth point is that selection for costly traits that are difficult to measure, such as sperm quality or orthopaedic diseases, is difficult if genetic correlations are even slightly unfavourable. Selection using molecular markers should consequently now be studied.

References

- Amason, Th., 1987. Contribution of various factors to genetic evaluations of stallions. *Livest. Prod. Sci.* 16, 407–419.
- Bruns, E., 1990. Breeding values and estimation of genetic trends in riding horses. *Proc. 4th World Congr. Gen. Appl. Livest. Prod.* 16, 206–208.
- Bruns, E., Schade, W., 1998. Genetic value of various performance test schemes of young riding horses. *Proc. 6th World Congr. Gen. Appl. Livest. Prod.* 24, 420–423.
- Dubois, C., Ricard, A., 2007. Efficiency of past selection of the French Sport Horse: Selle Français breed and suggestions for the future. *Livest. Sci.* 112, 161–171.
- Gerber Olsson, E., Amason, Th., Näsholm, A., Philipsson, J., 2000. Genetic parameters for traits at performance test of stallions and correlations with traits at progeny tests in Swedish warmblood horses. *Livest. Prod. Sci.* 65, 81–89.
- Hugason, K., Amason, Th., Norell, L., 1987. Efficiency of three-stage selection of stallions. *J. Anim. Breed. Genet.* 104, 350–363.
- Huizinga, H.A., 1990. Genetic studies on performance of dutch warmblood riding horse. Doctoral thesis. Wageningen. The Netherlands, pp. 79–94.
- Jaitner, J., Reinhardt, F., 2006. www.vit.de.
- Koenen, E.P.C., Dik, K.J., Knaap, J.H., Van der Kuil, R.J.G., Van Weeren, P.R., 2000. Evaluation of selection strategies against osteochondrosis for the Dutch warmblood riding horse population. Paper presented at the 49th EAAP meeting, The Hague, The Netherlands.
- Koenen, E.P.C., Aldridge, L.I., Philipsson, J., 2004. An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livest. Prod. Sci.* 88, 77–84.
- Koerhuis, A.N.M., van der Werf, J.H.J., 1994. Uni- and bivariate breeding value estimation in a simulated horse population under sequential selection. *Livest. Prod. Sci.* 40, 207–213.
- Numerical Algorithms Group Limited, 2001. NAG Library Manual, Mark 16. Oxford, United Kingdom. Available online: www.nag.co.uk.
- Olsson, E., 2006. Multi-trait evaluation of Swedish warmblood stallions at station performance tests, including field and competition records. Licentiate thesis. Uppsala.
- Philipsson, J., Amason, Th., Bergsten, K., 1990. Alternative selection strategies for performance of the Swedish Warmblood Horse. *Livest. Prod. Sci.* 24, 273–285.
- Rendel, J.M., Robertson, A., 1950. Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a close herd of dairy cattle. *J. Genet.* 37, 1–8.
- Ricard, A., 1997. Breeding evaluations and breeding programs in France. Paper presented at the 46th EAAP meeting, Vienna, Austria.
- Stock, K.F., Distl, O., 2005. Evaluation of expected response to selection for orthopedic health and performance traits in Hanoverian Warmblood horses. *Am. J. Vet. Res.* 67, 1013–1019.
- Stock, K.F., Distl, O., 2007. Genetic correlations between performance traits and radiographic findings in the limbs of German Warmblood riding horses. *J. Anim. Sci.* 85, 31–41.
- Ström, H., Philipsson, J., 1978. Relative importance of performance tests and progeny tests in horse breeding. *Livest. Prod. Sci.* 5, 303–312.
- Tallis, G.M., 1961. The moment generating function of the truncated multi-normal distribution. *J. R. Statist. Soc.* 323, 223–229.
- Tavernier, A., 1992. Is the performance at 4 years in jumping informative for later results? Paper presented at the 41th EAAP meeting, Madrid, Spain.
- Tavernier, A., Clerc, D., 1994. Quelle est la meilleure stratégie de sélection des étalons de concours hippique? In: Les Haras Nationaux Direction du Développement (Ed.), 20ème journée de la recherche équine, pp. 3–11.
- Thorén Hellsten, E., Viklund, Å., Koenen, E.P.C., Ricard, A., Bruns, E., Philipsson, J., 2006. Review of genetic parameters estimated at stallion and young horse performance tests and their correlations with later results in dressage and show-jumping competition. *Livest. Sci.*, 103, 1–12.
- Van Veldhuizen, A.E., 1997. Breeding value estimation for riding horses in the Netherlands. 48th Annual Meeting of European Association for Animal Production, Vienna, Austria, 25–28 August, p. 8.
- Viklund, Å., Philipsson, J., Wikström, Å., Amason, Th., Thorén, E., Näsholm, A., Strandberg, E., Fredricson, I., 2005. 56th Annual Meeting of European Association for Animal Production, Uppsala, Sweden, 5–6 June.
- Von Velsen-Zerweck, A., 1998. Integrierte Zuchtwertschätzung für Zuchtperde. PhD Thesis. Göttingen.

4 Ce qu'il faut retenir de la modélisation des schémas de sélection pour le Selle-Français

Dans cette étude, deux schémas étaient comparés. Tous deux avaient pour but de modéliser un schéma de sélection avec un objectif incluant trois caractères :

- ❖ le modèle et les allures (pondération 20%)
- ❖ la réussite en compétition (pondération 60%)
- ❖ un troisième caractère difficile à estimer comme par exemple la qualité du sperme ou le statut ostéoarticulaire (pondération 20%).

Le premier schéma de sélection, le schéma « classique », comprenait 4 stades de sélection pour les mâles et un seul pour les femelles. En effet, les mâles étaient tout d'abord sélectionnés sur leur pedigree avant de participer au test de modèle et allures et aux compétitions. La seconde étape se déroulait après les performances propres et la compétition afin de sélectionner peu mais de très bons chevaux pour les mesurer sur le troisième caractère. Suite à cette mesure, les meilleurs étaient alors agréés à la reproduction ce qui constituait la troisième étape. Pour finir à 12 ans, c'est à dire lorsque la première génération de produits obtenait des résultats en compétition, les étalons subissaient le dernier stade de sélection, celui de la sélection sur descendance. Les femelles étaient sélectionnées à 5 ans et ce sans tenir compte du nombre de performances. Avec ce schéma, le gain génétique en unité d'écart type génétique est de :

- ❖ 9.4% pour l'objectif global
- ❖ 9.0% pour la réussite en compétition
- ❖ 2.6% pour le modèle et allures
- ❖ 1.5% pour le troisième caractère.

Il faut remarquer que le testage sur descendance ne représente que 12% du progrès génétique ce qui est donc une faible contribution. En revanche, la sélection des femelles contribue à 26% du progrès génétique ce qui est loin d'être négligeable.

Le second schéma de sélection était un schéma de sélection incorporant un testage en station pour les males à 3 ans. Dans ce cas, les résultats obtenus étaient équivalents au schéma de « sélection classique » si les candidats entrant en station étaient sélectionnés sur les résultats en test de modèle et allures et en compétition de leur famille étaient pris en compte. Ceci montre bien l'importance d'un large testage en compétition mais aussi en test de modèle et allures pour construire un schéma de sélection performant pour les chevaux de sport.

Applications et perspectives

A l'issue de cette thèse il nous paraît important d'une part de mettre en avant les applications pratiques réalisées ou à envisager à partir de nos résultats et d'autre part de discuter des perspectives.

1 Applications

1.1 Sélection

L'objectif appliqué de cette thèse était de proposer à l'ANSF un plan de sélection incluant plusieurs caractères. Pour ce faire, la première étape fut d'abord de dresser un état des lieux de ce qui avait été réalisé au niveau de la sélection entre 1974 et 2002. L'étape suivante fut d'étudier différents schémas de sélection.

1.1.1 Des acquis

⇒ Une sélection des femelles effective

L'état des lieux mettait en avant une bonne sélection des femelles. En effet, malgré l'absence de toute politique coercitive, la sélection est bien réelle puisque équivalente au fait de garder les 66% meilleures juments alors que dans les fait 54% des juments nées deviennent poulinières. La différence entre le taux de sélection réel et celui observé est faible. De plus, pour les poulinières nées après 1988, la précision de la sélection est bonne puisqu'elle est de 0.57. Les mères d'étalons, en l'absence là aussi de tout règlement spécifique (en dehors de leur poids dans l'évaluation génétique de leur produit, base d'une partie de la sélection), sont effectivement sélectionnées ($i=1.90$ ou $BSO>15$).

Dans la modélisation du schéma de sélection, une sélection stricte des femelles contribuait à 26% du progrès génétique, c'est donc une voie non négligeable qu'il faut encourager.

L'existence des primes PACE (distribuée depuis 1980) peut expliquer en partie ce résultat. Ces primes sont attribuées tous les ans aux poulinières titulaires de bonnes performances ou dont la famille maternelle a de bonnes performances en compétition. L'ANSF est consciente de l'intérêt de la sélection des femelles. Elle a mis en place un programme d'élevage dans lequel cet aspect est développé. Si l'inscription au stud-book Selle-Français ne dépend pas de

cette adhésion au programme d'élevage (payante), aujourd'hui, seules les juments inscrites peuvent toucher la PACE. De plus, cette adhésion permet d'obtenir une qualification de sa jument en fonction de ses performances d'une part, de ses notes aux concours de modèle et d'allures régionaux d'autre part. Toutes les poulinières inscrites au programme d'élevage participent donc aux concours de modèle et allures locaux et régionaux. Ce système met en valeur les meilleurs juments tant sur les critères de performances que de modèle et d'allures mais on peut regretter que ce système de qualification n'aboutisse pour l'instant à aucun recueil de mesures permettant une indexation. En effet, les concours de modèle et allures ne font pour l'instant l'objet d'aucune étude génétique. Enfin, nous noterons que la sélection des juments repose principalement sur l'incitation financière (prime PACE), sur la publicité (qualification) mais pas sur des mesures coercitives (refus d'inscription au Stud Book).

⇒ **Des éleveurs choisissant les meilleurs étalons**

L'état des lieux sur la sélection mettait en avant une différence majeure entre l'intensité de sélection calculée en première intention, c'est à dire sur la valeur génétique des étalons conservés pour la reproduction, et l'intensité de sélection estimée en prenant en compte l'utilisation respective des étalons après leur sélection. Cette différence est observée aussi bien au niveau de la sélection sur performances propres en compétition et ascendance que au niveau de la sélection sur descendance.

Cette étude a donc permis de mettre en évidence un choix préférentiel des éleveurs de Selle-Français pour les meilleurs étalons. En conclusion, la sélection des Selle-Français se fait grâce à l'implication d'éleveurs performants ce qui est un atout considérable. C'est aussi la réussite de la diffusion annuelle et généralisée d'indices génétiques officiels, indicateurs objectifs de la qualité de l'étalon, qui permet à l'éleveur de mettre à jour ses informations sur un étalon et d'orienter son choix régulièrement.

1.1.2 Des pistes d'amélioration simple à mettre en œuvre

⇒ **Poursuivre la sélection sur performance propre en compétition**

Un des enjeux majeurs de cette thèse était de mener une réflexion sur la pertinence du testage en station des étalons pour l'amélioration du schéma de sélection du Selle-Français.

Jusqu'à aujourd'hui, la sélection repose sur le testage en compétition d'un grand nombre de chevaux puis du choix parmi eux des meilleurs étalons. C'est donc un choix principalement sur performance propre et ascendance, puis sur descendance, à partir de résultats en situation réelle. Les étalons sont, dans ce cas, soumis à des effets de milieux très divers. Nous avons prouvé l'efficacité de cette sélection pour le CSO sur les 30 dernières années, même si elle n'est pas complètement optimum.

La sélection des étalons à partir d'un testage en station d'un petit nombre d'entre eux mais dans des conditions très homogènes a montré qu'elle n'était efficace qu'à condition d'évaluer aussi les étalons par un indice génétique à partir des résultats des collatéraux en compétition et test de terrain. Dans ce cas, et dans ce cas seulement, les deux systèmes sont équivalents. Un système qui ne reposerait que sur les résultats des étalons en station serait nettement moins efficace.

On peut donc conclure que la création de station de testage pour la sélection du Selle-Français ne permettrait pas d'intensifier le progrès génétique puisque son efficacité resterait tributaire des informations obtenues en vraie situation de compétition. Etant donné le coût qu'implique la construction d'une telle structure, nous conseillons à l'ANSF de conserver la structure actuelle de sélection après testage d'un grand nombre d'étalons en compétition et de n'ajouter des mesures complémentaires sur des caractères délicats à mesurer que sur un petit nombre d'animaux, après ce premier tri essentiel.

⇒ **Instaurer une politique de gestion des étalons**

Le choix des reproducteurs mâles représente 75% du progrès génétique. Les points clés sont les suivants :

- ❖ ***Instaurer une politique de réforme*** c'est à dire un réel testage des étalons sur descendance. L'agrément ne doit être renouvelé que pour les étalons confirmés sur descendance, dont la valeur génétique demeure concurrentielle par rapport à la jeune génération qui bénéficie du progrès génétique réalisé. Cette étape de sélection supplémentaire devrait se réaliser vers la fin de 12ème année de l'étalon, c'est à dire quand sa première ou deuxième génération de produits sort en compétition. Cette étape n'est pas tellement importante par le surplus de progrès qu'apporte les étalons qui demeurent en activité mais parce qu'elle

retire de la reproduction les étalons trop âgés, dépassés par les jeunes générations.

- ❖ **Agréer moins d'étalons.** Dans notre modélisation, nous comptons 30 produits par étalon et par an alors que la moyenne actuelle est juste d'environ 11 produits par étalon et par an. Ce nombre est directement lié à l'intensité de sélection applicable, donc au progrès génétique et il est donc conseillé à l'ANSF de pratiquer une sélection plus stricte des étalons. Passer de 11 à 30 produits soit 18 à 48 saillies par étalon et par an ne comporte aucun risque pour la variabilité génétique et relève aussi d'un bon sens économique. Cela divise le nombre d'étalons en activité (actuellement 650) par 3. Bien évidemment, il ne faut pas tomber dans un excès inverse ou un trop faible nombre d'étalon est sélectionné, conduisant ensuite à un nombre extrême de descendants par étalons. On peut estimer la limite physiologique de l'étalon au niveau de la semence produite à environ 300 descendants par an obtenus grâce à l'insémination artificielle. Dans ce cas, on pourrait alors avoir des craintes pour la variabilité génétique
- ❖ **Valoriser les jeunes étalons « performeurs ».** C'est un concept clé de la sélection. En effet, du simple fait du progrès génétique, les plus jeunes étalons sont les meilleurs avant que l'étape de sélection sur descendance n'intervienne. Dans la modélisation, c'est d'ailleurs les jeunes étalons qui ont le plus de fils approuvés en effectif. Ces étalons doivent donc être promus pour être pleinement utilisés à la reproduction, ce qui n'est pas toujours le cas aujourd'hui. Cela ne veut pas dire cependant qu'il faille sélectionner trop jeune, c'est-à-dire avant les performances. De plus, pour réaliser un testage sur descendance efficace, il faut que les étalons aient le plus rapidement possible des fils qui sortent en compétition et donc qu'ils se reproduisent dès leur agrément

1.1.3 Un objectif de sélection multicaractère mais pas multidisciplinaire

Il ne nous a pas paru judicieux d'inclure un objectif multidisciplinaire : CSO et dressage ou CCE dans la modélisation du schéma de sélection. D'une part, des pays comme l'Allemagne et les Pays-Bas, nations phares pour le CSO comme pour le dressage, élèvent des chevaux de

haut niveau mais ont en réalité deux rameaux de sélection distincts. Et d'autre part, bien que l'ANSF ambitionne de faire du Selle-Français un cheval polyvalent, cela semble difficilement réalisable car le dressage est une discipline où le Selle-Français est peu présent : seuls 6% des naissances participent à ces compétitions. A 5 ans, l'âge de sélection des futurs étalons, seulement près de 230 Selle-Français participent aux compétitions jeunes chevaux de 5 ans. Avec ce faible nombre de chevaux, la création d'un rameau de Selle-Français spécialisé pour le dressage est peu envisageable.

Par ailleurs, nous avons montré que la sélection du Selle-Français pour le CSO n'entraînait pas de dégâts collatéraux sur les autres disciplines (stabilité du niveau génétique en dressage et légers progrès pour le CCE) donc nous conseillons à l'ANSF de poursuivre dans cette voie.

En revanche, allier production d'un cheval performant pour le CSO mais agréable dans son modèle et ses allures est tout à fait possible. Dans les conditions actuelles de testage en compétition et concours de modèle et allure, nous avons montré qu'un progrès génétique de 2.6% d'écart type génétique avec seulement un poids de 20% pour ce caractère, et cela dans des conditions pas particulièrement favorables de corrélation génétique nulle avec la compétition. Les seuls obstacles à la réalisation de ce progrès sont l'absence actuel de recueil précis des informations obtenues à partir de ce modèle et allures, la réalisation d'étude génétique qui permettrait de préciser héritabilité et corrélations génétiques et la création d'un indice génétique qui augmenterait notablement la précision de la sélection aujourd'hui basée uniquement sur la performance propre. Le choix d'un indice de synthèse pour la sélection clarifierait nettement le poids de chaque caractère et les objectifs réels du Selle-Français.

1.2 Une Gestion souple de la variabilité génétique

Les résultats de l'analyse de la variabilité génétique montrent que le Selle-Français n'est pas dans une situation alarmante : 1.4% de consanguinité pour 7 générations connues en moyenne. De plus, l'augmentation de la consanguinité a freiné ces dernières années : +0.03% d'augmentation annuelle depuis 1998. Ce bon résultat n'a donc pas motivé une modélisation conjointe des choix de sélection et de la gestion généalogique de la variabilité génétique. Nous nous sommes orientés vers une gestion souple de la variabilité génétique en offrant à

l'ANSF des outils simples qui peuvent servir d'indicateurs dans ses choix de sélection. Ainsi, nous sommes à l'origine de la publication dans le catalogue officiel des étalons de l'ANSF 2005 et 2006, mais aussi pour les candidats étalons en 2006 et pour les juments inscrites au programme d'élevage, des indicateurs de la variabilité génétique :

- ❖ composition raciale
- ❖ coefficient de consanguinité
- ❖ pourcentage de sang en commun avec les 16 ancêtres majeurs.
- ❖ Coefficient de parenté moyen avec les étalons en activité

Afin que les éleveurs comprennent pleinement l'intérêt de ses données et leur emploi, des notes explicatives furent rédigées. Ainsi, lors du choix des étalons candidats mais aussi lors du choix d'accouplement pour l'éleveur, un critère d'originalité génétique peut être utilisé.

2 Perspectives

2.1 Apports des croisements avec les Selle étrangers

Les croisements faisant appel à des Selle-Etranger connaissent depuis 1998 une croissance exponentielle. En effet, ils représentaient seulement 1% des pères de Selle-Français en 1998 et atteignent 25% en 2005.

Il serait intéressant de mesurer l'influence des Selle Etranger d'une part sur le progrès génétique des Selle-Français et d'autre part sur leur consanguinité. L'influence des Selle-Etranger sur le progrès génétique du Selle-Français ne peut se mesurer qu'en présence de performances mesurées sur leur production où sur eux-mêmes. En ce sens, la SHF (Société Hippique Française) a fait un progrès décisif en ouvrant le cycle classique des jeunes chevaux aux chevaux d'origines étrangères. En 2006, les Selle-Etranger représentaient environ 5% des partants en compétition jeunes chevaux. Ainsi, le Selle-Français peut tester selon ses propres critères la qualité des étalons étrangers. Pour la descendance, il faut attendre qu'un échantillon large des productions soit disponible et ne pas se limiter aux productions importées mais bien aux produits d'étalons importés. Ce constat pourra être fait avec les données désormais

disponibles. Concernant la variabilité génétique, nous avons montré qu'un tiers des gènes apportés par les Selle étrangers était en réalité un retour aux origines pur –sang ou Selle-Français. Confirmer ce résultat serait opportun. De plus, depuis 1998, date à laquelle l'introduction du Selle-Etranger a débuté, on avait constaté une diminution de l'accroissement du coefficient de consanguinité. Il s'agit de confirmer l'apport bénéfique des Selle-Etranger dans le maintien de la variabilité génétique des Selle-Français.

2.2 Un programme de modélisation de la sélection des races chevalines

2.2.1 Les spécificités du logiciel réalisé

Le programme informatique permettant de modéliser le schéma de sélection pour le Selle-Français prend en compte les particularités des programmes de sélection des chevaux :

- ❖ modélisation directe des « vraies » contraintes dans la définition des groupes de sélection :: nombre de chevaux testés dans les différentes structure de testage, présence des différents profils possibles.
- ❖ modélisation rigoureuse des schémas de sélection avec des générations chevauchantes et l'inclusion des méthodes modernes d'évaluations génétiques basées sur tous les apparentés et toutes les performances.
- ❖ modélisation de schémas avec un objectif de sélection multi-caractère.

