

## Quels outils de caractérisation objective disponibles pour les équidés ?

Par :

▪ S. Danvy<sup>1</sup>, L. Tavernier<sup>2</sup>, B. Dumont Saint Priest<sup>3</sup>, A. Ricard<sup>4</sup>  
▪ <sup>1</sup>IFCE, Service recherche et développement, Jumenterie du Pin, 61310 Exmes.

<sup>2</sup>Département hippique de la bergerie nationale, 78120 Rambouillet

<sup>3</sup>IFCE/GIP France Haras, 78610 Les Bréviaires

<sup>4</sup>INRA, UMR 1313, 31326 Castanet-Tolosan,

### Résumé

Dans la filière équine, la transparence du marché ne peut être assurée que par la mise en place et la diffusion d'outils de caractérisation des équidés (performers, chevaux de loisir, de trait ...) et plus particulièrement des reproducteurs. Pour ces derniers, l'utilisation d'indices génétiques permettra de raisonner au mieux les accouplements sur les critères correspondant à l'objectif principal de sélection. Toutefois, des informations concernant d'autres caractères plus secondaires (modèle, allures, ...) sont également intéressantes à diffuser car elles permettent aux éleveurs d'affiner le choix des étalons sélectionnés. Aujourd'hui, il n'existe pas encore une grande diversité d'informations génétiques diffusées dans chacune des races même si les outils existent déjà et sont utilisés par certains stud-books. Enfin, la gestion de la diversité génétique ne doit pas être négligée et de nouveaux outils (consanguinité, ancêtres majeurs, ...) sont également disponibles.

**Mots clés : outils, caractérisation, équidés**

### Summary

In the horse industry, the establishment and publication of tools for the characterization of equine allow a market transparency. For stallions and mares, the use of genetic tools will argue the best mating with the criteria for the primary aim of selection. Data for other secondary characters (morphology, gaits, ...) are also interesting because breeders can refine the selection of stallions. Today, there is not enough information published. Finally, we must not overlook genetic diversity and new tools are now available (inbreeding, major ancestors, ...).

**Key-words : tools, characterization, equine**

## Introduction

De tout temps, les éleveurs ont eu à cœur de sélectionner les animaux d'élevage afin qu'ils s'adaptent au mieux aux contraintes de leurs utilisations. Les objectifs de sélection ont donc évolué et les techniques utilisées se sont affinées : d'empiriques elles sont devenues de plus en plus objectives. Aujourd'hui, la caractérisation objective des équidés devient une nécessité, les éleveurs, les acheteurs potentiels ont besoin d'outils fiables leur permettant de choisir, de raisonner ou de promouvoir en toute transparence.

### 1. Que recouvre le terme de caractérisation ?

Le terme « caractérisation » est maintenant très largement utilisé. Depuis 2002, les associations nationales de race sont agréées par le ministère de l'Agriculture pour intervenir dans la sélection des animaux de leurs stud-books. Pour répondre au mieux aux missions qui leurs sont confiées, elles ont développé des programmes ou plans d'élevage qui s'appuient dans la mesure du possible sur une caractérisation objective, synthétique et diversifiée de leurs animaux.

Caractériser c'est décrire dans un but de comparaison objective. Pour cela, différents outils peuvent être utilisés : ils doivent répondre à un réel besoin de la filière et pouvoir être mesurés facilement, de façon homogène et répétable. Différents types d'informations peuvent être utilisées :

- des **informations phénotypiques** : elles donnent des informations intéressantes sur l'animal lui-même mais si les informations sont nombreuses pour un même individu, il peut s'avérer difficile de situer le cheval par rapport à ses congénères et dans ce cas, elles peuvent être présentées de façon synthétique : c'est par exemple ce qui est réalisé avec les indices de performance ou certaines qualifications raciales. Cette présentation permet une comparaison rapide des individus eux-mêmes, mais ne donnent pas d'information concernant le potentiel héréditaire de l'individu.
- des **informations génétiques** : elles donnent des informations fondamentales pour la gestion des reproducteurs.
  - des **indices génétiques** ou index qui sont obtenus grâce aux performances et aux relations généalogiques entre individus.
  - les **génotypes** pour des gènes déjà identifiés intervenant dans l'expression de quelques caractères. Dans ce cas, il est possible de génotyper les animaux pour certains caractères d'intérêt comme la couleur de la robe ou des gènes d'anomalies comme celui de l'épidermolyse bulleuse jonctionnelle (EBJ).
  - Les informations permettant de gérer la **diversité génétique** dans les populations comme la consanguinité, les ancêtres majeurs, ....

Les Haras nationaux et maintenant l'Institut français du cheval et de l'équitation (IFCE) ont toujours eu à cœur de développer, diffuser ou utiliser pour leur propres reproducteurs des outils objectifs de caractérisation. Ce sont ces outils qui vont vous être présentés.