Du fait de sa souplesse, et de l'intégration des contraintes spécifiques de l'élevage du cheval, éloigné des plans de sélection très structurés des autres espèces, ce logiciel pourra être facilement utilisé pour d'autres races équinnes. Les restrictions majeures à son utilisation sont la définition précise de l'objectif de sélection et la connaissance des paramètres génétiques des caractères recherchés. En effet, même pour le Selle Français, nous avons du faire des hypothèses sur l'objectif réel de production et les caractères impliqués en l'absence d'étude économique correspondante ou de déclaration d'intention de la part de l'ANSF. De plus, de nombreux paramètres génétiques pour des caractères somme toute classiques (reproduction, modèle et allures) demeurent inconnus.

2.2.2 Des améliorations possibles

Les principales améliorations du logiciel à prévoir sont les suivantes :

- ❖ Nous avons supposé que les candidats étaient sélectionnés tous au même âge. Une vision plus réaliste des choses serait de voir s'affronter des chevaux d'âge différents. Ainsi, les différents seuils de sélection seraient calculés en prenant en compte des différences de précision d'indices dues à l'âge des candidats et le fait qu'un candidat est pu échouer à un âge plus précoce.
- ❖ Le nombre de produits par étalon est éminemment variable dans la réalité : la distribution est loin d'être normale. La prise en compte de cette variabilité a-t-elle un impact sur l'espérance du progrès génétique pour une même valeur moyenne ?
- ❖ Actuellement, il existe une assez forte homogamie entre reproducteurs pour l'aptitude à la compétition. Ensuite, il manque dans le programme la prise en considération de l'homogamie dont il faudrait mesurer l'influence en la modélisant.
- ❖ Nous n'avons pas modélisé conjointement le progrès génétique et la gestion de la variabilité génétique car nous avons estimé que le niveau de diversité génétique n'était pas à l'heure actuelle préoccupant. Cependant, la diffusion d'outils laissés à la libre appréciation de chacun ne peut constituer un conseil éclairé car il est alors impossible de prévoir et réguler leurs impacts. Le seul conseil éclairé à donner ne peut venir que d'une modélisation conjointe de plans de sélection, en fonction du taux de consanguinité « tolérable » ou du progrès génétique minimum désiré.
- ❖ Une des caractéristiques de l'objectif de sélection est que la valeur d'un cheval est une fonction exponentielle de sa qualité. Dans quelle mesure ce constat peut influencer la modélisation d'un schéma de sélection ? la question reste entière.
- ❖ Où inclure l'aide future de la génétique moléculaire ? Nous avons montré que le schéma de sélection était efficace dès lors que les caractères pouvaient être mesurés sur une large population. Il le demeure pour un caractère mesuré sur un nombre limité de chevaux quand les conditions sont favorables (corrélation génétique positive). En revanche il demeure difficile d'obtenir un progrès génétique sur ce caractère dès lors que la corrélation est nulle et même d'éviter une dégradation dès lors que la corrélation est, même faiblement, défavorable. C'est donc sur ce type de caractère que nous aimerions tester l'intérêt et la manière d'introduire une sélection avec l'aide de données de marqueurs moléculaires.

En conclusion, ma thèse a démontré l'intérêt très pratique de la modélisation des schémas de sélection en vue de l'optimisation d'un progrès génétique sur un objectif défini. Si les concepts demeurent difficiles à appréhender par la profession largement amateur, les applications très fonctionnelles devraient conquérir les responsables des associations d'éleveurs.

Références bibliographiques

Anonyme (2002). Les encouragements distribués à la filière équine année 2002. Les Haras Nationaux, Direction connaissances, service SIRE, document confidentiel

Anonyme (2004). Les encouragements distribués à la filière équine année 2004. Les Haras Nationaux, Direction connaissances, service SIRE, document confidentiel

Anonyme (2006a). Annuaire Ecus 2006, Tableau économique, Statistique et graphique du cheval en France données 2005. Les Haras Nationaux, Direction connaissances, service librairie, p 65.

Anonyme (2006b). Enquête des Haras nationaux et de la Fival : Le marché du cheval de selle en France en 2005. Les Haras Nationaux, Direction connaissances, observatoire économique, p 11.

Aldridge L.I., Kelleher D.L., Reilly M., Brophy P.O. (2000). Estimation of the genetic correlation between performances at different levels of show jumping competitions in Ireland. *J.Anim. Breed. Genet.* 117, 65–72.

Arnason Th. (1987). Contribution of various factors to genetic evaluations of stallions. *Livest. Prod. Sci.* 16, 407-419.

Árnason T., Philipsson G., Philipsson J. (2001). « Rapport om BLUP avelsvärdering baserad på kvalitätsbedömningsresultat för fyraåriga ridhäster 1973–2000 ». IHBC AB, Knubbo, Morgongåva, Sweden.

Arnason Th., Björnsdóttir S. (2003). Heritability of age-at-onset of bone spavin in Icelandic horses estimated by survival analysis. *Livest. Prod. Sci.* 79, 285-293.

Aurich C, Achmann R, Aurich J.E. (2003). Semen parameters and level of microsatellite heterozygosity in Noriker draught horse stallions. *Theriogenology* 60, 371–8.

Barrey E., Desliens F., Blouin C., Langlois B. (2002). Mesure du modèle des allures et du saut des étalons nationaux par la méthode equimetric. *In : Proceedings of the 28^{ème} Journée de la Recherche Equine*, Paris, France, 157-176.

Baumung R. and Sölkner J. (2001). Relationship of true autozygosity and inbreeding coefficient based on pedigree or marker information. *Paper presented at the 52nd annual meeting of EAAP*, Budapest, Hungary, 26–29 August 2001.

Björnsdóttir S., Arnason Th., Axelsson M., Eksell P., Sigurðsson H., Carlsten J. (2000). The heritability of degenerative joint disease in the distal tarsal joints in Icelandic horses. *Livest. Prod. Sci.* 63, 77-83.

Boichard D., Maignel L., Verrier E. (1996). Analyse généalogique des races bovines laitières françaises. *INRA Prod Anim.* 9, 323-335.

Boichard D., Maignel L., Verrier E. (1997). Value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population, *Genet. Sel. Evol.* 29, 5-23.

Boichard D. (2002). PEDIG: a fortran package for pedigree analysis suited for large populations. *In : Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livest. Prod.*, Montpellier, France, CD-Rom, comm. No. 28_13.

Boichard D. (2006). <http://dga.jouy.inra.fr/sgqa/>

Boyer S., Couzy C., Morhain B., Veron J. Pavie J. (2007). Les éleveurs équins en recherche de rentabilité. In : *Proceedings of the 33^{ème} Journée de la Recherche Equine*, Paris, France, 105-117.

Brochard M., Palhière I., Astruc J.M., Barillet F., Bouix J., Bibé B., Dion F., Elsen J.M., François D., Griffon L., Jullien E., Leymarie C., Orlianges M., Pantano T., Perret G., Tiphine L., Tribon P. (2006). Use of the PRP major gene to select for scrapie resistance: example of 5 years intensive French breeding plan. In: *Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livest. Prod.*, Bello Horizonte, Brazil, CD-Rom, comm. No. 22_32.

Brockmann, A. (1998). Entwicklung einer Eigenleistungsprüfung im Feld für Hengste unter Berücksichtigung der Turniersportprüfung. Doctoral thesis, University of Göttingen, Germany.

Bruns E., Rauls B., Bade B. (1985). Die Entwicklung von Selektionskriterien für die Reitpferdezucht. V. Phänotypische und genetische Parameter und Selektionsindices für eigenleistungsgeprüfte Hengste. *Züchtungsk.* 57, 172–182.

Bruns E. (1990). Breeding values and estimation of genetic trends in riding horses. In : *Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livest. Prod.* 16, Edinburgh, United-Kingdom, 206-208.

Bruns E. and Schade W. (1998). Genetic value of various performance test schemes of young riding horses. In : *Proceedings of the 6th World Congress Genetic Applied to Livest. Prod.*, Armidale, Australia, 420–423.

Colenbrander B., Gadella B.M., Stout T.A.E. (2003). The predictive value of semen analysis in the evaluation of stallion fertility. *Reprod Dom Anim* 38, 305–11.

Colleau J.J., Moureaux S., Briend M., Béchu J. (2003). Gestion dynamique de la variabilité génétique lors de la sélection des bovins laitiers. *In: Proceedings of the 10^{ème} Rencontres Recherche Ruminants* Paris, France : 181- 184.

Colleau J.J., Moureaux S., Briend M., Béchu J. (2004). A method for the dynamic management of genetic variability in dairy cattle. *Genet. Sel. Evol.*, 36, 373-394.

Colleau J.J., Moureaux S. (2006). Gestion optimisée de la parenté et de la consanguinité dans les programmes de sélection des bovins laitiers. *INRA Prod Anim.* 19, 3-14.

Combe M.H. (1998). L'organisation de la sélection du cheval de sport : une comparaison France Allemagne. *Mémoire bibliographique de DAA*, INA Paris-Grignon, p 48.

Cothran E.G., MacCluer J.W., Weitkamp L.R., Pfennig D.W., Boyce A.J. (1984). Inbreeding and reproductive performance in standardbred horses. *J. Hered.* 75(3), 220-4.

Couzy C., Morhain B., Boyer S. (2006). Typologie des élevages de chevaux : méthode et premiers résultats. *In : proceedings of the 32^{ème} Journée de la Recherche Equine*, Paris, France, 195-206.

Couzy C., Capitain M., Palazon R. Coquan M., (2007). Peut on encore parler d'éleveur, de cheval ou d'équitation de sport et de loisir ? *In : proceedings of the 33^{ème} Journée de la Recherche Equine*, Paris, France, 119-132.

Crenier Denoix N., Pourcelot P., Ricard A., Audigie F. Erlinger D., Lagache C., Concordet D., Tavernier L., Denois JM., Doucet M., (2006). Morphométrie 3D : un nouvel outil au service de l'élevage et de la sélection. *Equ'idée* 57, 76-79.

Cunningham EP., Dooley J.J., Splan R.K., Bradley D.G. (2001). Microsatellite diversity, pedigree relatedness and the contributions of founder lineages to thoroughbred horses. *Anim. Genet.* 32, 360–364.

Curik I., Zechner P., Sölkner J., Achmann R., Bodo I., Dovc P., Kavar T., Mart E., Brem G. (2003). Inbreeding, microsatellite heterozygosity and morphological traits in Lipizzan horses. *J Her* 94(2), 125-132.

Dolvik N.I. and Gaustad G. (1996). Estimation of the heritability of lameness in standardbred trotters. *Veterinary record* 138; 540-542.

Dolvik N.I. and Klemetsdal G. (1994). Arthritis in the carpal joints of Norwegian trotter – heritability, effects of inbreeding and conformation. *Livest. Prod. Sci.* 39, 283-290.

Ducro B.J., Speelman H., Koenen E.P.C., Van Tartwijk J.M.F.M (2002). Genetic relations between the first stallion inspection and the dressage and show jumping competition results in the Dutch warmblood riding horse population. *In: Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livest. Prod.*, Montpellier, France, 379–382.

Ducro B.J., Koenen E.P.C., van Tartwijk J.M.F.M, Bovenhuis H. (2007). Genetic relations of movement and free-jumping traits with dressage and show-jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses. *Lives. Sci.* 107, 227-234.

Dubois C., Ricard A. (2007). Efficiency of past selection of the French Sport Horse: Selle Français breed and suggestions for the future, *Livest Sci. in press.*

Elsen J.M. (1992). De l'optimisation au progrès génétique réalisé dans les schémas de sélection. *INRA Prod. Anim. n° hors série génétique quantitative*, 237-242.

Elsen J.M., Moreno C.R., Bodin L., François D., Bouix J., Barillet F., Allain D., Lantier F., Lantier I., Schibler L., Roig A., Brunel J.C., Vitezica Z.G. (2006). Selection for scrapie resistance in France: is there evidence of negative effects on production and health traits? *In : Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livest. Prod.*, Bello Horizonte, Brazil, CD-Rom, comm. No: 15_15.

Foran M.K., Cromie A.R., Reilly M.P., Kelleher D.I, Brophy, P.O. (1994). Analysis of show jumping data in the Irish sport horse population *Paper presented at the 45th annual EAAP meeting*, Edinburgh, United Kingdom, 5-8 September 1994.

Gandini G.C., Bagnato A., Miglior F., Pagnacco G., (1992). Inbreeding in the Italian Haflinger horse. *J. Anim. Breed. Genet.* 109, 433–443.

Gandini G.C., Samore A., Pagnacco G. (1997). Genetic contribution of the arabian to the haflinger horse. *J. Anim. Bredd Genet.* 114, 457-464.

Gautier S. (2003). <http://www.wbfsh.org/>

Gelinder A, Skoglund A.C., Näsholm A., Philipsson J. (2001). Relationships between stallion performance test results and sport results in dressage and show jumping. *Paper presented at the 52nd annual EAAP meeting*, Budapest, Hungary, 26–29 August 2001.

Gelinder A., Thorén E., Näsholm A., Philipsson J. (2002). Relationships between test results at 3 and 4 years of age for Swedish riding horses. *In: Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livest. Prod.*, Montpellier, France, 30, 375–378.

Geysen D., Janssens S., Vandepitte W., (2000). Prijskampindexen voor dekhengsten, *Belgisch Warmboedpaard* 5, 18-21.

Gerber Olsson E., Arnasson Th., Philipsson J. (1997). Procedures for genetic evaluation of conformation and performance of riding horses in Sweden. *Paper presented at 48th annual EAAP meeting*, Vienna, Austria, 25-28 August 1997.

Gerber Olsson E., Arnason Th., Nasholm A., Philipsson J., (2000). Genetic parameters for traits at performance test of stallions and correlations with traits at progeny tests in Swedish warmblood horses. *Livest. Prod. Sci.* 65, 81– 89.

Glazewska I., Jezierski T., (2004). Pedigree analysis of Polish Arabian horses based on founder contributions. *Livest. Prod. Sci.* 90, 293– 298.

Glowatzki-Mullis M. L., Muntwyler J., Pfister W., Marti E., Rieder S., Poncet P. A., Gaillard C. (2005). Genetic diversity among horse populations with a focus on the franchises-Montagnes. *Breed. Ani. Genet.* 37, 33-39.

Grondahl A.M., Dolvik N.I. (1993). Heritability estimations of osteochondrosis in the tibiotarsal joint and of bony fragments in the palmar/plantar portion of the metacarpo and metatarsophalangeal joints of the horses. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 203, 101-104.

Hausberger M., Le Scolan N., Bruderer C., Pierre J.S. (1998). Le tempérament du cheval: facteurs en jeu et implications pratiques. *In : Proceedings of the 24^{ème} de la Journée de la Recherche Equine*. Paris, France, 159-169.

Huby M, Griffon L, Moureaux S, De Rochambeau H, Danchin-Burge C, Verrier E., (2003). Genetic variability of six French meat sheep breeds in relation to their genetic management. *Genet Sel Evol* 35, 637-55.

Hugason K., Arnason Th., Norell L. (1987). Efficiency of three stage selection. *J. Anim. Breed. Genet.* 104, 350–363.

Huizinga H.A. and Van der Meij G.J.W. (1989). Estimated parameters of performance in jumping and dressage competition of the Dutch Warmblood horse. *Livest. Prod. Sci.* 21, 333–345.

Huizinga H.A. (1990). Genetic studies on performance of dutch warmblood riding horse. Doctoral thesis. University of Wageningen. The Netherland.

Huizinga H.A., Boukamp M., Smolders G. (1990). Estimated parameters of field performance testing of mares from the Dutch Warmblood riding horse population. *Livest. Prod. Sci.* 26, 291–299.

Huizinga H.A., Van der Werf J.H.J., Korver S., Van der Meij G.J.W. (1991). Stationary performance testing of stallions from the Dutch Warmblood riding horse population: 1. Estimated genetic parameters of scored traits and the genetic relation with dressage and jumping competition from offspring of breeding stallions. *Livest. Prod. Sci.* 27, 231–244.

Jaitner J. and Reinhardt F. (1993). Estimation of breeding values for performance test traits of stallions. *Paper presented at the 44th annual EAAP meeting*, Aarhus, Denmark, 16-19 August 1993.

Jaitner J. and Reinhardt F. (2003). National genetic evaluation for horses in Germany. *Paper presented at the 54th annual EAAP meeting*, Rome, Italy, 31 August-3 September 2003.

Jaitner, J., Reinhardt, F. (2006). www.vit.de

Janssens S., Geysen D., Vandepitte W. (1997). Genetic parameters for show jumping in Belgian sporthorses. *Paper presented at the 48th annual EAAP meeting*, Vienna, Austria, 25-28 August 1997

Janssens S. and Vandepitte W. (2001). Genetische Springindex uitgebreid, *Het Belgisch Warmbloedpaard*, 36-38

Klemetsdal G. (1993). Demographic parameters and inbreeding in the Norwegian trotter. *Acta Agric Scand* 43, 1–8.

Klemetsdal G. (1998). The effect of inbreeding on racing performance in Norwegian cold-blooded trotters. *Genet Sel Evol* 30, 351–366.

Klemetsdal G. and Johnson M. (1989). Effect of inbreeding on fertility in Norwegian trotter. *Livest. Prod. Sci.* 21, 263–72.

Koenen E.P.C., Van Veldhuizen A.E., Brascamp E.W. (1995). Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show jumping performance in the Dutch Warmblood Riding Horse population. *Livest. Prod. Sci.* 43, 85-94.

Koenen E.P.C., Dik K.J., Knaap J.H., Van der Kuil R.J.G., Van Weeren P.R. (2000). Evaluation of selection strategies against osteochondrosis for the Dutch warmblood riding horse population. *Paper presented at the 49th annual EAAP meeting*, The Hague, The Netherlands, 21-24 August 2000.

Koenen E.P.C. and Aldridge L.I. (2002). Testing and genetic evaluation of sport horses in an international perspective. *In : Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied Livest. Prod.* Montpellier, France, 367– 374.

Koenen E.P.C., Aldridge L.I., Philipsson J. (2004). An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livest. Prod. Sci.* 88, 77–84.

Langlois B. (1980). Estimation of the breeding value of sport horses on the basis of their earnings in French equestrian competitions. *Ann. Genett. Sel. Anim.* 12, 15–31.

Langlois B. (2003). La sélection des chevaux de selle à l'aube du XXI^e siècle. *Rapport pour la Journée AFTA Cheval*, Maison Alfort, Paris.

Langlois B., Blouin C. (2004). Practical efficiency of breeding value estimations based on annual earnings of horses for jumping, trotting and galloping races in France. *Livest. Prod. Sci.* 87, 99–107.

Lansade L., Bouissou M.F. (2003). Caractérisation du tempérament chez le poulain après sevrage. *In : Proceedings of the 29^{ème} Journée de la Recherche Equine*, Paris, France, 49-60.

Lansade L., Lévy F., Bouissou M.F. (2005). Recherche d'un lien entre le tempérament du cheval et son aptitude à être utilisé. *In : Proceedings of the 31^{ème} de la Journée de la Recherche Equine*. Paris, France, 119-130.

Lansade L. (2005). Le tempérament du cheval, étude théorique, application à la sélection des chevaux destinés à l'équitation. Doctoral thesis, university of Tours, France.

Lescoat E. (1994). Etude compare de la sélection des chevaux de sport et de course des différents pays européens. *Mémoire bibliographique de DAA*, INA Paris Grignon, France. P 42.

Lühns-Behnke H., Röhe R., Kalm E. (2002). Estimation of genetic parameters for traits used in the integrated breeding evaluation of German warmblood horses. *Paper presented at 53rd annual EAAP meeting*, Cairo, Egypt, 1-4 September 2002.

MacCluer J.W., Boyce J.A., Dyke B., Weitkamp L.R., Pfenning D.W., and Parsons C.J. (1983). Inbreeding and pedigree structure in standardbred horses. *J Hered* 74, 394–399.

Mahon G.A.T. and Cunningham E.P. (1982). Inbreeding and the inheritance of fertility in the thoroughbred mare. *Livest. Prod. Sci.* 9, 743–754.

Maignel L. and Labroue F. (2001). Analyse de la variabilité génétique des races porcines collectives et des races locales en conservation à partir de l'information généalogique, *In: Proceedings of the 33^{ème} Journée de la Recherche Porcine*. Paris, France, 111-117.

Manchard N. (1999) Rapport bibliographique sur l'état actuel de la sélection des chevaux de sport en europe, *Memoire bibliographique ENSAIA*, p 51

Mattalia S., Barbat A., Danchin Bruge C., Brochard M., Le Mezzec P., Minery S., Jansen G., Van Doormal B., Verrier E. (2006). La variabilité génétique des huit principales races bovines laitières françaises : quelles évolutions, quelles comparaisons internationales ? *In: Proceedings of the 13^{ème} Rencontres Recherche Ruminants* Paris, France, 239-246.

Moureaux S, Verrier E , Ricard A, and Mériaux JC, (1996). Genetic variability within French race and riding horse breeds from genealogical data and blood marker polymorphisms. *Genet Sel Evol* 28, 83–102.

Moureaux S., Boichard D., Verrier E. (2000). Utilisation de l'information généalogique pour l'estimation de la variabilité génétique de huit races bovines laitières françaises d'extension nationale ou régionale. *In: Proceedings of the 7^{ème} Rencontres Recherche Ruminants*. Paris, France, 149-152.

Orlianges M., Palhiere I., Brochard M. (2006). Principes et bilan d'une méthode de gestion de la variabilité génétique en groupe de mâles appliquée depuis 2 à 3 a,ns dans les schémas de

sélection ovins. *In: Proceedings of the 13^{ème} Rencontres Recherche Ruminants*, Paris, France, 239-246.

Palhière I., Brochard M., Verrier E., Moazami-Goudarzi K., Amigues Y., Barillet F., Bed'Hom B., Bibé B., Bouix J., François D., Leymarie C., Pantano T. (2006). Did the selection for scrapie resistance impact the genetic variability? Preliminary results on four French sheep breed. *In: Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livest. Prod.*, Bello Horizonte, Brazil, CD-Rom, comm. No. 30_10

Perrocheau M. (2005). Recherche de gènes de prédisposition à des maladies génétiques équine. Exemple de l'ostéochondrose. Doctoral thesis, University of Versailles-Saint-Quentin, France.

Pieramati C., Pepe M., Silbestrelli M., Bolla A. (2003). Heritability of osteochondrosis dissecans in Maremmano horses. *Livest. Prod. Sci.* 79, 249-255.

Phillipsson J., Arnason Th., Bergsten K., (1990). Alternative selection strategies for performance of the Swedish Warmblood Horse. *Livest. Prod. Sci.* 24, 273–285.

Phillipsson J., Andreasson E., Sandgren B., Dalin G., Carlsten J. (1993). Osteochondrosis in the tarsocrural joint and osteochondral fragments in the fetlock joints in standardbred trotters. II. *Heritability. Equine vet. J. Suppl.* 16, 38-41.

Phocas F. (1995). Modélisation et optimisation de programmes de sélection sur la croissance en races bovines allaitantes. Doctoral thesis, INA Paris-Grignon, France

Pourcelot P., Audigie F., Lacroix V., Denoix JM., Crenier Denoix N., (2002). Suivi des paramètres morphométriques et des aplombs du cheval une méthode 3D. *In : Proceedings of the 28^{ème} Journée de la Recherche Equine*, Paris, France, 137-148.

Reilly M., Foran M.K., Kelleher D.L., Flanagan M.J., Brophy P.O. (1998). Estimation of genetic value of showjumping horses from the ranking of all performances in all competitions. *J. Anim. Breed. Genet.* 115, 17-25.

Reinhardt F. and Schmutz M. (1997). Estimation of breeding values for sport horses in Germany. *Paper presented at the 46th annual EAAP meeting, Vienna, Austria, 25-28 August 1997.*

Rekaya R., Weigel K., and Gianola D. (2003). Bayesian estimation of parameters of a structural model for genetic covariances between milk yield of five regions of the United States, *J. Dairy Sci.* 86, 1837-1844.

Rendel J.M. and Robertson A., (1950). Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a close herd of dairy cattle. *J. Genet.* 37, 1-8.

Ricard A. (1997). Breeding evaluations and breeding programs in France. *Paper presented at the 46th annual EAAP meeting, Vienna, Austria, 25-28 August 1997.*

Ricard A. and Chapuis H. (1997). Genetic correlation between longevity and performances for jumping horses. *Paper presented at the 46th annual EAAP meeting, Vienna, Austria, 25-28 August 1997.*

Ricard, A. and Fournet, F. (1997). Analysis of factors affecting length of competitive life of jumping horses. *Genet. Sel. Evol.* 29, 251-267.

Ricard A. and Chanu I. (2001). Genetic parameters of eventing horse competition in France. *Genet. Sel. Evol.* 33, 174-190.

Ricard A., Valette J. P., Denoix J.M. (2001). Héritabilité des affections ostéo-articulaires juvéniles chez le cheval de sport. *In: Proceedings of the 27^{ème} Journée de la Recherche Equine*, Paris, France, 153-164.

Ricard A., Couroucé-Malblanc A., Denoix J.M., Valette J.P., (2002a). Héritabilité des affections ostéoarticulaires juvéniles. *In: Proceedings of Journées de l'A.V.E.F.*, Le Touquet, France, 262-272.

Ricard A., Valette J.P., Denoix J.M. (2002b). Heritability of juvenile osteo-articular lesions of sport horses in France. *In: Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Lives. Prod*, Montpellier, France, CD-Rom, comm. No. 05_08.

Ricard A. (2004). Le tempérament du cheval: facteurs de variation d'ordre génétique. *In Proceedings of the 30^{ème} Journée de la Recherche Equine*, Paris, France, 142-153.

Ricard A. (2007) Héridité et mesure. In les Haras nationaux direction des connaissances (Eds), L'amélioration génétique des équidés, sous presse.

Ruhlmann C., Bruns E., fraehr E., Koenen E.P.C., Philipsson J., Janssens S., Quinn K., Thorén Hellsten E., Ricard A. (2006). Connectedness between 7 European countries horse jumping competition, The intersatallion pilot project II. *Paper presented at the 57th annual EAAP meeting*, Antalya, Turkey, 17-20 September 2006.

Ruohoniemi M., Ahtiainen H., Ojala M. (2003). Estimates of heritability for ossification of the cartilages of the front feet in the Finnhorse. *Equine Veterinary journal* 35 (1), 55-59.

Saastonmoinen M.T., Barrey E. (2000). Genetic of conformation, locomotion and physiological traits. In A.T. Bowling and A. Ruvinsky (Eds), *The genetics of the horse*, CBI publishing, UK, 439-456.

Schade W. (1996). Entwicklung eines Besamungszuchtprogramms für die Hannoversche Warmblutzucht. Doctoral thesis, University of Göttingen, Germany.

Schober M. and Bruns, E. (2003). Estimation of genetic parameters of osteochondrosis in Hanoverian Warmblood foals. *Paper presented at 54th annual EAAP meeting*, Rome, Italy, 31 August-3 September 2003.

Sigurdsson A., Hugason K., Arnason Th. (1997). Breeding strategies and genetic progress in the Icelandic toelter population. *Paper presented at the 46th annual EAAP meeting*, Vienna, Austria, 25-28 August 1997.

Silvestreli M., Pierameti C., Cavalucci C., Bonanzinga M. (1995). The current breeding plans for saddle horse, trotter and thoroughbred in Italy. *Paper presented at the 44th annual EAAP meeting*, Prague, Czech Republic, 4-7 September 1995.

Stock K.F., Hamann H., Distl O. (2004a). Variance component estimation on the frequency of deforming arthropathies in limb joints of Hanoverian Warmblood horses. *J. Anim. Breed. Genet.* 121, 269–288.

Stock K.F., Hamann H., Distl O., (2004b). Variance component estimation on the frequency of pathologic changes in the navicular bones of Hanoverian Warmblood horses. *J. Anim. Breed. Genet.* 121, 289–301.

Stock, K.F. and Distl O. (2005). Evaluation of expected response to selection for orthopaedic health and performance traits in Hanoverian Warmblood horses. *Am. J. Vet. Res.* 67, 1013-1019.

Stock K.F., Hamann H., Distl O., (2005). Estimation of genetic parameters for the prevalence of osseous fragments in limb joints of Hanoverian Warmblood horses. *J. Anim. Breed. Genet.* 122 , 271–280.

Stock, K.F., Distl, O. (2006). Genetic correlations between osseous fragments in fetlock and hock joints, deforming arthropathy in hock joints and pathologic changes in the navicular bones of Warmblood riding horses. *Liv. Sci.* 105, 35-43.

Stock K.F. and Distl O. (2007). Genetic correlations between performance traits and radiographic findings in the limbs of German Warmblood riding horses. *J. Anim. Sci.* 85, 31-41.

Ström H. and Philipsson H. (1978). Relative importance of performance tests and progeny tests in horse breeding. *Livest. Prod. Sci.* 5, 303–312.

Ström H. (1982). Changes in inbreeding and relationship within the Swedish standardbred trotter. *J Anim Breed Genet* 99, 55–58.

Tallis G.M. (1961). The moment generating function of the truncated multi-normal distribution. *J. R. Statist. Soc.* 323, 223-229.

Tavernier A. (1991). Genetic evaluation of horses based on ranks in competition. *Genet. Sel. Evol.* 23, 159–173.

Tavernier A., (1992). Is the performance at 4 years in jumping informative for later results ? *Paper presented at the 43rd annual EAAP meeting, Madrid, Spain, 13-17 September.*

Tavernier A. and Clerc D., (1994). Quelle est la meilleure stratégie de sélection des étalons de concours hippique ? In : Proceedings of the 20^{ème} Journée de la Recherche Equine, Paris, France, 3–11.

Thorén E., Gelinder A., Bruns E., Philipsson J. (2002). Review of genetic parameters estimated at stallion and young horse performance tests and their correlations with later competition results. *Paper presented at 53rd annual EAAP Meeting*, Cairo, Egypt, 1-4 September.

Thorén E., Jorjani H., Philipsson J. (2005). Connectedness among five European sport horse populations-aspects on ID recording and exchange of pedigree data. *Paper presented at 56th annual EAAP meeting*, Uppsala, Sweden., 5-8 June.

Thorén Hellsten E., Viklund A, Koenen E.P.C., Ricard A., Bruns E., Philipsson J. (2006). Review of genetic parameters estimated at stallion and young horse performance tests and their correlations with later results in dressage and show-jumping competition. *Livest. Sci.* 103, 1-12.

Uphaus H., Preisinger R., Kalm E., (1994). Feld-und Stationsprüfung für Stuten: 1. Mitteilung: Populationsgenetische Analysen. *Züchtungskunde* 66, 255– 267.

Valera M., Molina A., Gutiérrez J.P., Gomez J., Goyache F., (2005). Pedigree analysis in the Andalusian horse : population structure, genetic variability and influence of carthusian strain. *Livest. Prod. Sci.* 95, 57–66.

Van Eldik P., Van der Waaij E.H, Ducro B., Kooper A.W., Stout T.A.E., Colenbrander B. (2006). Possible negative effects of inbreeding on semen quality in Shetland pony stallions *Theriogenology* 65, 1159-1170.

Van Heelsum A.M., Van Veldhuizen A.E., Brascamp E.W., Dik K.J., Van der Meij G.J.W., Barneveld A. (1996). A radiographical investigation into the heritability of bone quality traits in the legs of Dutch Warmblood riding horses. *Paper presented at 47th annual EAAP meeting*, Lillehammer, Norway, 22-29 August.

Van Raden PM. (1992). Accounting for inbreeding and crossbreeding in genetic evaluations of large populations. *J Dairy Sci* 75, 3136–3144.

Van Veldhuizen, A.E. (1997). Breeding value estimation for riding horses in the Netherlands. *Paper presented at the 48th annual EAAP meeting*, Vienna, Austria, 25-28 August.

Verrier E., Rognon X., Laloë D., Rochambeau H. (2005). Les outils et méthodes de la génétique pour la caractérisation, le suivi et la gestion de la variabilité des populations animales. *Ethnozootechnie* 76, 67-82.

Von Velsen-Zerweck A. (1998). Integrierte Zuchtwertschätzung für Zuchtpferde. Doctoral thesis, University of Göttingen, Germany.

Wallin L., Strandberg E., Philipsson J., Dalin G. (2000). Estimates of longevity and causes of culling and death in Swedish warmblood and colblood horses. *Livest. Prod. Sci.* 63, 275-289.

Wallin L., Strandberg E., Philipsson J., (2001) Phenotypic relationship between test results of Swedish warmblood horses as 4 years old and longevity. *Livest. Prod. Sci.* 68, 97– 105.

Wallin L., Strandberg E., Philipsson J. (2003). Genetic correlations between field test results of Swedish Warmblood Riding Horses as 4-year-olds and lifetime performance results in dressage and show jumping. *Livest. Prod. Sci.* 82, 61– 71.

Weitkamp LR, MacCluer JW, Guttormsen S, McKnight J, Wert N, Witmer J. (1982). Genetics of Standardbred stallion reproductive performance. *J Reprod Fertil Suppl*;32, 135–142.

Wilkins J., Preisinger R., Kalm E. (1990). Effect of inbreeding on performance traits of riding horses based on competition results of the races 'Holsteiner' and 'Trakehner' warmblood. *In: Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livest. Prod.*, Edinburgh, United-Kingdom, 225-228.

Willms F., Roehe R., Kalm E. (1996). The importance of radiographical investigations of bone diseases in breeding sport horses. *Paper presented at 47th annual EAAP meeting*, Lillehammer, Norway, 25-29 August 1996.

Willms F., Roehe R., Kalm E. (1999). Genetic analysis of different traits in horse breeding by considering radiographic findings – 1st communication Importance of radiographic findings in breeding sport horses. *Zuchtungskunde* 71, 330-345.

Winter D., Bruns E., Glodek P., Merz A., Leonhardt K., Hertsch B. (1994). Genetic disposition of bone diseases in sport horse population. *Paper presented at 45th annual EAAP meeting*, Edinburgh, United Kingdom, 5-8 September.

Winter D., Bruns E., Glodek P., Hertsch B. (1996). Genetic disposition of bone diseases in sport horses. *Zuchtungskunde* 68, 92-108.

Zechner P., Sflkner J., Bodo I., Druml T., Baumung R., Achmann R., Marti E., Habe F., Brem G. (2002). Analysis of diversity and population structure in the Lipizzan horse breed based on pedigree information. *Livest. Prod. Sci.* 77, 137– 146.

Références internet pour les stud-book

Pays	Référence
Belgique	www.bwp.be , www.sbsnet.be
France	www.haras-nationaux.fr www.ansf.fr
Irlande	www.irishsporthorse.com
Allemagne	www.vit.de
Suède	www.warmblood.se
Pays bas	www.kwpn.nl

Annexe 1

*Grille de jugement du Modèle
des concours d'élevage Selle-Français*



Association Nationale
Selle Français

GRILLE DE JUGEMENT DES CONCOURS D'ELEVAGE SELLE FRANÇAIS

CONCOURS Date
 N° Nom du cheval : N° SIRE : Toise :

Note de
1 à 10

MODELE (Coefficient 4)		PRINCIPALES QUALITES	PRINCIPAUX DEFAUTS
1/ DESSUS (30%)	Encolure - Attache de tête (50 %)	<input type="checkbox"/> Bien orientée (45°) <input type="checkbox"/> Bien sortie <input type="checkbox"/> Bien greffée <input type="checkbox"/> De bonne longueur <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/> Bonne attache de tête <input type="checkbox"/> long <input type="checkbox"/> forts <input type="checkbox"/> Garrot <input type="checkbox"/> musclé <input type="checkbox"/> Dos-rein <input type="checkbox"/> bien tendus <input type="checkbox"/> bien dessiné <input type="checkbox"/> Autres	<input type="checkbox"/> fausse (concavité basse, convexité haute) <input type="checkbox"/> grêle <input type="checkbox"/> Parotide empâtée <input type="checkbox"/> courte <input type="checkbox"/> Autres..... <input type="checkbox"/> court <input type="checkbox"/> Dos relâché <input type="checkbox"/> étroit <input type="checkbox"/> Rein mal attaché <input type="checkbox"/> Autres
	TOTAL DESSUS		
2/ MEMBRES (40%)	Epaules - Antérieurs (20 %)	<input type="checkbox"/> Epaule longue <input type="checkbox"/> Avant-bras musclé <input type="checkbox"/> Pointe de l'épaule saillante <input type="checkbox"/> Genou en place <input type="checkbox"/> Angle Epaule-Bras ouvert (90-100°) <input type="checkbox"/> Articulations larges et fortes <input type="checkbox"/> Autres	<input type="checkbox"/> court <input type="checkbox"/> Léger dans ses dessous <input type="checkbox"/> Droit jointé <input type="checkbox"/> plaquée <input type="checkbox"/> Genoux creux <input type="checkbox"/> Court jointé <input type="checkbox"/> Sous lui <input type="checkbox"/> Pincé sous le genou <input type="checkbox"/> Bas jointé <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/> Long jointé
	Croupe - Bassin - Cuisses - Postérieurs (30 %)	<input type="checkbox"/> longue <input type="checkbox"/> Cuisse <input type="checkbox"/> longue <input type="checkbox"/> Rotule marquée <input type="checkbox"/> Bien orientée <input type="checkbox"/> musclée <input type="checkbox"/> Jarrets larges <input type="checkbox"/> Musclée <input type="checkbox"/> Jarrets coulés <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/> Léger dans ses dessous <input type="checkbox"/> Jarrets droits <input type="checkbox"/> Cuisse courte <input type="checkbox"/> Droit jointé <input type="checkbox"/> Jarrets loins <input type="checkbox"/> Court jointé <input type="checkbox"/> Dissymétrie <input type="checkbox"/> Jarrets coulés <input type="checkbox"/> Bas jointé <input type="checkbox"/> Léger dans ses dessous <input type="checkbox"/> Jarrets droits <input type="checkbox"/> Long jointé <input type="checkbox"/> Autres	<input type="checkbox"/> Croupe brève <input type="checkbox"/> Cuisse courte <input type="checkbox"/> Droit jointé <input type="checkbox"/> Croupe Rabattue <input type="checkbox"/> Jarrets loins <input type="checkbox"/> Court jointé <input type="checkbox"/> Dissymétrie <input type="checkbox"/> Jarrets coulés <input type="checkbox"/> Bas jointé <input type="checkbox"/> Léger dans ses dessous <input type="checkbox"/> Jarrets droits <input type="checkbox"/> Long jointé <input type="checkbox"/> Autres
3/ IMPRESSION D'ENSEMBLE (30%)	Antérieurs (25 %)	<input type="checkbox"/> de face <input type="checkbox"/> en mouvement <input type="checkbox"/> en mouvement	<input type="checkbox"/> Piste étroite <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/> Cagneux <input type="checkbox"/> Panard <input type="checkbox"/> Genou Jarret <input type="checkbox"/> Fermé <input type="checkbox"/> Antérieur droit <input type="checkbox"/> Antérieur gauche <input type="checkbox"/> Postérieur droit <input type="checkbox"/> Postérieur gauche <input type="checkbox"/> Manque de cadre <input type="checkbox"/> Piste étroite <input type="checkbox"/> Autres
	Postérieurs (25 %)	<input type="checkbox"/> d'arrière <input type="checkbox"/> en mouvement	<input type="checkbox"/> Antérieur droit <input type="checkbox"/> Antérieur gauche <input type="checkbox"/> Postérieur droit <input type="checkbox"/> Postérieur gauche <input type="checkbox"/> Manque d'expressivité <input type="checkbox"/> Piste étroite <input type="checkbox"/> Autres
TOTAL MEMBRES			
Equilibre - Proportions (40 %)		<input type="checkbox"/> Etendu <input type="checkbox"/> Fait en montant <input type="checkbox"/> Avec du cadre <input type="checkbox"/> (bons rayons) <input type="checkbox"/> Autres	<input type="checkbox"/> Décousu <input type="checkbox"/> Fait en descendant <input type="checkbox"/> Manque de cadre <input type="checkbox"/> Un peu court <input type="checkbox"/> Autres
Présence - Distinction générale (30 %)		<input type="checkbox"/> Distingué <input type="checkbox"/> Tête expressive <input type="checkbox"/> Œil expressif <input type="checkbox"/> Bon port de queue <input type="checkbox"/> Autres	<input type="checkbox"/> Commun <input type="checkbox"/> Manque d'expressivité <input type="checkbox"/> Autres
Tissus - Tares et tendons (30 %)		<input type="checkbox"/> Peau fine <input type="checkbox"/> Tendons secs <input type="checkbox"/> Absence de tare <input type="checkbox"/> Autres	<input type="checkbox"/> Tendons engorgés <input type="checkbox"/> Tares dures : <input type="checkbox"/> Tendons convexes <input type="checkbox"/> Tares molles : <input type="checkbox"/> Autres
TOTAL IMP. D'ENSEMBLE			

Annexe 2

*Grille de jugement des allures
des concours d'élevage Selle-Français*

GRILLE DE JUGEMENT DES CONCOURS D'ELEVAGE SELLE FRANÇAIS

CONCOURS Juge Date

ALLURES (Coefficient 3)