### 2. Des outils au service de la performance sportive

Les indices pour caractériser la performance sportive existent maintenant depuis plus de 20 ans. Et pourtant des confusions persistent dans leur connaissance, leur compréhension ou leur utilisation.

Les principales disciplines sportives possèdent maintenant des indices de performances. Le tableau 1 redonne les disciplines concernées et les indices publiés.

Tableau 1 : différents indices publiés selon les disciplines  
Table 1: indices published

Population	Discipline	Critère	Indice de Performance	Indice Génétique
Chevaux de sport	CSO	Classements + gains fictifs	ISO	BSO
Chevaux de sport	CCE	Classements + gains fictifs	ICC	BCC
Chevaux de sport	Dressage	Classements + gains fictifs	IDR	BDR
Poneys	CSO	Classement	IPO	-
Poneys	CCE	Classement	IPC	-
Poneys	Dressage	Classement	IPD	-
Chevaux de sport	Endurance	Vitesse + classement + distance	3 Indices individuels + 1 combiné	-
Trotteurs	Courses de Trot	Gains annuels /départs	ITR	BTR
AQPS	Courses de plat	Gain annuel	ISF	-
Anglo-Arabe de course	Courses de Plat	Gain annuel	IAA	-
AQPS	Courses d'obstacles	Gain annuel	ICO	-

## 2.1. Les indices de performance

Ils permettent de faire la synthèse des résultats du performer et de situer son niveau par rapport à ses congénères sortis en compétition ou en courses sur la même période après correction de certains effets environnementaux connus (âge, sexe ...).

Ils sont calculés et publiés chaque année.

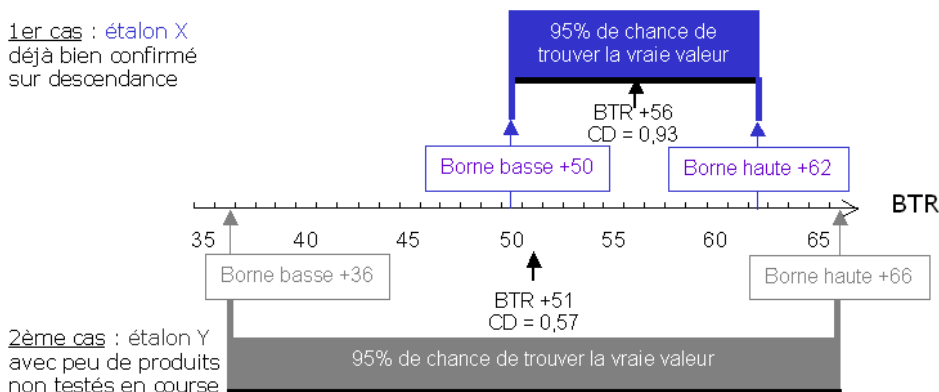
- En ce qui concerne les indices course, les disciplines olympiques et les poneys, les nouveaux indices édités correspondent à la dernière année de performances de l'animal. Le détail des indices est publié pour chaque année de performance. Il est accompagnée du coefficient de précision pour les disciplines du CSO, CCE et Dressage des chevaux ou des poneys. On considère que l'indice est connu avec incertitude lorsque le coefficient est inférieur à 0,60. L'indice diffusé est généralement le meilleur indice de performance obtenu.
- En ce qui concerne les indices endurance, les indices publiés sont des indices carrière pour chacun des 3 critères (vitesse, classement, distance) ainsi que pour l'indice combinant ces 3 critères. Ils reprennent donc chaque année l'ensemble des performances obtenues par le cheval depuis le début de sa carrière sportive.

## 2.2. Les indices génétiques

Ils prennent en compte toutes les informations, c'est à dire les indices de performances, du cheval lui-même et des ses apparentés. L'indice génétique est calculé pour les CSO (BSO), le CCE (BCC), le dressage (BDR) et les courses au trot et, par définition, c'est l'outil le plus performant pour raisonner les accouplements dans un objectif d'améliorer les performances dans ces disciplines.

C'est la meilleure estimation compte tenu des informations disponibles. Il s'accompagne toujours de la précision avec laquelle cette estimation a été évaluée : le CD (coefficient de détermination). La précision n'est jamais de 100% (ou 1), cela signifie qu'il existe une probabilité non nulle que la valeur génétique du cheval soit supérieure ou inférieure au BSO estimé. A partir de ces 2 valeurs, on sait déterminer l'intervalle dans lequel on a 95% de chance de trouver la vraie valeur d'un étalon de sport pour une discipline donnée : c'est l'intervalle de confiance. Plus le CD est élevé, plus l'intervalle de confiance sera petit et plus on peut avoir confiance dans le BSO, comme estimation de la valeur héréditaire du cheval (figure I).