N°	NOM DU CHEVAL	Note 0 à 10	PRINCIPALES QUALITES	PRINCIPAUX DEFAULTS
			<input type="checkbox"/> Elastique, avec du rebond <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> Symétrique <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Souple <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Souple <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> Autre X coefficient 3 =	<input type="checkbox"/> Dissymétrique <input type="checkbox"/> Ne se propulse pas <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Raide <input type="checkbox"/> Manque d'amplitude <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Raide <input type="checkbox"/> Etriqué <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Se déjuge <input type="checkbox"/> Mou <input type="checkbox"/> Passif
			<input type="checkbox"/> Cadence régulière <input type="checkbox"/> Se propulse <input type="checkbox"/> En équilibre <input type="checkbox"/> En équilibre <input type="checkbox"/> Actif <input type="checkbox"/> Bonne propulsion <input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Décompose <input type="checkbox"/> Symétrique	<input type="checkbox"/> Précipite <input type="checkbox"/> Sur les épaules <input type="checkbox"/> Passif
			<input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Décompose <input type="checkbox"/> Symétrique	<input type="checkbox"/> Se déjuge <input type="checkbox"/> Mou <input type="checkbox"/> Passif
			TOTAL ALLURES Note 0 à 10 =	PRINCIPAUX DEFAULTS <input type="checkbox"/> Passif
			<input type="checkbox"/> Elastique, avec du rebond <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> Symétrique <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Souple <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Souple <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> Autre X coefficient 3 =	<input type="checkbox"/> Dissymétrique <input type="checkbox"/> Ne se propulse pas <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Raide <input type="checkbox"/> Manque d'amplitude <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Raide <input type="checkbox"/> Etriqué <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Se déjuge <input type="checkbox"/> Mou
			<input type="checkbox"/> Cadence régulière <input type="checkbox"/> Se propulse <input type="checkbox"/> En équilibre <input type="checkbox"/> En équilibre <input type="checkbox"/> Actif <input type="checkbox"/> Bonne propulsion <input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Décompose	<input type="checkbox"/> Précipite <input type="checkbox"/> Sur les épaules <input type="checkbox"/> Passif
			<input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Décompose	<input type="checkbox"/> Se déjuge <input type="checkbox"/> Mou
			TOTAL ALLURES Note 0 à 10 =	PRINCIPAUX DEFAULTS <input type="checkbox"/> Passif
			<input type="checkbox"/> Elastique, avec du rebond <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> Symétrique <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Souple <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Souple <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> Autre X coefficient 3 =	<input type="checkbox"/> Dissymétrique <input type="checkbox"/> Ne se propulse pas <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Raide <input type="checkbox"/> Manque d'amplitude <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Raide <input type="checkbox"/> Manque d'amplitude <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Précipite <input type="checkbox"/> Sur les épaules <input type="checkbox"/> Passif
			<input type="checkbox"/> Cadence régulière <input type="checkbox"/> Se propulse <input type="checkbox"/> En équilibre <input type="checkbox"/> En équilibre <input type="checkbox"/> Actif <input type="checkbox"/> Bonne propulsion <input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Décompose	<input type="checkbox"/> Précipite <input type="checkbox"/> Sur les épaules <input type="checkbox"/> Passif
			<input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Décompose	<input type="checkbox"/> Se déjuge <input type="checkbox"/> Mou
			TOTAL ALLURES Note 0 à 10 =	PRINCIPAUX DEFAULTS <input type="checkbox"/> Passif
			<input type="checkbox"/> Elastique, avec du rebond <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> Symétrique <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Souple <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Souple <input type="checkbox"/> Ample <input type="checkbox"/> Autre X coefficient 3 =	<input type="checkbox"/> Dissymétrique <input type="checkbox"/> Ne se propulse pas <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Raide <input type="checkbox"/> Manque d'amplitude <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Raide <input type="checkbox"/> Manque d'amplitude <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Précipite <input type="checkbox"/> Sur les épaules <input type="checkbox"/> Passif
			<input type="checkbox"/> Cadence régulière <input type="checkbox"/> Se propulse <input type="checkbox"/> En équilibre <input type="checkbox"/> En équilibre <input type="checkbox"/> Actif <input type="checkbox"/> Bonne propulsion <input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Décompose	<input type="checkbox"/> Précipite <input type="checkbox"/> Sur les épaules <input type="checkbox"/> Passif
			<input type="checkbox"/> S'engage <input type="checkbox"/> Décompose	<input type="checkbox"/> Se déjuge <input type="checkbox"/> Mou
			TOTAL ALLURES Note 0 à 10 =	PRINCIPAUX DEFAULTS <input type="checkbox"/> Passif

Annexe 3

*Grille de jugement de l'aptitude à l'obstacle
des concours d'élevage Selle-Français*



GRILLE DE JUGEMENT DES CONCOURS D'ELEVAGE SELLE FRANÇAIS

CONCOURS Juge Date

Aptitude à l'OBSTACLE (Coefficient 3)

N°	NOM DU CHEVAL	Note 0 à 10	PRINCIPALES QUALITES	PRINCIPAUX DEFAUTS
233	<input type="checkbox"/> Cheval non expérimenté		<input type="checkbox"/> Se redresse <input type="checkbox"/> Reporte son équilibre sur l'arrière-main <input type="checkbox"/> S'engage en abaissant les hanches <input type="checkbox"/> Bonne frappe <input type="checkbox"/> Autre	<input type="checkbox"/> Arrive sur les épaules <input type="checkbox"/> Précipite <input type="checkbox"/> Ne frappe pas <input type="checkbox"/> Cheval désuni <input type="checkbox"/> Autre
			<input type="checkbox"/> Puissant <input type="checkbox"/> Prend de la hauteur <input type="checkbox"/> S'articule et passe son dos <input type="checkbox"/> Décompose son saut <input type="checkbox"/> Autre	<input type="checkbox"/> Manque de force <input type="checkbox"/> Saut à plat, manque de hauteur <input type="checkbox"/> A besoin de sa vitesse pour sauter <input type="checkbox"/> Trajectoire tombante au-dessus des oxers <input type="checkbox"/> Autre
			<input type="checkbox"/> Monte son garrot <input type="checkbox"/> Range ses antérieurs <input type="checkbox"/> Rond sur l'obstacle <input type="checkbox"/> Souple <input type="checkbox"/> Autre	<input type="checkbox"/> Ne monte pas le garrot <input type="checkbox"/> Laisse pendre les antérieurs <input type="checkbox"/> Manque de bascule <input type="checkbox"/> Se vrille <input type="checkbox"/> Autre
			<input type="checkbox"/> Se positionne bien par rapport à l'obstacle <input type="checkbox"/> Régulier <input type="checkbox"/> Réactif <input type="checkbox"/> Autre	<input type="checkbox"/> A tendance à toujours séloigner <input type="checkbox"/> Manque d'allant <input type="checkbox"/> Rétif <input type="checkbox"/> Autre
			TOTAL OBSTACLE X coefficient 3 =	
	<input type="checkbox"/> Cheval non expérimenté		<input type="checkbox"/> Se redresse <input type="checkbox"/> Reporte son équilibre sur l'arrière-main <input type="checkbox"/> S'engage en abaissant les hanches <input type="checkbox"/> Bonne frappe <input type="checkbox"/> Autre	<input type="checkbox"/> Arrive sur les épaules <input type="checkbox"/> Précipite <input type="checkbox"/> Ne frappe pas <input type="checkbox"/> Cheval désuni <input type="checkbox"/> Autre
			<input type="checkbox"/> Puissant <input type="checkbox"/> Prend de la hauteur <input type="checkbox"/> S'articule et passe son dos <input type="checkbox"/> Décompose son saut <input type="checkbox"/> Autre	<input type="checkbox"/> Manque de force <input type="checkbox"/> Saut à plat, manque de hauteur <input type="checkbox"/> A besoin de sa vitesse pour sauter <input type="checkbox"/> Trajectoire tombante au-dessus des oxers <input type="checkbox"/> Autre
			<input type="checkbox"/> Monte son garrot <input type="checkbox"/> Range ses antérieurs <input type="checkbox"/> Rond sur l'obstacle <input type="checkbox"/> Souple <input type="checkbox"/> Autre	<input type="checkbox"/> Ne monte pas le garrot <input type="checkbox"/> Laisse pendre les antérieurs <input type="checkbox"/> Manque de bascule <input type="checkbox"/> Se vrille <input type="checkbox"/> Autre
			<input type="checkbox"/> Se positionne bien par rapport à l'obstacle <input type="checkbox"/> Régulier <input type="checkbox"/> Réactif <input type="checkbox"/> Autre	<input type="checkbox"/> A tendance à toujours séloigner <input type="checkbox"/> Manque d'allant <input type="checkbox"/> Rétif <input type="checkbox"/> Autre
			TOTAL OBSTACLE X coefficient 3 =	

Annexe 4

Règlement du stud-book Selle Français

Règlement approuvé le 18 décembre 2006

Christophe SODORE

ANNEXE

REGLEMENT DU STUD-BOOK DU SELLE FRANÇAIS

PREAMBULE

Le présent règlement fixe les conditions d'inscription au stud-book du Selle Français ainsi que les normes de qualification et les conditions sanitaires applicables aux reproducteurs. Il est établi par la commission du stud-book et approuvé par le Ministre de l'Agriculture après avis de la commission du livre généalogique. L'établissement public Les Haras Nationaux est chargé de son application.

L'Association Nationale du Selle Français (ANSF), est agréée, par arrêté du 13 juin 2003, pour assurer l'orientation et l'amélioration génétique de la race Selle Français. Afin de réaliser cette mission, l'ANSF développe dans le cadre d'un programme d'élevage, des services de caractérisation et d'évaluation des chevaux, ainsi que des outils d'information génétique nécessaires à la gestion des accouplements. Ces services sont réservés aux sujets inscrits au programme d'élevage.

Ce programme d'élevage se traduit par des règles de sélection et de gestion des reproducteurs intégrées au présent règlement

Les concours de race concourent à la sélection et à la mise en valeur des reproducteurs Selle Français.

Christophe SODORE

1 ORGANISATION GENERALE DU STUD-BOOK

Le Stud Book du Selle Français est constitué de **deux** sections A et B. =

1.1 Composition du stud book

1.1.1 La section A

Elle est constituée :

- des sujets nés en 2005 ou antérieurement portant l'appellation Selle Français en application du règlement du stud book précédent
- des sujets nés à partir de 2006 issus de reproducteurs Selle Français A, ou d'un reproducteur Selle Français A et d'un reproducteur Facteur de Selle Français A
- de tout sujet né Selle Français livre B, à partir de 2006, issu d'un reproducteur Selle Français A et d'un reproducteur Selle Français livre B qui acquière l'appellation Facteur de Selle Français A postérieurement à la naissance du sujet.

1.1.2 La section B:

Elle est constituée des sujets issus d'au moins un parent Selle Français, et non inscriptibles à la section A - du Selle Français, non inscriptibles à un autre stud book géré en France, ne correspondant pas à la définition de l'Anglo Arabe de croisement, vérifiant les conditions précisées à l'article 2.1.3.

1.2 parution du stud book

Lors de la parution périodique du stud-book, n'apparaissent que les reproducteurs ayant eu un produit inscriptible à l'une des sections du stud-book dans la période de référence.

Le stud-book du Selle Français comprend :

- Une liste des produits
- Une liste des poulinières Selle Français ou Facteur de Selle Français ayant produit à la section A
- Une liste des poulinières Selle Français ou Facteur de Selle Français ayant produit à la section B
- Une liste des étalons ayant produit dans l'une de ces deux sections

Le stud-book du Selle Français comprend également une liste des éleveurs naisseurs de Selle Français

Christophe SODORE

2 INSCRIPTION AU STUD BOOK

2.1 Inscription sur ascendance

2.1.1 Conditions communes pour l'inscription sur ascendance

Le règlement antérieur du stud book du Selle Français (arrêté du 2 septembre 2004) s'applique aux naissances jusqu'au 31 décembre 2005.

2.1.1.1 Conditions obligatoires en vue de l'inscription automatique

Les conditions suivantes doivent être respectées pour tout produit né à partir du 1^{er} janvier 2006 (monte 2005), sans préjudice des conditions particulières traitées aux articles 212, 213 et 214:

- 1 – Etre issu d'une saillie régulièrement déclarée d'un étalon agréé à la monte publique conformément au chapitre 4 et aux dispositions sanitaires définies dans l'annexe X du présent règlement .
- 2 - La jument mère du produit doit être âgée d'au moins 2 ans au moment de la saillie et remplir les conditions sanitaires fixées à l'annexe X du présent règlement.
- 3 – être non inscriptible à la naissance à un autre stud book géré en France.
- 4 - ne pas correspondre à la définition de l'Anglo-Arabe de croisement.
- 5- Avoir été déclaré dans les 15 jours qui suivent sa naissance aux Haras Nationaux.
- 6 - Avoir eu son signalement relevé sous la mère avant le sevrage et avant le 31 décembre de l'année de sa naissance par une personne habilitée à identifier les équidés et avoir reçu à la déclaration de naissance ou plus tard selon le paragraphe 212 un nom dont la première lettre correspond à l'année de naissance, « S » en 2006.
- 7 – Avoir été marqué par radiofréquence suivant les modalités prévues par la réglementation en vigueur, être immatriculé et enregistré au fichier central des équidés qui lui délivre un document d'identification et une carte d'immatriculation .
- 8 - La jument mère du produit, s'il s'agit de son premier produit SF, doit avoir été soumise à un typage ADN avant l'immatriculation de son produit.
- 9 – avoir été soumis à un contrôle de filiation compatible par génotype lorsque le produit est issu d'une méthode de reproduction artificielle.

2.1.1.2 Conditions d'attribution différée du nom

Pour les chevaux inscrits au stud-book du selle français, l'attribution du nom peut être différée selon les modalités suivantes :

- La lettre N doit être reportée dans les cases destinées à recevoir le nom sur la déclaration de naissance. Le document d'accompagnement et la carte d'immatriculation seront alors édités avec la mention N. à la place du nom.
- Pour l'attribution ultérieure d'un nom au produit, le propriétaire propose, sur papier libre joint aux originaux du document d'accompagnement et de la carte d'immatriculation, si ceux-ci sont édités, trois noms dans l'ordre de préférence. Il doit s'acquitter auprès des Haras Nationaux du tarif en vigueur au moment du dépôt de la demande.
- Au-delà du 31 décembre de l'année d'un an du poulain considéré, toute demande d'attribution de nom ne peut être acceptée que moyennant une majoration.
- L'attribution de ce nom devra intervenir avant toute activité de reproduction ou de compétition.

2.1.1.3 Inscription des produits conçus ou nés hors de France

Dans tous les cas, l'appartenance à une section (A ou B) est déterminée selon les règles définies aux articles 212 et 213 .

1. Pour les produits nés en France mais conçus à l'étranger, issus d'auteurs déjà inscrits, l'inscription est obtenue sur déclaration dans les 15 jours qui suivent sa naissance aux Haras Nationaux.
2. Pour les produits nés hors de France d'auteurs déjà inscrits lorsqu'il n'existe pas dans le pays de naissance d'organisme reconnu par la commission du stud-book du Selle Français, l'inscription est obtenue sur demande du naisseur adressée au SIRE après accord de l'autorité compétente de l'Etat concerné, avant le 31 Décembre de l'année de naissance du produit. Lorsque cela est nécessaire, les dossiers individuels sont présentés en commission de stud book.

Christophe SODORE

3. Les produits inscrits à la naissance à l'étranger par un organisme reconnu par la commission du stud-book du Selle Français, dont la liste figure en annexe I, sont enregistrés comme nés à l'étranger au fichier central des Equidés. Les initiales du pays de naissance figurent à la suite du nom. Les éléments permettant leur enregistrement doivent être communiqués au SIRE, avant le 31 décembre de l'année de naissance. Lorsque cela est nécessaire, les dossiers individuels sont présentés en commission de stud-book.

Dans les 3 cas, la commission du stud-book sera sollicitée le cas échéant sur l'approbation du père.

2.1.1.4 Insémination artificielle

Les produits issus d'insémination artificielle congelée, fraîche ou réfrigérée sont inscriptibles au stud-book du Selle Français.

2.1.1.5 Transfert d'embryons.

Les produits issus de l'utilisation de transfert d'embryons sont inscriptibles au stud-book du Selle Français.

2.1.1.6 Utilisation de la semence d'un étalon mort ou castré

La semence congelée d'un étalon mort approuvé, ou d'un étalon castré postérieurement à son approbation, peut être utilisée, pour produire des chevaux inscriptibles au stud-book du Selle Français.

2.1.2 Conditions particulières pour l'inscription sur ascendance à la section A

2.1.2.1 Inscription à la naissance

Naît SF à la section A (noté SFA), tout animal né à partir du 1^{er} janvier 2006, non inscriptible à un autre stud book géré en France, ne correspondant pas à la définition de l'Anglo-Arabe de croisement, et issu de reproducteurs SFA ou facteurs de SFA (notés FSFA). L'un des parents doit être SFA, l'autre devant être SFA ou FSFA. L'étalon père du produit doit avoir été approuvé à produire en SFA, selon les dispositions du chapitre V du présent règlement.

2.1.2.2 Inscription par effet rétroactif

Est inscriptible à la section A, sur demande du propriétaire

- tout produit né SFB issu d'un père SFA et d'une jument, né avant que celle-ci ne soit reconnue comme facteur de Selle Français A.
- tout produit né SFB issu d'une mère SFA et d'un père approuvé à produire à la section A du Selle Français postérieurement à la naissance de ce produit.

2.1.3 Conditions particulières pour l'inscription sur ascendance à la section B

2.1.3.1 Inscription à la naissance

Naît SF à la section B (noté SFB), tout animal né à partir du 1^{er} janvier 2006, non inscriptible à la naissance à la section A du Selle Français, non inscriptible à un autre stud book géré en France, ne correspondant pas à la définition de l'Anglo-Arabe de croisement, et :

- présentant au moins 1 parent SF
- issu d'un étalon approuvé à produire en SF
- issu d'une jument Selle Français ou facteur de Selle Français.

2.1.3.2 inscription des produits par effet rétroactif d'un reproducteur devenant SFB ou accédant à l'appellation Facteur de Selle Français B

Est inscriptible sur demande du propriétaire tout produit portant l'appellation Cheval de Selle ou Origine Constatée, dont un ascendant direct est Selle Français, issu d'un étalon SF ou FSF et d'une jument ayant obtenu l'inscription à titre initial à la section B du Selle Français, ou ayant obtenu l'appellation FSFB postérieurement à la naissance de ce produit.

Christophe SODORE

Est inscriptible sur demande du propriétaire tout produit portant l'appellation Cheval de Selle ou Origine Constatée, dont un ascendant direct est Selle Français, issu d'une jument SF ou FSF et d'un étalon ayant obtenu l'appellation FSFB postérieurement à la naissance de ce produit.

2.2 RECLASSEMENT AUTOMATIQUE DES CHEVAUX NES AVANT 2006

2.2.1 Inscription des Selle Français

Est inscrit à titre initial à la section B du SF au 1^{er} janvier 2005, tout animal né avant cette date, non inscriptible à la naissance au stud-book du Selle Français, non inscriptible à un autre stud book géré en France, ne correspondant pas à la définition de l'Anglo-Arabe de croisement, et :

- présentant au moins 1 parent SF
- issu d'un étalon pur sang ou approuvé à produire dans un stud-book reconnu par la WBFSH, et issu d'une jument pur sang, ou d'une jument trotteuse ou d'une jument appartenant à un stud-book reconnu par la WBFSH, ou d'une jument CS ou d'une jument FSFB

2.2.2 Inscription des autres chevaux

Est inscrit également à titre initial à la section B du SF, lors de son immatriculation, tout animal né durant l'année 2005, non inscriptible à la naissance au stud book du Selle Français, non inscriptible à un autre stud book géré en France, ne correspondant pas à la définition de l'Anglo-Arabe de croisement, et vérifiant les conditions de parenté exposées au paragraphe ci-dessus:

Cette inscription automatique est enregistrée au fichier central du SIRE.

2.3 INSCRIPTION A TITRE INITIAL

L'inscription à titre initial ne concerne que la section B. Elle se fait sur performances et avis de la commission. Peut être présenté à la commission de qualification et d'inscription à titre initial, pour inscription à titre initial à la section B du Selle Français, un cheval de selle (CS) ou d'origine constatée (OC) dont un ascendant direct est Selle Français et ayant obtenu un indice individuel en compétitions équestres supérieur ou égal à 110. La demande doit être accompagnée d'un dossier comportant les pièces fixées par l'annexe IV du règlement du Stud Book. Ces sujets doivent présenter au moins 60 % du maximum de points en modèle et allures selon les modalités prévues par le programme d'élevage du Selle Français (cf annexe VII).

Christophe SODORE

3 SELECTION DES POULINIÈRES

Des qualifications reposant sur le Modèle, les Allures, les performances, la descendance, les indices, les index, sont créées et délivrées selon les modalités décrites dans l'annexe II prévue à cet effet.

3.1 Femelles Selle Français

Les femelles Selle Français sont inscrites aux registres des poulinières de la section A ou B.

Les juments Selle Français peuvent produire :

- à la section A si le produit répond aux conditions de l'article 2.1.2.
- à la section B si le produit répond aux conditions de l'article 2.1.3.

Une femelle SFB peut obtenir l'appellation FSFA selon les modalités prévues au programme d'élevage du Selle Français, et ayant obtenu la qualification « Elite » ou « Excellente » telles que définies à l'annexe II.

3.2 Femelles facteurs de Selle Français

3.2.1 femelles facteurs de Selle Français section B

Ce paragraphe concerne toutes les femelles, quelle que soit leur date de naissance, qui ne disposent pas de l'appellation FSFA

Sont considérées Facteur de Selle Français section B (notée FSFB) :

- Toute femelle pur sang, AQPS, anglo-arabe, anglo-arabe de croisement, trotteur français ou étranger.
- Toute femelle cheval de selle issu de 2 reproducteurs inscrits à des stud books reconnus par la WBFSH, ou issu d'un reproducteur inscrit à un stud book reconnu par la WBFSH et d'un reproducteur pur sang.
- toute jument appartenant à une race étrangère de chevaux de selle reconnue par la WBFSH dont l'identification et les origines ont été validées par l'établissement public « les Haras Nationaux ».
- les juments arabes, demi sang arabe, CS ou OC ayant obtenu un indice individuel en compétitions équestres (CSO, CCE ou dressage) supérieur ou égal à 110.
- les juments situées dans des pays désignés par la commission du stud book, n'ayant pas accès aux indices de compétition, et à qui une commission de qualification aura attribué l'appellation FSFB

3.2.2 femelles facteurs de selle français section A

- Sont considérées Facteur de Selle Français section A (notée FSFA): les juments SFB et FSFB, évaluées selon les modalités prévues au programme d'élevage du Selle Français, et ayant obtenu la qualification « Elite » ou « Excellente » telles que définies à l'annexe II.
- Peuvent être présentées à la commission de qualification et d'inscription à titre initial après avis de la commission du stud book sur le niveau des performances, les femelles appartenant à une race étrangère, inscrites à la naissance dans un stud-book reconnu par la WBFSH et qui disposent, ou dont la descendance dispose de performances nationales ou internationales attestées par un organisme officiel. La demande doit être accompagnée d'un dossier comportant les pièces fixées par l'annexe IV.

Christophe SODORE

4 SELECTION DES ETALONS

4.1 Approbation des étalons, dispositions générales

Des qualifications reposant sur le Modèle, les Allures, les performances, les indices, les index sont délivrées selon les modalités décrites dans l'annexe III prévue à cet effet.

4.1.1 Etalons agréés avant la monte 2005

Les étalons SF et PS agréés sur la base d'une approbation définitive pour la production en Selle Français antérieurement à la monte 2005 sont approuvés à produire à la section A du Selle Français.

- Pour les étalons approuvés par le CSO ou le Dressage, ceux disposant de la qualification Elite ou Très Bon, à la publication des indices et index de l'année n-1, selon les dispositions de l'annexe III, sont mentionnés « recommandés » pour la monte de l'année n. Ceux disposant d'une qualification inférieure, dès publication, selon les dispositions de l'annexe III, sont mentionnés « autorisés » pour la monte de l'année n.
- Pour les étalons approuvés par le CCE, les qualifications exposées ci-dessus n'existent pas. La mention « recommandé » ou « autorisé » est délivrée annuellement par la commission du stud book, qui prend en compte notamment les indices de performances et les indices génétiques

Les autres étalons agréés sur une approbation définitive pour la production en Selle Français antérieurement à la monte 2005, sont approuvés à produire à la section A du Selle Français, s'ils détiennent une qualification Elite ou Très bon au 1^{er} janvier 2005, ou dès qu'ils atteignent cette qualification, selon les dispositions de l'annexe III. Dans les autres cas évalués sur la base des qualifications détenues au 1^{er} janvier 2005, et tant qu'ils n'ont pas atteint les qualifications « Elite » ou « Très bon », ils ne sont qu'approuvés à produire à la section B. Toutefois, sur dossier argumenté, la commission du stud book du Selle Français peut attribuer l'appellation FSFA dans les conditions visées au 4.4.3.

L'approbation à produire à la section A ou B reste provisoire pour les étalons agréés sur une approbation provisoire attribuée jusqu'en 2004 à l'issue des concours nationaux de 2 ou 3 ans Selle Français. Cette approbation provisoire s'éteint à la fin de l'année de 5 ans du sujet concerné.

4.1.2 Demande d'approbation

Toute demande d'approbation d'un étalon à la monte publique pour l'élevage Selle Français est à adresser aux Haras Nationaux ; elle s'accompagne obligatoirement d'un dossier complet réunissant les informations figurant en annexes IV et VI. Les Haras Nationaux en accusent réception et en transmettent une copie à l'ANSF. Le dossier est consultable par des tiers. L'ANSF dispose d'un droit de diffusion de ces informations relatives aux étalons approuvés à produire en Selle Français.

Les étalons de pur sang, AQPS, trotteur français, arabe, anglo-arabe, anglo-arabe de croisement, demi-sang arabe, et Selle Français ainsi que les étalons de races étrangères, évalués selon les modalités prévues par le programme d'élevage du Selle Français, peuvent être approuvés pour produire à la section A ou B du Selle Français. Cette disposition concerne également les mâles « cheval de selle » soit issus de deux reproducteurs FSF, soit ayant atteint un indice de 120 en compétitions équestres.

La commission compétente (commission d'approbation ou commission du stud-book selon les cas) émet un avis. En cas d'avis favorable, cette approbation ne devient effective (enregistrement sur la base SIRE permettant l'édition d'un carnet de saillie pour produire à la section A ou B du Selle Français) et n'est notifiée par les Haras Nationaux que lorsque les Haras Nationaux disposent du dossier sanitaire décrit aux annexes IV et VI, et que l'ANSF a été réglée du montant de l'approbation initiale prévu au chapitre VI et selon le dernier barème établi par son Conseil d'Administration.

Certains chevaux peuvent être approuvés au titre de performances exceptionnelles, par simple application du règlement. L'approbation ne devient effective que lorsque les conditions du paragraphe ci-dessus sont remplies.

- Les performances prises en compte pour l'approbation peuvent s'obtenir soit en courses, soit en compétitions équestres officielles dans l'une des trois disciplines olympiques : saut d'obstacles, dressage, concours complet.

Christophe SODORE

4.2 Approbation des Etalons issus de la Course

4.2.1 Références minimales pour une approbation

Les chevaux ayant été classés dans les trois premiers d'une course de groupe I, II ou III, plat ou obstacle peuvent se présenter à l'approbation pour produire en section B du Selle Français

Ils doivent obtenir au moins 60 % du nombre maximal de points lors de l'évaluation du modèle et des allures selon les grilles d'évaluation de l'ANSF en vigueur .

4.3 Approbation par les disciplines sportives des Etalons Selle Français, pur sang, AQPS, trotteur français, arabe, anglo-arabe, anglo-arabe de croisement, demi-sang arabe, et cheval de selle (selon les précisions du § 4.1.2.).

4.3.1 Références minimales exigées pour une approbation sur références

Un candidat étalon peut être approuvé sur référence s'il est titulaire au moment de sa demande

- d'un BSO, BCC, BDR supérieur ou égal à 22.
- d'un coefficient de détermination supérieur ou égal à 0,50.
- d'une évaluation du modèle et des allures, selon les modalités prévues par le programme d'élevage du Selle Français. Cette évaluation doit atteindre 60 % minimum de la note maximale, pour les candidats avant la monte à 7 ans.

L'approbation sur référence ne dispense pas de la fourniture du dossier avec les informations figurant en annexes IV, VI et VII.

4.3.2 Conditions d'approbation pour une approbation provisoire dès 3 ou 4 ans

L'approbation provisoire pour faire la monte dès 3 ans et pouvoir produire à la section A du Selle Français, peut être demandée pour les étalons Selle Français section A qui ont satisfait aux conditions définies en annexe V.

L'approbation provisoire pour faire la monte dès 3 ans et pouvoir produire à la section B du Selle Français, peut être demandée pour les étalons Selle Français section B qui ont satisfait ~~à~~ ~~aux~~ ~~conditions~~ ~~des~~ ~~étalons~~ ~~SF~~ ~~de~~ ~~2~~ ~~ou~~ ~~3~~ ~~ans~~ aux conditions définies en annexe V.

Les modalités de déroulement de ce concours national et éventuellement de la période de testage en station sont publiées annuellement au Bulletin officiel du Cheval de Sport.

Cette approbation est provisoire. Elle est réservée à la monte jusqu'à 5 ans. Elle s'éteint au 31 décembre de l'année de 5 ans de l'étalon..

4.3.3 Conditions d'approbation obtenues après passage devant la Commission d'approbation

4.3.3.1 Références exigées pour une présentation devant la commission d'approbation

Pour faire la monte à partir de 5 ans et pouvoir produire aux sections du Selle Français , un étalon SF, ou un étalon des autres races ou registres énumérés au 4.3., pouvant produire dans le stud-book Selle Français, doit, pour être présenté devant la commission d'approbation :

A l'âge de 4 ans :

- soit avoir été classé élite ou excellent dans les concours centraux des cycles classiques de la Société Hippique Française, dans les disciplines du CSO, du CCE, du dressage et du hunter.
- soit avoir obtenu sur performances propres en compétitions équestres un indice supérieur ou égal à 120

A l'âge de 5 ans :

- soit avoir été qualifié pour les épreuves des concours centraux des cycles classiques de la Société Hippique Française, dans les disciplines du CSO, du CCE , du dressage et du hunter.
- soit avoir obtenu sur performances propres en compétitions équestres un indice supérieur ou égal à 130

A l'âge de 6 ans :

- soit avoir été qualifié pour les épreuves des concours centraux des cycles classiques de la Société Hippique Française, dans les disciplines du CSO, du CCE , du dressage et du hunter.
- soit avoir obtenu sur performances propres en compétitions équestres un indice supérieur ou égal à 140

Christophe SODORE

A l'âge de 7 ans et plus :

- avoir obtenu sur performances propres en compétitions équestres un indice supérieur ou égal à 150

4.3.3.2 Déroulement de la Présentation

La présentation est obligatoirement en main et montée sur le plat aux trois allures. Les chevaux référencés en CSO et CCE devront joindre à l'engagement une vidéo des parcours réalisés en CIR ou en finale ou championnat.

Peuvent être dispensés de la présentation montée et être présentés en main sur demande justifiée de leur propriétaire :

- les chevaux âgés de plus de 15 ans
- les étalons souffrant d'une affection accidentelle rendant cette présentation impossible.

Les candidats étalons remplissant les conditions du § 4.3.3.1, et ayant obtenu les notes suffisantes lors du concours national des candidats étalons Selle Français de 2 ou 3 ans, comme définies à l'annexe V, pour être approuvés à titre provisoire ou pré approuvés, sont dispensés à ce titre de cette présentation. L'évaluation se fait selon les lignes directrices indiquées à l'annexe VIII.

4.3.4 Approbation des Etalons français stationnés à l'étranger

Les étalons Pur Sang, AQPS, Arabe, demi-sang arabe, Anglo-Arabe, Anglo-arabe de croisement et Selle Français stationnés à l'étranger, inscrits à la naissance dans un stud-book reconnu de leur race, pourront être approuvés sur la décision de la commission du stud-book selle français, pour produire au sein du stud-book Selle Français. Celle-ci se prononce au vu d'un dossier mentionnant les informations selon les dispositions figurant en annexes IV et VI. Les dossiers sont reçus aux Haras Nationaux (SIRE, Pompadour) jusqu'au 31 décembre de l'année pour une approbation en vue de l'année suivante. L'ANSF en reçoit une copie par les Haras Nationaux.

4.3.5 Etalons approuvés à partir du 1er septembre 2004

Les étalons SF en application du règlement précédent, et SFA approuvés à partir du 1^{er} septembre 2004 par une approbation définitive pour la production en Selle Français, sont approuvés à produire à la section A du Selle Français.

- Pour les étalons approuvés par le CSO ou le Dressage, ceux disposant de la qualification Elite ou Très Bon, à la publication des indices et index de l'année n-1, selon les dispositions de l'annexe III, sont mentionnés « recommandés » pour la monte de l'année n. Ceux disposant d'une qualification inférieure, dès publication, selon les dispositions de l'annexe III, sont mentionnés « autorisés » pour la monte de l'année n
- Pour les étalons approuvés par le CCE, les qualifications exposées ci-dessus n'existent pas. La mention « recommandé » ou « autorisé » est délivrée annuellement par la commission du stud book, qui s'appuie sur des d'experts en prenant en compte les indices de performances et les indices génétiques

Les autres étalons approuvés (SFB, pur sang, AQPS, trotteur français, arabe, anglo-arabe, anglo-arabe de croisement, demi-sang arabe, et cheval de selle (selon les précisions du § 4.1.2.) à partir du 1^{er} septembre 2004 par une approbation définitive pour la production en Selle Français, sont approuvés à produire à la section A du Selle Français de façon définitive, dès qu'ils atteignent une qualification Elite ou Très bon, selon les dispositions de l'annexe III. Tant qu'ils n'ont pas atteint ces qualifications, ils sont approuvés à produire à la section B. Toutefois, sur dossier argumenté, la commission du stud book du Selle Français peut attribuer l'appellation FSFA dans les conditions visées au 4.4.3.

L'approbation à produire à la section A ou B reste provisoire pour les étalons agréés sur une approbation provisoire attribuée à l'issue des concours nationaux de 2 ou 3 ans Selle Français. Cette approbation provisoire s'éteint à la fin de l'année de 5 ans du sujet concerné.

4.4 Autres Approbations par les disciplines sportives

Les chevaux de races autres que Selle Français inscrits à leur naissance dans un stud-book reconnu par la WBFSH, ou Pur sang ou AQPS ou arabe peuvent être approuvés à la monte publique pour produire aux sections A ou B du Selle Français, selon les dispositions prévues au 4.3.5.

Christophe SODORE

L'approbation peut être obtenue selon trois modalités :

4.4.1 Approbation sur références

Un candidat étalon inscrit à sa naissance dans un stud-book reconnu par la WBFSH peut être approuvé pour produire en Selle Français B s'il dispose d'une approbation définitive, sans limitation du nombre de juments saillies, en vigueur comme étalon dans son stud-book d'origine. La constitution et l'instruction de son dossier s'effectue selon les modalités prévues au § 4.1.2. (L'approbation sur référence ne dispense donc pas de la fourniture du dossier avec les informations figurant en annexes IV et VI).

Ce candidat étalon peut également être approuvé pour produire en Selle Français B selon les modalités du § 4.3.1. (BLUP minimal de 22).

Ces étalons approuvés à partir du 1^{er} septembre 2004 par une approbation définitive pour la production en Selle Français, sont approuvés à produire à la section A du Selle Français de façon définitive, dès qu'ils atteignent une qualification Elite ou Très bon, selon les dispositions de l'annexe III. Tant qu'ils n'ont pas atteint ces qualifications, ils sont approuvés à produire à la section B. Toutefois, sur dossier argumenté, la commission du stud-book du Selle Français peut attribuer l'appellation FSFA dans les conditions visées au 4.4.3.

4.4.2 Présentation devant la commission d'approbation

Les chevaux ayant obtenu en France les performances énumérées au § 4.3.3.1. sont admis à la présentation devant la commission d'approbation, pour produire en SFB.

Cette présentation se déroule selon les modalités décrites au § 4.3.3.2.

Ces étalons approuvés à partir du 1^{er} septembre 2004 par une approbation définitive pour la production en Selle Français, sont approuvés à produire à la section A du Selle Français de façon définitive, dès qu'ils atteignent une qualification Elite ou Très bon, selon les dispositions de l'annexe III. Tant qu'ils n'ont pas atteint ces qualifications, ils sont approuvés à produire à la section B. Toutefois, sur dossier argumenté, la commission du stud-book du Selle Français peut attribuer l'appellation FSFA dans les conditions visées au 4.4.3.

4.4.3 Approbation sur décision de la commission du stud-book du Selle Français

A titre exceptionnel, tout étalon peut être approuvé pour produire à la section A ou B du Selle Français par décision de la commission du stud-book si ses qualités ou celles de sa production le justifient.

Pour les disciplines olympiques, les performances internationales doivent être du niveau indiqué ci-dessous pour que l'étalon produise à la section A :

- ou en CSO et Dressage,
 - * a été classé 3 fois dans les 3 premiers d'un grand prix international en concours de saut d'obstacles international officiel, CSI W, concours de dressage international officiel,
 - *ou a été classé 3 fois dans les 8 premiers d'un Championnat du Monde, Championnat d'Europe, Jeux Olympiques, et finale de la coupe du monde.
 - ou dont deux produits
 - ont été classés 3 fois dans les 3 premiers d'un grand prix international en concours de saut d'obstacles international officiel, CSI W, concours de dressage international officiel,
 - ou ont été classés 3 fois dans les 8 premiers d'un Championnat du Monde, Championnat d'Europe, Jeux Olympiques, et finale de la coupe du monde.
- ou en Concours Complet,
 - * a été classé au moins 1 fois dans les 8 premiers d'un CCI ****, Championnat du Monde, Championnat d'Europe, Jeux Olympiques
 - *ou dont deux produits ont été classés 1 fois dans les 8 premiers d'un CCI ****, Championnat du Monde, Championnat d'Europe, Jeux Olympiques

Les dossiers sont reçus aux Haras Nationaux jusqu'au 31 décembre de l'année pour une approbation en vue de l'année suivante. L'ANSF en reçoit une copie par les Haras Nationaux.

Christophe SODORE

5 COMMISSION DU STUD BOOK , COMMISSION D'APPROBATION et COMMISSION NATIONALE DE QUALIFICATION ET D'INSCRIPTION A TITRE INITIAL

5.1 Commission du Stud-Book

5.1.1 Composition :

La commission du stud-book se compose de la façon suivante :

- Neuf membres représentant les éleveurs et les utilisateurs désignés par le Président de l'ANSF, dont le président de la commission, et dont 1 membre de France Dressage, sur proposition du président de cet organisme
Ces membres sont nommés pour une durée de 1 an renouvelable.
- Deux représentants des Haras Nationaux
 - . le Délégué National Sport des Haras Nationaux ou un représentants des Haras nationaux désigné par la Direction Initiatives et Territoires (DIT) , secrétaire.
 - . un représentant des Haras nationaux désignés par la Direction des Connaissances (DCO)

Siègent à titre consultatif :

- un représentant de l'association des AQPS, désigné par le président de cette association
- un représentant de l'ANAA, désigné par le président de cette association
- un représentant de la SHF, désigné par le président de cet organisme
- un représentant de la FFE, désigné par le président de cet organisme
- un représentant de l'INRA,
- un représentant de l'étalonnage privé désigné par le Président de l'ASEP
- un représentant de l'étalonnage public (le directeur des services et des sites ou son représentant)

Avec l'accord du Président, la commission peut également s'adjoindre des experts avec voix consultative.

5.1.2 Missions :

La commission du stud-book du Selle Français est chargée :

- a) de déterminer la politique d'amélioration génétique et de sélection de la race Selle Français
 - b) de proposer toute modification au présent règlement et à ses annexes, en particulier de définir les règles relatives à l'approbation des étalons et à la sélection des femelles et aux contrôles sanitaires de la monte. Elles sont soumises à l'approbation du ministre de l'agriculture.
 - c) de valider le programme d'élevage de la race Selle Français et ses applications et formuler toute proposition relative à l'amélioration de la sélection et la valorisation du Selle Français.
 - d) Elle se prononce sur les cas particuliers de l'application du présent règlement qui lui sont soumis par Les Haras Nationaux.
- Elle peut être consultée par le ministre de l'agriculture sur toute question relative à l'élevage et à la sélection des équidés.

5.1.3 Règles de fonctionnement :

La commission se réunit sur convocation écrite, à la demande de son Président ou d'une majorité de ses membres. Ses décisions ou recommandations ont un caractère public, mais les délibérations sont confidentielles.

Elle peut déléguer certains de ses membres pour la représenter en particulier pour l'exercice de ses missions.

La commission se réunit au moins une fois par an.

La commission délibère valablement si 10 au moins de ses membres ayant voix délibérative, sont présents ou représentés. Les décisions sont prises à la majorité des membres présents ou représentés. Chaque membre présent ne peut disposer que d'un pouvoir au maximum en plus de sa voix. En cas d'égalité des voix lors de votes, celle du Président est prépondérante.

Christophe SODORE

5.2 Commission Nationale d'Approbation

5.2.1 Composition de la Commission nationale d'approbation.

La commission nationale d'approbation est composée

- des neuf membres représentant les éleveurs et les utilisateurs désignés par le Président de l'ANSF, dont le président de la commission du stud book, et d'un représentant des Haras Nationaux, secrétaire :
- Les membres du jury de la commission d'approbation qui ont évalué les candidats
- des experts de la race désignés par le président de l'ANSF. Ces experts ont une voix consultative.

Cette commission nationale d'approbation doit réunir au minimum 6 représentants, dont un représentant du jury d'évaluation, et le secrétaire. La commission est présidée par le président de la commission du stud book ou son représentant qui a voix prépondérante en cas d'égalité des voix lors de vote.