Figure I : comparaison des intervalles de confiance de 2 étalons trotteur français (TF)  
 Figure I: comparison of confidence intervals for 2 horses TF



Mais ce n'est pas toujours facile de comparer des étalons d'âges très différents et par conséquent indicés avec des précisions très hétérogènes (de 0,35 si seuls les parents sont connus à 0,98 lorsque de nombreux descendants ont été testés en compétition ou en course).

C'est pour cela qu'en sport, 2 outils dérivés directement du BSO (ou BCC ou BDR) ont été développés par L. Tavernier afin d'aider les éleveurs à mieux prendre en compte les informations apportées par l'indice génétique et son CD.

### 2.2.1 La classification génétique

En combinant le BSO et son CD, à partir de l'intervalle de confiance présenté ci dessus, il est possible de calculer la borne basse : elle représente le seuil au dessus duquel on a 97,5% de chance de trouver la vraie valeur de l'étalon. C'est cette borne basse qui est à la base de la classification génétique (tableau 2) des reproducteurs mâles pour le CSO ou le dressage.

Tableau 2 : Différentes classifications génétiques attribuées selon la valeur de la borne basse de l'étalon  
 Table 2: Different genetic classifications for stallions

Classification génétique	pour une borne basse...
ELITE	≥ 15
TRES BON	de 7,5 à 15
AMELIORATEUR	de 0 à 7,5
ACCEPTABLE	de - 7,5 à 0
MEDIOCRE	de - 15 à - 7,5
DECONSEILLE	< - 15

Elle permet de minimiser les risques pour l'éleveur. La classification génétique offre la garantie de ne pas utiliser un étalon qui pourrait avoir une valeur génétique trop basse (cf. exemples du tableau 3).

Tableau 3 : Exemple de classification génétique pour 2 étalons ayant des qualités très différentes  
 Table 3: Example of genetic classification for 2 stallions

NOM	RACE	CSO				Dressage			
		BSO	CD	Borne Basse	Classification	BDR	CD	Borne Basse	Classification
APACHE D'ADRIERS	SFA	19	0,98	15,6	ELITE CSO	-5	0,68	-16,3	DECONSEILLE DR
BELFORT	HAN	-14	0,04	-35,2	DECONSEILLE CSO	34	0,57	20,9	ELITE DR

Toutefois, la classification génétique a tendance à favoriser les reproducteurs âgés. Or d'un point de vue amélioration génétique d'une race, l'utilisation de reproducteurs âgés n'optimise pas un schéma de sélection.

### 2.2.2 Les valeurs de pari

Elles permettent de chiffrer avec quel pourcentage de chance un étalon, utilisé pour améliorer la discipline CSO, est susceptible de se situer dans les 2% meilleurs de sa race (seuil propre à chaque race) : seuil de +21 de BSO pour la race SF et de +10 de BSO pour la race AA. Les jeunes étalons ayant toujours un intervalle de confiance plus large, ce mode d'expression du BSO les favorise (tableau 4). Les valeurs de pari mesurent la chance que l'étalon soit dans l'élite de la race dans laquelle il produit.

Tableau 4 : Exemple de valeurs de pari pour 3 étalons d'âge et de race différents  
 Table 4: Example of « valeurs de pari » for 3 stallions with age and sex different

NOM	RACE	BSO	CD du BSO	Borne Basse CSO	Classification CSO	Valeur de pari 2% SF	Valeur de pari 2% AA
APACHE D'ADRIERS	SFA	19	0,98	15,6	ELITE CSO	7%	-
OSCAR DES FONTAINES	SFA	29	0,56	14,0	TRES BON CSO	85%	-
ROCK'N ROLL ANIMAL	AA	18	0,54	2,9	AMELIORATEUR CSO	-	85%

Les jeunes étalons ayant toujours un intervalle de confiance plus large, ce mode de présentation met bien en évidence qu'ils peuvent malgré tout avoir un pourcentage de chance non négligeable d'être dans les 2% meilleurs de la race dans laquelle ils sont amenés à produire.

Si la performance reste l'objectif principal des races de course ou de sport, il est intéressant qu'elle ne reste pas la seule information accessible.

## 3. Caractériser objectivement le modèle et les allures, c'est possible !

Plusieurs races ont souhaité étudier la possibilité d'utiliser leurs données de caractérisation de la morphologie et des allures de leurs animaux afin d'obtenir des indices génétiques qui combinent l'ensemble des informations disponibles. Actuellement, pour une caractérisation en routine les données de jugement ou de pointage peuvent être utilisées pour calculer les indices génétiques des animaux pour les différents critères caractérisés. Dans certaines races, une caractérisation systématique des animaux présentés en concours d'élevage est réalisée depuis déjà de nombreuses années. Les études menées sur les poneys Haflinger (notes de jugement détaillées) ou sur les chevaux de trait Ardenais et Cob normand (notes de pointage), ont permis de déterminer l'héritabilité des critères et de calculer des indices génétiques prenant en compte les informations collectées ainsi que les données de la généalogie.