Cette commission nationale délègue la mission d'évaluation physique des sujets à une commission d'approbation, composée de 3 membres au minimum dont un représentant des Haras Nationaux, secrétaire, qui établit le procès-verbal d'évaluation :

- deux ou trois experts de la race désignés par le président de l'ANSF, parmi une liste de juges désignés par l'ANSF, validée par la commission du stud book.
- un ou deux représentants des Haras Nationaux désignés par le Directeur Général.

La commission est présidée par un représentant de l'ANSF qui a voix prépondérante en cas d'égalité des voix lors de vote.

5.2.2 Rôle de la Commission nationale d'approbation

La commission nationale d'approbation examine les dossiers des chevaux satisfaisant aux conditions d'accession à la commission d'approbation chargée de l'évaluation. Elle prononce l'approbation ou l'ajournement du candidat étalon. Les motifs de l'ajournement doivent figurer au procès verbal, signé de tous les membres de la commission.

L'ajournement des candidats étalons est prononcé pour une année au plus, et au moins pour la saison de monte en cours ou qui va débiter. Ces décisions sont notifiées aux propriétaires des candidats étalons par les Haras Nationaux.

5.3 Commission nationale de qualification et d'inscription à titre initial

5.3.1 Composition de cette Commission.

Cette commission nationale est composée de 3 membres au minimum dont un représentant des Haras Nationaux, secrétaire :

- deux ou trois experts de la race désignés par le président de l'ANSF, parmi une liste de juges tenue à jour par l'ANSF, validée par la commission du stud book.
- un ou deux représentants des Haras Nationaux désignés par le Directeur Général.

La commission est présidée par un représentant de l'ANSF qui a voix prépondérante en cas d'égalité des voix lors de vote.

5.3.2 Rôle de cette Commission

Cette commission nationale examine les chevaux satisfaisant aux conditions d'accession à cette commission.. Elle statue sur les demandes d'inscription à titre initial des sujets concernés, sur l'attribution de la qualification de Facteur de Selle Français section A ou B pour les juments présentées. Les motifs de l'ajournement doivent figurer au procès verbal, signé de tous les membres de la commission.

6 EXAMEN ONEREUX DES ANIMAUX

L'instruction de dossiers individuels et les examens d'animaux par les commissions peuvent se faire à titre onéreux au profit de l'ANSF, selon un barème établi chaque année par le conseil d'administration de l'ANSF.

Christophe SODORE

ANNEXES :

ANNEXES :

- I : Stud Books étrangers reconnus
- II : Qualifications des femelles
- III : Qualifications des mâles
- VI : Dossier type pour toute demande d'approbation automatique, d'examen en commission du stud-book ou en commission d'approbation
- V : Règles pour l'approbation provisoire des étalons de sport SF pour la monte publique à 3, 4 et 5 ans
- VI : Dossier de l'état de santé, du statut ostéo-articulaire et des critères de reproduction
- VII : Protocole d'examen du modèle et des allures.
- VIII : Modalités d'examen en commission d'approbation
- IX : Organisation du programme d'élevage
- X : Annexe sanitaire

Christophe SODORE

REGLEMENT DU STUD-BOOK DU SELLE FRANÇAIS

**ANNEXE I
STUD BOOK ETRANGERS RECONNUS**

1. SELLE FRANÇAIS

Portugal, Brésil, Argentine, Maroc

2. RACES ETRANGERES DE CHEVAUX DE SPORT

Stud books reconnus par la WBFSH et l'Union Européenne

3. PUR SANG ANGLAIS

Stud books approuvés par l'ISBC

4. PUR SANG ARABE

Stud books reconnus par la WAHO

5. ANGLO ARABE

Stud books reconnus par la CIAA

Christophe SODORE

REGLEMENT DU STUD-BOOK DU SELLE FRANÇAIS

**ANNEXE II
QUALIFICATIONS DES FEMELLES
QUALIFICATION DES POULINIÈRES SF OU FACTEUR DE SELLE FRANÇAIS**

Les qualifications seront attribuées en fonction :

I Performances du sujet et de ses apparentés

Ces qualifications reposent sur le Blup et les indices en compétitions équestres :

	BLUP \geq 16	8 \leq BLUP $<$ 16	0 \leq BLUP $<$ 8	BLUP $<$ 0
Indice compétition \geq 140	Elite	Elite	Excellente	Très bonne
140 $>$ Indice \geq 125	Elite	Excellente	Excellente	Très bonne
125 $>$ Indice \geq 115	Elite	Excellente	Très bonne	Qualifiée
115 $>$ Indice \geq 100	Elite	Excellente	Très bonne	Qualifiée
Non-Indicée avec CD du Blup \geq 0,35 ou ISO $<$ 100 avec CD du Blup \geq 0.35	Elite	Excellente	Très bonne	Qualifiée
Non-Indicée avec CD du Blup $<$ 0,35 ou ISO $<$ 100 avec CD du Blup $<$ 0,35	Très bonne	Très bonne	Qualifiée	Qualifiée

II Modèle et locomotion

La qualification du Modèle et de la locomotion sera signalée par des étoiles *

- juments obtenant plus de 75% des points en concours modèle et allures *****
- juments obtenant entre 65% et 74,99% des points en concours modèle et allures ****
- juments obtenant entre 55% et 64,99% des points en concours modèle et allures ***
- juments obtenant entre 50% et 54,99% des points en concours modèle et allures **
- juments moins de 49,99% des points en concours modèle et allures *

Christophe SODORE

Equivalences : les qualifications de modèle (les étoiles) s'attribuent en fonction de la note de modèle obtenue par la poulinière en concours régional uniquement (les locaux ne comptent pas, et donc une poulinière vue en local uniquement n'a pas de qualification modèle. Elle devra passer avec la grille plus tard, en séance régionale, même si elle n'y est pas qualifiée)
équivalences:

- juments obtenant 16 /20 ou plus équivalent à 75% des points en concours modèle et allures *****
 - juments obtenant entre 15 et 15,99 équivalent à entre 65% et 74,99% des points en concours modèle et allures ****
 - juments obtenant entre 14 et 14,99 équivalent à entre 55% et 64,99% des points en concours modèle et allures ***
 - juments obtenant entre 13 et 13,99 équivalent à entre 50% et 54,99% des points en concours modèle et allures **
 - juments obtenant moins de 13 équivalent à moins de 50 % des points en concours modèle et allures *
- La meilleure qualification de modèle et allures est retenue

La qualification lors de son attribution dépend des derniers indices et index connus. La jument garde la meilleure qualification attribuée.

Ces épreuves de qualification font partie du programme d'élevage mis en place par l'ANSF.

Christophe SODORE

REGLEMENT DU STUD-BOOK DU SELLE FRANÇAIS

ANNEXE III QUALIFICATIONS DES MALES

Le potentiel génétique des chevaux de sport, c'est à dire l'estimation de la valeur génétique des individus pour une aptitude donnée, est évalué grâce au BLUP dans chacune des 3 disciplines olympiques CSO, Dressage et CCE. Trois indices génétiques sont publiés : le BSO (Indice génétique pour le CSO), le BDR et le BCC.

Cet indice est une estimation qui prend en compte toutes les informations enregistrées concernant un équidé c'est à dire les performances obtenues sous couleurs françaises par lui-même ou ses apparentés.

Les BLUP sont :

- **évalués chaque année,**
- **évalués pour chaque discipline,**
- **centrés sur 0 qui correspond à la moyenne des SF et AA âgés de 5 ans,**
- **accompagnés de leur coefficient de détermination (CD) qui indique la précision avec laquelle l'évaluation a été réalisée.**

Selon la discipline envisagée, les indices génétiques peuvent être utilisés pour établir une classification génétique des étalons, facilitant le choix d'un étalon.

I La classification génétique des étalons de CSO

Elle guide l'éleveur afin de choisir un étalon susceptible de transmettre une bonne aptitude au CSO tout en reposant sur la priorité d'une **prise de risque minimum** pour l'éleveur.

En combinant BSO et CD de l'étalon, il est possible de calculer un **intervalle de confiance** pour un risque acceptable de 5% à l'intérieur duquel on a plus de 95 % de chances de trouver la vraie valeur du cheval.

Plus le cheval est connu sur ses performances et celles de ses apparentés, plus son CD est élevé et plus son intervalle de confiance est réduit car on cerne mieux son potentiel génétique. A l'inverse, lorsqu'un cheval est encore jeune, on possède encore peu d'informations sur lui-même ou ses apparentés, son CD est faible et son intervalle de confiance est important, on a plus de mal à cerner le potentiel génétique du reproducteur.

Afin de prendre le minimum de risque, il est possible d'utiliser **la valeur minimum de l'intervalle de confiance** :

- ⇒ elle est appelée **borne inférieure de l'estimation de la valeur génétique**.
- ⇒ elle est calculée pour chaque étalon et permet de déterminer 6 classes qui se répartissent ainsi :

Elite chevaux ayant une borne inférieure à plus de 15.

Très Bon chevaux ayant une borne inférieure comprise entre 7,5 et 15.

Améliorateur chevaux ayant une borne inférieure comprise entre 0 et 7,5.

Acceptable chevaux ayant une borne inférieure comprise entre -7,5 et 0.

Médiocre chevaux ayant une borne inférieure comprise entre -15 et -7,5.

Déconseillé CSO chevaux ayant une borne inférieure à -15.

Christophe SODORE

ATTENTION : - ne pas oublier que cette classification ne concerne que *l'aptitude au CSO* et qu'elle ne préjuge en rien de ses qualités potentielles dans d'autres disciplines.

- ne pas oublier que les jeunes reproducteurs auront un CD peu élevé et risquent par contre coup d'avoir une borne basse relativement faible et éloignée de leur BSO.

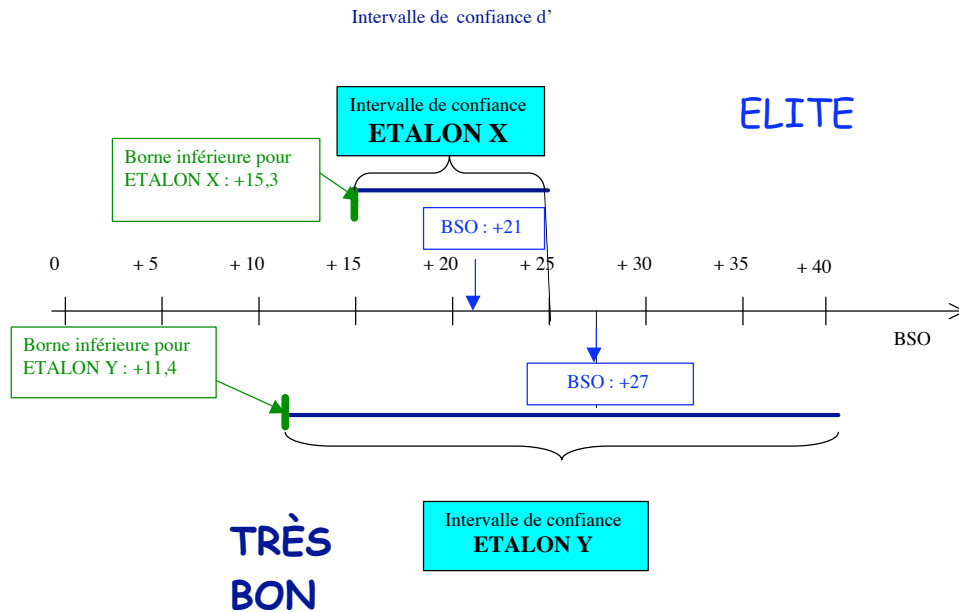
- ⇒ **Intérêt :** on aide l'utilisateur en lui faisant prendre le minimum de risque et en faisant figurer dans la même catégorie génétique des chevaux ayant une borne basse de même niveau (leur valeur génétique ayant de fortes chances de se situer au dessus).
- ⇒ **Limite :** au sein d'une même catégorie, l'utilisation d'un mâle confirmé s'impose quand on a déterminé le type de jument qui lui convient, sinon mieux vaudra choisir un reproducteur plus jeune.
- ⇒ **Conséquences :** les étalons ELITE ou TRES BON sont à recommander pour la production de chevaux de CSO. Dans la catégorie AMELIORATEUR ou ACCEPTABLE seuls les jeunes sont à conseiller.

Cf. représentation schématique Classification génétique de 2 étalons en comparaison avec leur BSO pour l'aptitude au CSO

Exemple :

L'étalon X est classé ELITE : BSO + 21 avec un CD de 0,95, sa borne inférieure est de +15,3.

L'étalon Y est classé TRES BON : BSO + 27 avec un CD de 0,55, sa borne inférieure est de +11,4 car il bénéficie d'un BSO plus important mais moins fiable.



Christophe SODORE

II La qualification génétique des étalons Dressage

Pour le dressage il est possible de retenir un principe équivalent à celui exposé précédemment, mais en limitant sa publication aux deux premières classes : « Elite » (chevaux ayant une borne inférieure à plus de 15) et « Très Bon » (chevaux ayant une borne inférieure entre 7,5 et 15). Pour les étalons selle étrangers et SFB , seront retenus les classes « Elite » et « Très Bons » comme facteurs de SF livre A.

III La qualification génétique des étalons Complet

Il n'est pas possible de faire reposer une classification génétique des étalons Complet sur les mêmes bases que celles du CSO. En effet pour cette discipline, le recours au croisement avec des étalons de type course ou étrangers rend difficile l'évaluation par le BLUP de l'ensemble des mâles intéressants pour la discipline. Le principe d'une classification générale des reproducteurs est ainsi difficilement applicable. En revanche pour les étalons testés en France sur performance et descendance, le BCC et l'ICC doivent être utilisés par les experts pour compléter leur évaluation. Des étalons titulaires de BCC supérieur à 22 doivent être recommandés CCE.

IV La qualification du modèle et des allures

La qualification du Modèle et de la locomotion sera signalée par des étoiles *

- mâles obtenant plus de 75% des points en concours modèle et allures *****
 - mâles obtenant entre 65% et 74,99% des points en concours modèle et allures ****
 - mâles obtenant entre 55% et 64,99% des points en concours modèle et allures ***
 - mâles obtenant entre 50% et 54,99% des points en concours modèle et allures **
- mâles moins de 49,99% des points en concours modèle et allures *

Christophe SODORE

REGLEMENT DU STUD-BOOK DU SELLE FRANÇAIS

**ANNEXE IV
DOSSIERS TYPE POUR DEMANDE D'APPROBATION AUTOMATIQUE, D'EXAMEN EN
COMMISSION DU STUD BOOK, OU EN COMMISSION D'APPROBATION**

Demande d'approbation automatique, demande d'approbation en Commission de Stud Book et demande d'examen en Commission du Stud Book: dossier à transmettre à :

Les Haras Nationaux, SIRE, bureau des approbations SF
route de Troche, BP 3, 19 231 Arnac-Pompadour Cedex

Demande d'approbation ou d'examen en Commission d'approbation ou en Commission nationale de qualification et d'inscription à titre initial: dossier à transmettre à : M. le délégué Régional des Haras Nationaux de la région où se déroule la commission

Les chèques sont à rédiger à l'ordre de l'ANSF, et à envoyer :

ANSF, 56 Avenue Henri Ginoux 92120 Montrouge

Pour tout dossier, joindre :

- **Origines :** copie recto- verso du certificat d'origine, avec au moins 3 générations
- **Performances :** Finales Cycles Classiques, mention obtenues, indices, BLUP et CD et éventuellement autres performances pour les chevaux ayant concouru en France.
à défaut de performances en France,
Pour les mâles : relevé précis établi par la FEI ou enregistré par BCM des épreuves et des classements, avec indication des gains.
Pour les femelles et les hongres : relevé précis établi par la Fédération Nationale du pays de performance, indiquant les épreuves, les classements, les gains, et les correspondances de cotes d'obstacles
- **Production :** si besoin est, relevé complet de la production, avec le cas échéant, les gagnants et leur niveau de gains ou indices (comme ci-dessus)
- **Collatéraux :** si besoin est, relevé des performances (comme ci-dessus)

En complément selon les cas :

Pour une demande d'approbation automatique

Dans tous les cas

✓ **Etat sanitaire :** dossier mentionnant les informations relatives à son statut ostéo-articulaire, aux critères de reproduction selon les protocoles figurant en annexe VI.

✓ **Modèle et allures :** description morphologique de l'animal réalisée par 1 personne au moins de la commission d'approbation mandatée par l'ANSF, aux frais du demandeur ; des photos en couleur de profil et de face sont à fournir. La description de l'animal peut aussi être réalisée en commission d'approbation, au même tarif que celui demandé à l'examen d'une femelle étrangère sollicitant l'inscription Facteur de Selle Français.

Pour les étalons de race étrangère, fournir de plus l'attestation officielle de son approbation définitive et sans limitation de cartes en vigueur comme étalon dans son stud book d'origine et reconnu par la WBFSH

En cas d'avis favorable à l'approbation pour produire en Selle Français

Il est rappelé que cette approbation ne devient effective (enregistrement sur la base SIRE permettant l'édition d'un carnet de saillie pour produire en Selle Français) et n'est notifiée par les Haras Nationaux que lorsque les Haras Nationaux disposent du dossier sanitaire décrit aux annexes VI, et que l'ANSF a été réglée du montant de l'approbation initiale prévu à l'article 6 et selon le dernier barème établi par son Conseil d'Administration.

Christophe SODORE

REGLEMENT DU STUD-BOOK DU SELLE FRANÇAIS

**ANNEXE V
REGLES POUR L'APPROBATION PROVISOIRE DES ETALONS DE SPORT A LA MONTE
PUBLIQUE A 3, 4 ANS ET 5 ANS ET REGLES POUR LA PRE APPROBATION**

1. Critères d'Approbation pour la monte publique à 3, 4 ans et 5 ans

A compter de l'année 2005, les entiers retenus devront présenter de très bonnes origines, qui seront évaluées sur la base des qualifications de leurs mères et de leurs propres index génétiques. Ils seront choisis parmi :

- Les entiers classés « *Très bon* »,
- Les entiers classés « *améliorateur* » avec une mère « *élite* ou *excellente* »,
- Les entiers classés « acceptable » avec une mère « *élite* ».

Les entiers retenus devront également remplir les conditions minimales de notes suivantes :

1. **Pour les sujets à orientation CSO**, atteindre la note globale de 70/100, et les notes 6,5/10 au modèle et 5/10 aux allures. La note globale est établie avec les coefficients suivants : 4 au modèle, 3 aux allures et 3 à l'obstacle.
2. **Pour les sujets à orientation dressage**, atteignant la note globale de 80/100, et les notes 7/10 au modèle et 8/10 aux allures. La note globale est établie avec les coefficients suivants : 4 au modèle, et 6 aux allures en liberté, pour des candidats de 2 ans, et les coefficients suivants : 4 au modèle, 3 aux allures montées et 3 aux allures en liberté, pour les sujets de 3 ans.

On doit rechercher des étalons ayant :

- un très bon caractère, facile,
- de très bons aplombs (signe de longévité),
- du sang pour être utilisable par les amateurs et les professionnels,
- de très bonnes allures, bon galop, bonne amplitude,
- un très bon geste et une très bonne technique à l'obstacle,

Les 2 ans et 3 ans seront approuvés en fonction des besoins de la race, notamment le maintien d'une diversité génétique, et en fonction des résultats enregistrés à l'issue du concours national des candidats étalons SF de 2 ans et 3 ans, et de la période de testage en station à laquelle ces résultats donnent accès, dès que les modalités de cette période de testage seront établies.

Les candidats SFA peuvent dans ces conditions être approuvés provisoirement à produire en section A, et les candidats SFB en section B.

2. Critères d'Approbation pour la monte publique à 4 ans et 5 ans

Pour les années 2000 à 2002 incluses, lors de la finale du concours national des candidats étalons Selle Français de 3 ans, l'approbation provisoire pour la monte à 4 ans et 5 ans est accordée pour les sujets atteignant la note globale de 65/100, et les notes 6/10 au modèle et 6/10 aux allures. La note globale est établie avec les coefficients suivants : 4 au modèle, 3 aux allures et 3 à l'obstacle.

Christophe SODORE

Pour les années 2003 et 2004, lors du concours national des candidats étalons Selle Français de 3 ans, l'approbation provisoire pour la monte à 4 ans et 5 ans a été accordée pour les sujets à orientation CSO, atteignant la note globale de 70/100, et les notes 6,5/10 au modèle et 6,5/10 aux allures. La note globale est établie avec les coefficients suivants : 4 au modèle, 3 aux allures et 3 à l'obstacle.

3. Critères de Pré Approbation pour la monte publique.

Pour les années 2000 à 2002 incluses, lors du concours national des candidats étalons Selle Français de 3 ans, les chevaux ayant obtenu les notes minimum de 60 pour le total, et 6 pour le Modèle et 6 pour les Allures, sont pré approuvés. Ils sont alors dispensés de la présentation ultérieure devant la commission nationale d'approbation, s'ils satisfont aux critères de performance en vigueur.

Pour les années 2003 et 2004, lors du concours national des candidats étalons Selle Français de 3 ans, les chevaux ayant obtenu les notes minimum de 65 pour le total, et 6,5 pour le Modèle et 6,5 pour les Allures montées sont pré approuvés. Ils sont alors dispensés de la présentation ultérieure devant la commission nationale d'approbation, s'ils satisfont aux critères de performance en vigueur.

Les étalons ayant bénéficié d'une approbation provisoire sont aussi pré-approuvés.

Christophe SODORE

REGLEMENT DU STUD-BOOK DU SELLE FRANÇAIS

**ANNEXE VI : DOSSIER ET PROTOCOLES SUR
LE STATUT OSTEO ARTICULAIRE ET LES CRITERES DE REPRODUCTION POUR LES
CANDIDATS ETALONS**

1. Statut ostéo-articulaire

Doit être fournie l'interprétation du CIRALE de l'ensemble des radios selon le protocole 2002 d'examen radiographique de l'appareil locomoteur des chevaux qualifiés, établi par le Pr. JM DENOIX (CIRALE)

PROTOCOLE

Les propriétaires feront procéder à l'examen radiographique de leurs chevaux par le vétérinaire de leur choix.

Chaque cliché réalisé devra porter les éléments d'identification suivants :

Nom du cheval, nom de son propriétaire, date d'examen, identité du vétérinaire.

Ils devront être de qualité suffisante pour permettre une lecture fiable ; sinon ils devront être refaits afin d'obtenir un dossier radiographique complet pour chaque cheval.

Pour être examinés les dossiers devront être **d'emblée complets**

Matériel nécessaire

- Détomidine (DOMOSSEDAN N.D) ou équivalent pour la sédation d'animaux difficiles à manipuler
- 1 appareil portatif pouvant produire 70 kV et 12 mAs en moins de 0.4 seconde
- 1 couple film-écran assez sensible :Ecran Quanta fast détail - film Cronex 4 ou couple équivalent T mat G-Lanex médium ou fast ; écran T8-film XD)
- 6 à 10 cassettes équipées d'écrans
- 1 grille rapport 8 ou 6, lames parallèles (pour les pieds de face)
- cales de positionnement (face et profil du pied)
- tabliers et gants de protection anti - X
- savon neutre (colmatage des lacunes de la fourchette pour les pieds de face)
- matériel d'identification (nom du vétérinaire, du cheval, côté D ou G) ; Mettre toujours les lettres D et G du côté latéral sur les clichés de face.

1. Contention des Animaux

- Sédation si nécessaire
- 2 aides minimums
- Tord-nez

2. Locaux (adapter aux circonstances locales)

- 1 local A minimum 5m X 6m, sol plan régulier accessible aux chevaux
- 1 local B permettant l'obscurité complète, à proximité du local A pour le chargement et le déchargement des cassettes. Les films peuvent être stockés dans des boîtes étanches à la lumière et développés ensemble dans un deuxième temps. Dans ce cas, faire attention à l'identification des chevaux.
- 1 alimentation en 220 volts non saturée.

Christophe SODORE

3. Prise de clichés

Pour opérer dans de bonnes conditions de calme et de décontraction, indispensables à la qualité des clichés et à la radioprotection du personnel, la durée nécessaire à la réalisation des 12 clichés sur un cheval peut être évaluée à 45 mn. Il semble peu opportun d'envisager de faire l'examen de plus de 10 chevaux par jour. Il peut être souhaitable de disposer sur place d'un maréchal – ferrant pour déferre et commencer la préparation des pieds antérieurs.

4. Déroulement des opérations

- le développement se fera si possible, dans une clinique vétérinaire (ou un site hospitalier ou dans une clinique humaine) pourvu d'une développeuse automatique ;
- les clichés radiographiques seront à adresser, pour lecture et interprétation, **au CIRALE**

Si le développement peut se faire sur place, et si les clichés sont insuffisants ou si des anomalies radiographiques sont constatées, des incidences complémentaires pourront être à nouveau réalisées sur les régions anatomiques correspondantes.

2. Critères de reproduction

Les propriétaires sont tenus de fournir un dossier sur les critères de reproduction suivants :

Pour les étalons stationnés en France

Nombre de récoltes ayant précédé le spermogramme (purge) : minimum 3 la semaine qui précède et une en début de semaine

Durée du spermogramme. 5 Sauts (1 par jour) sur une semaine

Le chef de centre doit :

- Préciser la méthode de lecture de la concentration (cellule hématimétrique, spectrophotomètre ou autre)
- Préciser la méthode de lecture de la mobilité avec platine chauffante
- Respecter la température de conservation à 4 Degrés avec lait écrémé plus des antibiotiques, ou tout autres dilueur clair plus des antibiotiques
- Préciser le type Colorant nigrosine (à 35 degrés)

Indiquer l'utilisation d'un Microscope 400 ou 1000 grossissement

Spermogramme 5 jours: Concentration (millions/ml),
Nombre total de spz (milliards),
Qualité de la semence fraîche diluée (spz mobiles en %)
Survie à 24h00 (à 4°C, spz mobiles en %)
.Survie à 48h00 (à 4°C, spz mobiles en %)
% de spz vivants, et % de spz normaux.

Le chef de Centre fournit l'ensemble des résultats (récapitulatif des récoltes et spermogramme) au Haras nationaux pour expertise à la Jumenterie du Pin et fournit à l'ANSF la synthèse des résultats de l'expertise.

Pour les étalons stationnés à l'étranger

Pour les étalons déjà approuvés dans leur stud-book d'origine, la commission du Stud-book accepte les documents et les certificats fournis pour l'approbation dans la race d'origine, à condition qu'ils soient jugés suffisants, interprétables et précis par les experts français par rapport à ce qui est demandé pour des étalons Selle Français. Dans le cas d'un dossier insuffisant (ostéo-articulaire et spermogramme), la commission du stud-book se réserve le droit de demander des examens complémentaires

Pour les étalons étrangers sollicitant un agrément uniquement dans la race Selle Français, le protocole est identique à celui des candidats Selle Français.

Christophe SODORE

ANNEXE VI bis
REGIONS DEVANT FAIRE L'OBJET D'EXAMEN RADIOGRAPHIQUE SUR LES CHEVAUX QUALIFIES

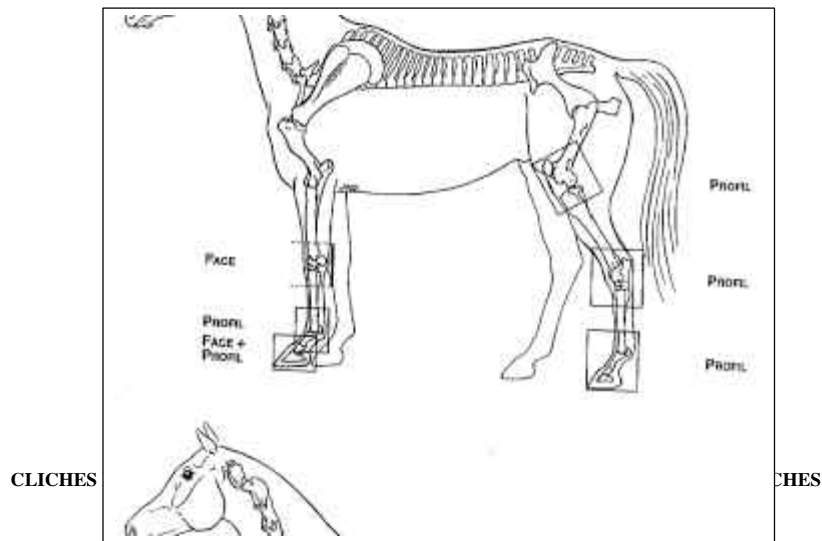
Pour des raisons économiques, l'obtention des 14 prises de vue peut se faire sur 8 à 10 films de format 24X30

REGIONS	INCIDENCES	FILM 24X30	
PIEDS ANTERIEURS	F	1 (D+G)	
	P	1G Pied + Boulet	1 D Pied + Boulet
BOULETS ANTERIEURS	P		
CARPES	F	1 (D + G)	
DOIGTS POSTERIEURS	P	1 ou 2	
JARRETS	P	1 ou 2	
GRASSET	P (ou OCL)	2	

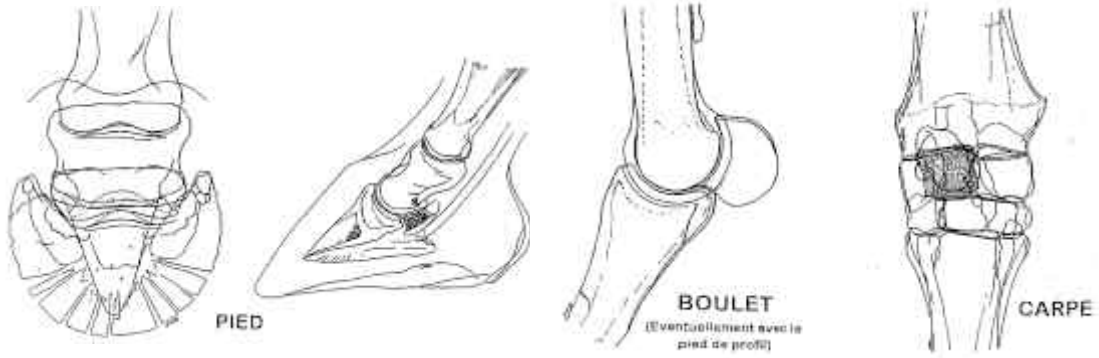
(ou 30X40).p

Légendes : F : cliché de face ; P : cliché de profil
 OCL : incidence oblique caudo-latérale.

Quand 2 prises de vue sont réalisées sur le même film, protéger la plage non exposée avec un cache en plomb



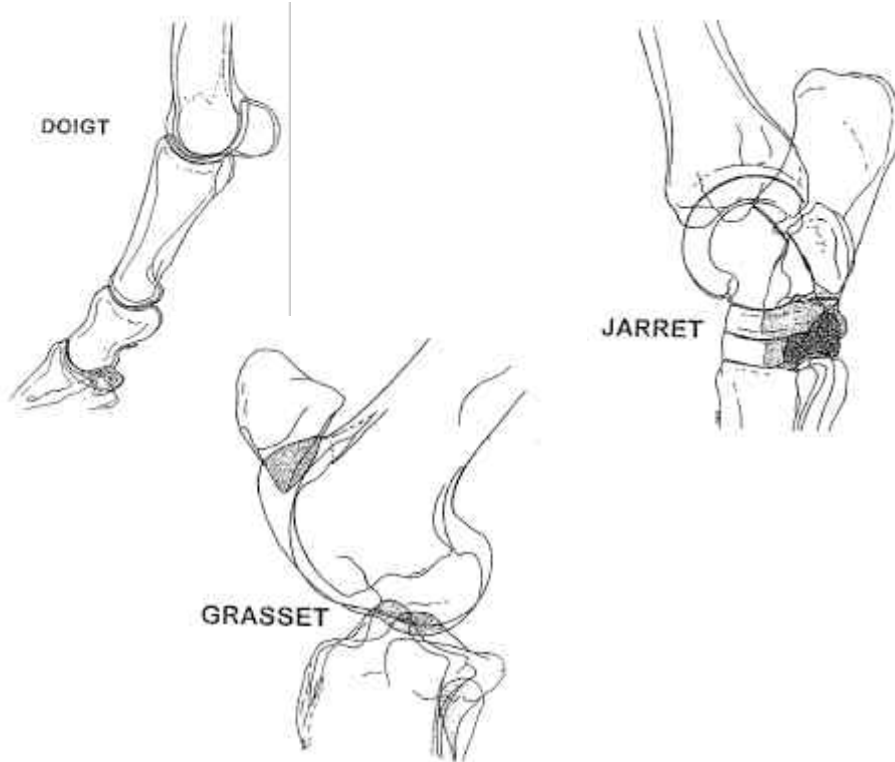
Christophe SODORE



CLICHES A REALISER SUR CHAQUE MEMBRE ANTERIEUR

o

CLICHES A REALISER SUR CHAQUE MEMBRE POSTERIEUR



Christophe SODORE

REGLEMENT DU STUD-BOOK DU SELLE FRANÇAIS

**ANNEXE VII
PROTOCOLE D'EXAMEN DU MODELE ET DES ALLURES**

L'examen du Modèle et des Allures comprend une description détaillée et commentée, conformément aux grilles de jugement des Concours d'Élevage :

↻ de la morphologie du cheval

♦ Ligne de Dessus

- Tête Encolure
- Garrot, Dos, Rein
- Croupe, Bassin

♦ Membres

- Avant main de profil
- Cuisses-Postérieurs
- Aplombs antérieurs
- Aplombs postérieurs

♦ Impression d'ensemble (Cadre, esthétique)

- Equilibre, Proportions
- Distinction générale
- Tissus

↻ Des allures du cheval

Appréciation de la souplesse, de l'amplitude, de l'engagement, de l'équilibre et de l'impulsion aux trois allures Pas, Trot et Galop.

Christophe SODORE

REGLEMENT DU STUD-BOOK DU SELLE FRANÇAIS

**ANNEXE VIII
NOTE D'ORIENTATION DU JUGEMENT DES ENTIERS EN COMMISSION D'APPROBATION**

I) Pour le concours candidats étalons

La sélection se fait sur le phénotype et les critères génétiques. Il faut rechercher des étalons à vocation sportive qui produiront des chevaux commerciaux
L'objectif est d'élargir la base de sélection et de maintenir une diversité génétique .

On doit rechercher des étalons ayant ;

- un très bon caractère, facile,
- de très bons aplombs(signe de longévité),
- du sang pour être utilisable par les amateurs et les professionnels,
- de très bonnes allures, bon galop, bonne amplitude,
- un très bon geste et une très bonne technique à l'obstacle,
- d'excellentes aptitudes pour la discipline envisagée

II) Pour les commissions d'approbation étalons de 4 ans et plus

Ce sont des commissions destinées aux chevaux n'ayant pas 22 de Blup et 0,50 de CD, et 60 % des points maximum.

Possibilité de faire monter les chevaux par un membre du jury pour tester le galop, le coup de saut, la bouche, la locomotion, le comportement.

Un modèle peut compenser des performances et inversement

Le résultat n'a pas la même signification en fonction de l'âge

L'approbation est donc une combinaison de performances, modèle, allures, obstacle, origines, souche maternelle, indices et BLUP.

Pour les 4 ans :

Obstacle, modèle et allures à 75% ; discussion de 75 à 70% des points, plus prise en compte de la saison de concours et de la finale, ainsi que de la souche maternelle et paternelle.

Pour les 5 ans :

Obstacle, modèle et allures à 70% ; discussion de 70 à 68% des points, plus prise en compte de la saison de concours et de la finale (à favoriser), ainsi que de la souche maternelle et paternelle.

Pour les 6 ans :

Obstacle, modèle et allures à 68% discussion de 65 à 68% des points, plus prise en compte de la saison de concours et de la finale (à favoriser), ainsi que de la souche maternelle et paternelle.

Pour les 7 ans et plus :

Obstacle, modèle et allures à 65% ; discussion de 65 à 60% des points, plus prise en compte des saisons de concours et de la souche maternelle et paternelle.

Christophe SODORE

REGLEMENT DU STUD-BOOK DU SELLE FRANÇAIS

ANNEXE IX

Organisation du programme d'élevage

I) Caractéristiques du programme d'élevage

Sélection génétique, conduite d'élevage, préparation et valorisation des jeunes chevaux constituent trois secteurs d'actions pour conduire un programme d'élevage. Ce qui suit concerne l'amélioration génétique.

1.1. Détermination des objectifs de production,

Une caractérisation du marché a permis de définir les principaux objectifs de production :

- Performances sportives
- Modèle et allures (conformation et locomotion)
- Aptitudes à l'utilisation (caractère, facilité)
- Longévité sportive
- Santé, qualités de reproduction

1.2. Amélioration génétique,

Un programme d'amélioration génétique contribue à atteindre ces objectifs. Il comporte deux étapes :

- Le *SCHEMA DE SELECTION* recouvre la **caractérisation des reproducteurs** selon ces objectifs de sélection, et le **choix des reproducteurs**, qui relève par exemple des procédures d'approbation, de confirmation ou de qualifications des reproducteurs, figurant au règlement du stud book.
- Cette démarche est complétée par *L'UTILISATION DES REPRODUCTEURS*, portant notamment sur la diffusion de l'information et le conseil aux accouplements.

II) Services proposés

L'établissement des indices et index sur performances est un outil de caractérisation transversal aux races, et dont le Selle Français poursuivra l'utilisation.

En revanche, la caractérisation sur d'autres critères est à établir : grilles d'évaluation, morphométrie, statut ostéo-articulaire des étalons, etc.... Ces caractérisations passent par une inscription des sujets au programme d'élevage. Les sujets inscrits au programme d'élevage seront caractérisés progressivement selon les objectifs définis. (Index, indices, grille d'évaluation, morphométrie, statut ostéo-articulaire des étalons, etc...)

Des outils de conseil aux accouplements seront développés : fiches individuelles étalon et jument, bilan génétique d'élevage, etc

Les encouragements des haras nationaux, au service de l'amélioration génétique du Selle Français, seront réservés aux sujets inscrits au programme d'élevage de cette race.

Une qualification des femelles sera instaurée afin de catégoriser les poulinières, d'identifier les meilleures à des fins génétiques et promotionnelles, et de contribuer aux accouplements raisonnés. La qualification des poulinières s'effectue selon l'index génétique, les indices de performance, l'évaluation modèle et allures et l'appréciation de sa descendance. Elle concerne les femelles SFA, SFB, AQPS, FSFA et FSFB

L'annexe II détaille les modalités d'attribution des qualifications:

III) Modalités d'inscription

L'inscription au programme d'élevage se fait :

- Pour les sujets de 0 à 3 ans, l'inscription donne droit à l'évaluation du sujet
- Pour les poulinières, l'inscription donne droit à l'évaluation du sujet et attribution d'une qualification

Les barèmes et les modalités précises d'inscription relèvent de la décision du Conseil d'Administration de l'ANSF.

Christophe SODORE

REGLEMENT DU STUD-BOOK DU SELLE FRANÇAIS

ANNEXE X

Sanitaire

**CONDITIONS SANITAIRES pour les REPRODUCTEURS
PRODUISANT dans le STUD-BOOK SELLE FRANÇAIS**

1. Pour être agréés à la monte publique, les étalons produisant dans le studbook Selle Français doivent satisfaire aux conditions suivantes :

A. - Vis-à-vis des maladies réputées contagieuses

- Anémie infectieuse

L'étalon doit présenter, lors de la première demande d'agrément à la monte publique, un résultat négatif, antérieur à la délivrance des cartes de saillie et datant de moins de trois mois, à la recherche de l'anémie infectieuse par le test de Coggins. Le prélèvement est réalisé par un vétérinaire sanitaire et analysé par un laboratoire agréé par le ministère de l'agriculture.

Un nouveau test pourra être ultérieurement exigible en fonction de la situation épidémiologique, au regard de l'anémie infectieuse, du ou des départements de stationnement de l'étalon. Les conditions de sa réalisation seront fixées par instruction du ministère de l'agriculture.

B. Vis-à-vis des Maladies à Déclaration Obligatoire (M.D.O.)

- Mérite contagieuse

Annuellement, chaque étalon doit satisfaire avec résultats négatifs à deux épreuves de diagnostic bactériologique de la métrite contagieuse. Le site de prélèvement est la fosse urétrale. Les prélèvements sont réalisés par un vétérinaire sanitaire et analysés par un laboratoire agréé par le ministère de l'agriculture.

Le premier contrôle doit être postérieur au 1^{er} décembre de l'année précédant la saison de monte et antérieur à la délivrance des cartes de saillie.

Le deuxième contrôle doit être postérieur à la fin de la saison de monte et antérieur au 1^{er} octobre. Il est joint à la demande de cartes de saillie de la saison suivante.

C. Vis-à-vis des autres maladies

a) Grippe équine

Chaque étalon est vacciné contre la grippe équine.

La preuve des injections de vaccin est apportée par mention de la certification sur le livret d'identification.

La primo vaccination et les injections de rappel sont effectuées conformément aux prescriptions des Autorisations de Mise sur le Marché des vaccins.

Christophe SODORE

b) Rhino pneumonie

La vaccination des étalons contre la rhino pneumonie est fortement recommandée.

La preuve des injections de vaccin est apportée par mention de la certification sur le livret d'identification.

La primo vaccination et les injections de rappel sont effectuées conformément aux prescriptions des Autorisations de Mise sur le Marché des vaccins.

D - Etalons exploités en IAC

Dans le cas d'étalons SF exploités en IAC, les contrôles métrite et les vaccinations doivent correspondre à la période de production des doses. Pour l'anémie infectieuse, le résultat négatif, devra être antérieur à la période de production des doses. Un relevé du stock de doses concernées par l'approbation devra par ailleurs être joint (numéros d'éjaculas et quantité de paillettes).

2. Pour pouvoir être présentée à la saillie d'un étalon produisant dans le studbook Selle Français, une jument Selle Français ou de toute autre origine doit remplir les conditions sanitaires exigées pour les étalons au paragraphe 1. C. ci-dessus, concernant les vaccinations contre la grippe équine et la rhino pneumonie.

3. Surveillance sanitaire :

a) Pour les étalons

Les documents ou leurs photocopies, attestant des vaccinations et de l'observation des protocoles techniques de surveillance sanitaire doivent être adressés aux Haras Nationaux à partir du 1^{er} décembre précédant le début de la saison de monte. La réception de l'intégralité de ces documents par les Haras Nationaux conditionne la délivrance des cartes de saillie.

Ces documents ou leurs photocopies, sont également conservés sur le lieu de stationnement de l'étalon pendant trois ans.

Ils doivent être tenus à la disposition de toute personne mandatée par la Commission Sanitaire du Selle Français dont la composition, les missions et les règles de fonctionnement sont définies au paragraphe 4 ci-après.

b) Pour les juments

Le document d'accompagnement attestant des vaccinations doit être présenté à la personne responsable de l'insémination, ou à toute personne habilitée, qui s'assure de leur conformité.

(A partir de 2007, toute jument ne remplissant pas les conditions de vaccination obligatoires ne pourra être présentée à la saillie).

4. Commission Sanitaire du Selle Français

a) Composition :

Elle est placée sous l'autorité du Président de la Commission du StudBook.

Elle est composée de deux vétérinaires désignés respectivement par :

- l'ANSF
- les Haras Nationaux

et de deux représentants de la Commission du Stud-Book dont un représentant des étalonniers.

Christophe SODORE

b) Missions :

La Commission Sanitaire du Selle Français est habilitée à :

- suspendre la monte en race Selle Français, des sujets concernés, consécutivement à la déclaration d'un cas positif à une M.D.O., définie au paragraphe 1. B. ci-dessus, ou au non respect dûment constaté des exigences sanitaires.
- coordonner les enquêtes épidémiologiques réalisées suite aux déclarations de cas positifs de M.D.O.
- ré-attribuer l'autorisation de monte après vérification du respect des exigences de négativité vis-à-vis des M.D.O.

c) Règles de fonctionnement :

- La Commission Sanitaire est destinataire des résultats des cas positifs de M.D.O. en tant qu'organisme de suivi épidémiologique pour la race.
- La suspension de la monte lors de cas positifs à une M.D.O. ou en raison du non respect des exigences sanitaires, est notifiée par les Haras Nationaux, sur demande de la Commission Sanitaire.
- La ré-attribution de l'autorisation de monte, après contrôle de la négativité vis-à-vis des M.D.O., est notifiée par les Haras Nationaux, sur demande de la Commission Sanitaire.

Informations complémentaires

Formations suivies au cours de la thèse

Approfondissement de la thèse 218 h

- «Option Génétique et sélection animale du DEA de Génétique multifactorielle», INAPG, 50 h.
- « Rédaction scientifique en anglais », Formation permanente de l'INRA, 4 jours
- « Initiation au logiciel EndNote 6 » Formation permanente de l'INRA, 1 jour.
- « Détection de QTL », SAGA, 4 jours
- « Introduction à l'analyse bayésienne et à MCMC », SAGA, 4 jours
- « Séminaire MCMC », département de génétique animale, 4 jours
- « Formation langage perl et Shell » SAGA, 2 jours
- « Cours de programmation Fortran appliqué à la génétique quantitative et l'amélioration génétique » SAGA, 5 jours

Ouverture scientifique 115h

- «Anglais », Formation permanente de l'INRA, 23 h.
- « Université européenne d'été sur l'éthologie du cheval », université de Rennes I, 6 jours
- « Séminaire cheval », INRA et les Haras nationaux, 2 jours
- « Séminaire des Thésards », département de génétique animale », 3*2 jours

Préparation à l'insertion professionnel 42h

- « Journées ABIÉS », école doctorale ABIÉS, 1 jour
- « Mini bilan personnel et recherche d'emploi », Formation permanente de l'INRA, 3 jours
- « Les rendez vous de l'emploi du salon européen de la recherche et de l'innovation », Paris, 2 jours

Clotilde DUBOIS

✉ le Querpont

61570 ALMENECHES

E.mail : clotilde.dubois@haras-nationaux.fr

☎ 09 54 10 04 24 / 06 60 02 20 61

29 ans

Célibataire

Permis B

INGENIEUR AGRONOME FORMATRICE
--

COMPETENCES

Formation

- Enseignement sur la sélection, les techniques de reproduction assistée et le comportement dans l'espèce équine
- Organisation et mise en place de formation

Développement

- Application pratique pour la filière équine des résultats de recherche en éthologie

Recherche équine

- Génétique Quantitative, Schémas de sélection, Variabilité génétique
- Reproduction, manipulation de gamètes
- Rédaction d'articles scientifiques et de vulgarisation / Participation à des congrès nationaux et internationaux

Domaine du cheval

- Responsabilité dans les centres équestres (Encadrement du personnel, enseignement, soins aux chevaux, vie associative)
- Organisation de manifestations équestres

Informatique et statistique

- Maîtrise des logiciels : Excel, Word, Power Point, SAS / Notions des langages Fortran, Shell et Perl

Langues

- Anglais courant (4 mois « jeune fille au pair » en Angleterre, Semestre d'étude ERASMUS en Suède)

ACTIVITES PROFESSIONNELLES

✓ Formation et développement

2006 - 2008 **Cadre au Haras national du Pin, Direction des connaissances**

Organisation et mise en place de formation, enseignement sur l'élevage équin et ses techniques

Recherche appliquée en reproduction et éthologie

Mise en place sur le terrain sous forme de prestation Hn des résultats de recherche sur le comportement

Rédaction d'article de vulgarisation

✓ Recherche

- 2003 - 2006 **Chercheur doctorant à l'INRA de Jouy en Josas, Station de Génétique Quantitative et Appliquée** Modélisation des schémas de sélection des chevaux de sport
 → 3 publications, 5 communications orales en congrès, 2 articles de vulgarisation
- 2003 **Stage à l'INRA de Nouzilly, Station de Physiologie de la Reproduction et des Comportements**
 Recherche sur la fécondation *in vitro* dans l'espèce équine (6 mois).
 → 2 publications, 2 communications orales en congrès, 3 posters en congrès
- ✓ **Elevage**
- 2002 **Participation au projet de diversification sur la reproduction équine dans la Société Goubin** (2 mois)
- 2001 **Haras du Hoguenet**, Elevage de 60 Pur-Sang, vente de Deauville (2 mois)
 Stage ouvrier, rédaction d'un rapport de gestion technico-économique
- 2000 **Centre de promotion et de Valorisation du cheval, Haras-National du Lion d'Angers** (3 mois).
 Projet de documentation du parc de l'Isle Briand, aide lors des manifestations équestres, chantiers d'échographies
- 1999 **Exploitation agricole**, 60 Vaches laitières et 135 bovins viande, 135 ha
 stage ouvrier, rédaction d'un rapport de gestion technico-économique (2 mois).
- ✓ **Centres équestres**
- 2005 - 2006 **Association du centre équestre de Pibrac**, Vice présidente
- 1999 **Responsable du poney club du Houssay** (2 mois) 60 équidés, 6 salariés, 500 licenciés
- 1998 **Responsable activité poney, Noirmoutier** (2 mois) 12 poneys, 1 animateur, 150 licenciés
- 1995 - 2003 **Association Promotion Equestre**, Encadrement d'enfants, activités équestres, soins aux chevaux, secrétariat

FORMATION

- 2008 **Certificat d'Aptitude aux Fonctions de Chef de Centre, d'Insémination Artificielle dans les espèces chevaline et Asine**
- 2007 **Doctorat de génétique animale : modélisation des programmes de sélection dans l'élevage du cheval de sport français**, Thèse soutenue le 6 décembre 2007 à l'AgroparisTech
- 2005 **Université européenne d'été sur l'éthologie du cheval**, Université de Rennes I
- 2003 **Diplôme d'Ingénieur Agronome de l'ENSAR** (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes), Sciences et Techniques Animales, option Physiologie
DEA biologie et production animale : régulation des fonctions de production. ENSAR / Université de Rennes I
- 2000 **DUT Biologie** à Angers, option Agronomie

ET AUSSI...

- 1997 **BAP** (Brevet d'Animateur Poney, Brevet niveau 5)
- 1997 **BAFA** (Brevet d'Aptitude aux Fonctions d'Animateur)
- ✓ **Equitation**, 7^{ème} Galop, championnats de France Concours Complet Poneys et Chevaux.

Liste des publications

THESE

1. Articles de recherche, synthèses et revues à vocation technique-développement

DUBOIS C, RICARD A Efficiency of past selection of the French Sport Horse: Selle Français breed and suggestions for the future. [Sous Presse dans *Livestock Science*].

DUBOIS C, MANFREDI E, RICARD A. Optimization of breeding schemes for sport horses. [Soumis dans *livestok*]

DUBOIS C, MANFREDI E, RICARD A. Pedigree analysis and genetic variability of the French Sport Horse : Selle-Français breed [Soumis dans *livestock Science*]

2. Communications à des congrès scientifiques

RICARD A, DUBOIS C 2006 Cloning and embryo transfer in selection plans in horses 57^{ème} *EAAP Annual Meeting, Antalya, Turquie*. [communication orale]

DUBOIS C, RICARD A, 2006, Expected efficiency of multiple trait selection in French sport horse breeding scheme. 8th *world congress on genetic applied to livestock production. Bello Horizonte, Bresil* [Communication orale]

DUBOIS C, RICARD A. 2006, Modélisation de différentes stratégies de sélection pour le Selle-Français. 32^{ème} *journées de la recherche équine, Paris, France* [Communication orale]

DUBOIS C, RICARD A. 2005 Efficiency of past selection of French Sport Horse : the Selle Français and suggestions for the future 56^{ème} *EAAP Annual Meeting, Uppsala, Suède*. [Communication orale]

DUBOIS C, RICARD A. 2005, Etat des lieux de la sélection du Selle-Français : quelle marge de manœuvre possible pour d'autre plan de sélection. 31^{ème} *journées de la recherche équine, p173-186. Paris, France* [Communication orale]

3. Articles de vulgarisation

DUBOIS C, RICARD A. 2005 Le Selle-Français : une sélection efficace pour le saut d'obstacle mais pas optimum ! *EQU'IDEE n°53, p38-41*.

DUBOIS C, RICARD A. 2005, les « vrais » courants de sang du Selle Français. *Hors-Série de l'élevage. L'éperon, p93-96*

DEA

1. Articles de recherche, synthèses et revues à vocation technique-développement

DELEUZE S, **DUBOIS C**, CAILLAUD M, BRUNEAU B, GOUDET G, DUCHAMP G. 2006 Influence of cysteamine on equine oocyte *in vitro* maturation, *in vitro* fertilization and *in vivo* fertilization after intrafallopian transfer in a recipient mare. [*Soumis dans Theriogenology*]

KÖLLE S., **DUBOIS C.**, CAILLAUD M., LAHUEC C., SINOWATZ F., GOUDET G., 2007. Developmental changes in the expression of the zona glycoproteins ZPB and ZPC in the equine ovary, oocyte and embryo. [*Molecular Reproduction and Development* 74, 851-859].

2. Communications à des congrès scientifiques

KÖLLE S, **DUBOIS C**, CAILLAUD M, LAHUEC C, SINOWATZ F, GOUDET G, 2005. Topography of zona glycoprotein and N-acetylglucosamine expression in equine cumulus-oocyte-complexes before and after *in vivo* and *in vitro* maturation. *39th Conference on Physiology and Pathology of Reproduction in Hannover, Germany.*[Poster]

GOUDET G., **DUBOIS C.**, SABAU M., CAILLAUD M., LAHUEC C., DUCHAMP G., MERMILLOD P. 2005 Localisation des protéines ZPA, ZPB et ZPC dans la zone pellucide des ovocytes équins et porcins. *1^{ères} Journées d'Animation Scientifique du Département PHASE, Tours, France.*[Poster]

GOUDET G., **DUBOIS C.**, SABAU M., CAILLAUD M., LAHUEC C., DUCHAMP G., MERMILLOD P. 2005 Expression of the glycoproteins ZPA, ZPB and ZPC in equine and porcine zona pellucida. *European Society of Human Reproduction and Embryology, ESHRE Campus 2005, Paris, France.* .[Poster]

DUBOIS C., CAILLAUD M., LAHUEC C., DUCHAMP G., GÉRARD N, GOUDET G. 2003 Localization of ZP3 proteins and N-acetylglucosamine residues on equine and porcine zona pellucida. *Havemeyer Foundation Workshop. Third meeting of the European Equine Gamete Group, Pardubice, République Tchèque. Havemeyer Foundation Monograph Series No.13, 48-50. [Communication orale]*

DELEUZE S., **DUBOIS C.**, CAILLAUD M., BRUNEAU B., GOUDET G., DUCHAMP G. 2003 *In vivo* fertilization after intrafallopian transfer of *in vitro* matured equine oocytes. *Havemeyer Foundation Workshop. Third meeting of the european equine gamete group, , Pardubice, République Tchèque. Havemeyer Foundation Monograph Series No.13, 44-47. [Communication orale]*

RESUME

Au cours du XX^{ème} siècle, le Selle-Français (SF) a été fortement sélectionné avec comme objectif principal la réussite en concours de saut d'obstacle (CSO) et cette sélection a largement utilisé les croisements avec d'autres races. Comme pour les autres chevaux de selle à travers le monde, les éleveurs français veulent augmenter le nombre de caractères dans leur objectif de sélection. En plus du CSO, ils souhaitent améliorer leur population sur les allures, la conformation, le comportement, la fertilité et la santé. Pour ajouter tous ces caractères, en conservant un schéma de sélection efficace, différentes études ont été menées et sont exposées dans cette thèse.

- ❖ Tout d'abord, une large présentation du SF avec ses spécificités est effectuée.
- ❖ Une étude de l'efficacité de la sélection entre 1974 et 2002 est conduite afin d'identifier les qualités et les inconvénients du plan de sélection actuel du SF. Sur cette période, on dénombre entre 6000 à 10000 naissances par an. Depuis 1995, le gain génétique annuel pour le CSO est élevé ($\Delta G = +0.096$ unité d'écart type génétique) sans dégât pour le dressage ($\Delta G = +0.002$) et le concours complet ($\Delta G = +0.011$). Quelques particularités de l'élevage du SF expliquent ce résultat :
 - ✓ un nombre élevé de descendants pour les meilleurs étalons qui induit une réelle intensité de sélection,
 - ✓ une nouvelle et importante sélection sur descendance,
 - ✓ un taux élevé de performances propres en CSO pour les juments (45%).
- ❖ Le but de l'étude suivante est de mesurer l'impact des accouplements avec des races diverses sur la composition raciale du SF et l'impact de la sélection sur la variabilité génétique. Entre 2000 et 2002, les croisements représentent seulement 13% des accouplements et la plupart sont réalisés avec des chevaux de sport étranger (6%). En 2002, 100% des SF sont consanguins et le taux moyen de consanguinité est de 1,4%. Cependant, la consanguinité ne semble pas recherchée puisque moins de 2% des naissances ont un taux de consanguinité individuel supérieur à 1/16ème (6.25%).
- ❖ La sélection du cheval de sport avec ses objectifs et ses modalités est détaillée
- ❖ L'objectif de la dernière étude est de modéliser le schéma de sélection actuel du SF en ajoutant à l'objectif de sélection de nouveaux caractères pour connaître avec précision ses caractéristiques et pour le comparer à un schéma de sélection avec un testage en station des étalons. Seuls les paramètres biologiques comme la fertilité, la courbe de survie, les paramètres génétiques et la capacité de testage ont été fixés. Le taux de sélection pour les mâles et les femelles sont obtenus par une maximisation de la réponse génétique pour un objectif de sélection multi caractères. Les mâles et les femelles possèdent un profil de sélection différent qui dépend du nombre de performances propres enregistrées comme c'est le cas en pratique. Les générations chevauchantes sont également prises en compte. Le schéma de sélection pour le cheval de sport est modélisé avec 4 étapes de sélection pour les mâles et une seule pour les femelles. L'objectif de sélection comprend 3 caractères : le modèle et les allures (M&A, pondéré à 20%), la réussite en CSO (CSO, pondéré à 60%) et un troisième caractère (TC, pondéré à 20%) comme la qualité du sperme ou le statut ostéo articulaire. La première étape de sélection repose sur le pedigree pour accéder aux tests de performances en M&A (3 ans) et aux CSO (5 ans). La seconde se base sur les performances propres en M&A et CSO pour que quelques mâles soient mesurés sur le TC. La troisième donne l'autorisation aux meilleurs mâles mesurés sur le TC de se reproduire. La quatrième et dernière étape se fait à 12 ans après le testage sur descendance. Les femelles sont sélectionnées une seule fois à 5 ans et cela indépendamment du nombre de performance. Le gain génétique annuel est de 9.4% d'unité d'écart type génétique pour l'objectif global, 2.6% for M&A, 9.0% for CSO et 1.5% for TC. Lorsqu'on compare ce résultat avec un schéma de sélection comprenant un testage en station, le gain génétique est identique si les valeurs génétiques utilisées pour l'entrée en station prennent en compte les résultats de nombreux collatéraux pour le M&A et le CSO. Cela montre bien l'importance d'un large testage sur performance, comme la compétition, pour construire un schéma de sélection efficace pour les chevaux de sport.

Mots clés: Cheval; Selle-Français, Gain génétique; Sélection; Compétition de saut d'obstacle, Optimisation, Schéma de sélection, Variabilité génétique, consanguinité, analyse des pedigrees

Optimization of breeding scheme for the French sport horses

During the 20th century, the Selle Français (SF) was the product of a long selection process for the only objective of show jumping competition and this selection used crossings with different breed. As other warmblood horse breeds all over the world French breeders want to increase the number of traits in breeding objective. In addition to show jumping, they would like to select all horses on gaits, conformation, behaviour, fertility and health. To add all this traits, by keeping an effective breeding scheme, different studies were performed and were presented in this thesis.

- ❖ First, a large presentation of the SF breed with these specificities was done.
- ❖ A study of the efficiency of the selection between 1974 and 2002 was realised in order to identify the qualities and drawbacks of the current plan of selection. During this period, annual births varied from 6000 to 10000. Since 1995, the annual genetic trend for show jumping was high ($\Delta G = +0.096$ genetic standard deviation) without unfavourable trend for dressage ($\Delta G = +0.002$) and eventing ($\Delta G = +0.011$). Some particularities of the SF breed explained this result:
 - ✓ a higher number of progeny for best sires which induced true selection intensity,
 - ✓ a new and important selection on progeny,
 - ✓ a high rate of own performance test in competition for mares (45%).
- ❖ The aim of the next study was to measure the impact of mating with several breeds on the breed composition and the impact of selection on genetic variability. Between 2000-2002, the crossings represented only 13% of mating and most of them were performed by foreign sport horses (6%). In 2002, 100% of the SF were inbred and the inbreeding rate was 1.4% but inbreeding seems no required because less than 2% of the births have an individual inbreeding higher than 1/16ème (6.25%).
- ❖ The sport horse selection with objectives and methods was detailed.
- ❖ The objective of the last study was to model the standard breeding scheme actually used in France, with new traits added to the breeding objectives, to measure its characteristic and efficiency to compare it to a station test scheme. Only biological parameters as fertility, survival function, genetic parameters and testing capacity currently practiced in France were fixed. Selection rate for males and females were obtained by maximization of genetic response on the multiple trait objective. Males and females were given different profiles according to the number of own performances recorded, as it is the case in practice. Overlapping generations were taken into account. Selection scheme for jumping sport horse was modeled with 4 stages of selection for males and one stage for females. The selection objective included 3 traits : conformation and gaits (CG, weight 20%), jumping competition (JC, weight 60%) and a third trait (TT, weight 20%) as sperm quality or orthopedic status. The first selection stage was on pedigree to access performances test (3 years old) and competition test (5 years old), the second one was on own performance for CG and JC to access TT measurement for few number of males, the third one was after measurement of few number of males on TT and allowed to reproductive life and the fourth one was after progeny results (12 years old). Females were selected ones, whatever the number of performances measured at 5 years old. The annual genetic response was 9.4% of genetic standard deviation of objective, 2.6% for CG, 9.0% for JC and 1.5% for TT. When comparing with selection scheme involving station test, genetic response was the same if breeding values used for selection before entering station test take into account results of number of relatives for JC and CG. This revealed the importance of large performance test (as competition) to build, in any case, breeding scheme for sport horses.

Keywords: Horse; Selle-Français, Genetic trend; Selection; Jumping, Optimization, Breeding scheme, genetic variability, inbreeding, pedigree analysis