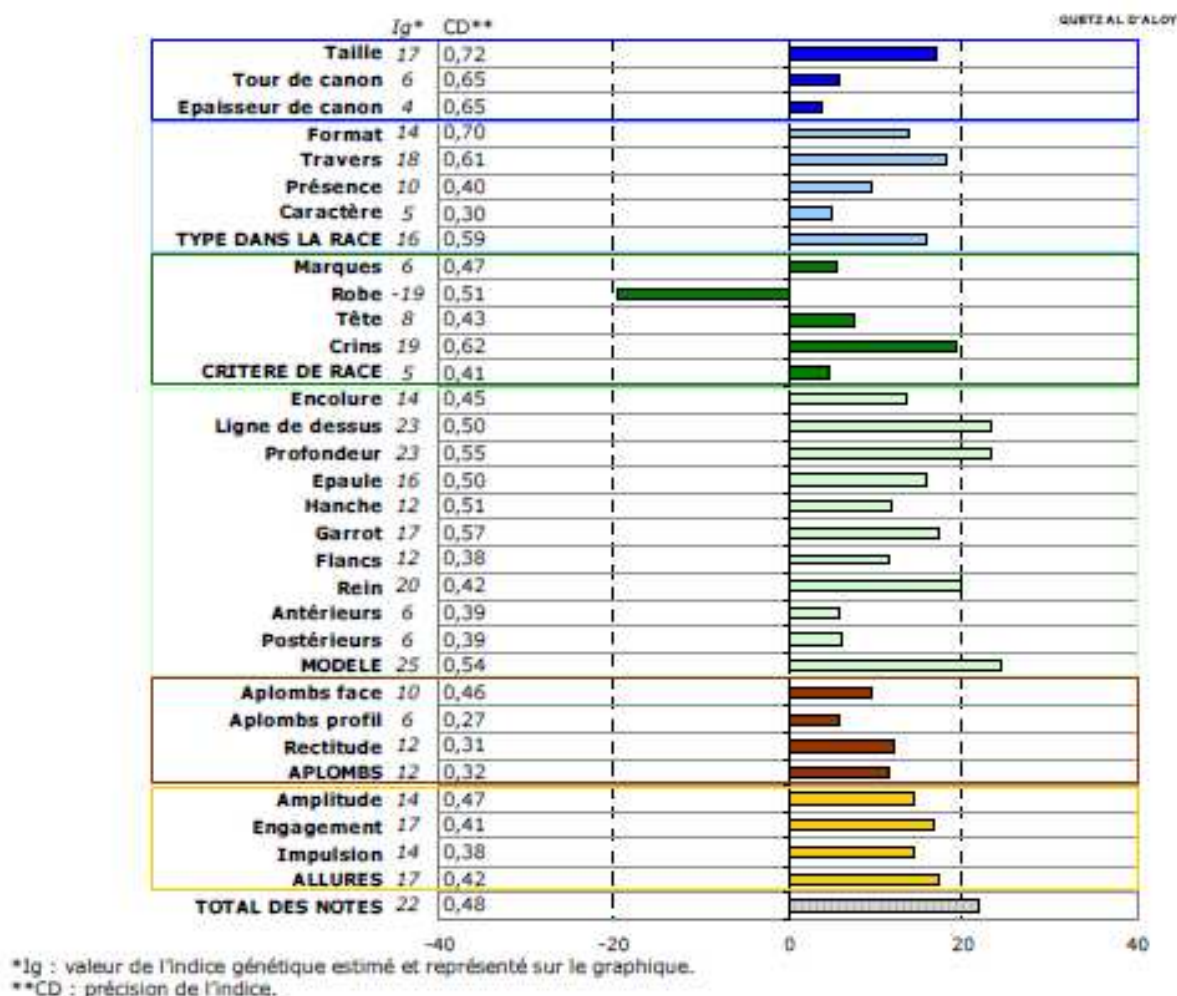
Dans tous les cas, les reproducteurs mâles ont pu être caractérisés et des catalogues des index calculés ont été édités par les stud-books concernés.

### 3.1. Le jugement pour caractériser le modèle et les allures

La grille utilisée par l'association française du Haflinger (AFH) est très détaillée comme celle d'une grille de pointage. Par contre les notes utilisées pour décrire le modèle et les allures sont des notes de jugement allant de 1 (mauvais) à 9 (excellent).

Pour les étalons, les indices sont publiés sous forme de graphique (figure II). Ils sont exprimés en écart à la moyenne des chevaux pointés et standardisés pour obtenir un écart-type de 20. L'analyse préalable a montré l'importance de certains effets qui ont pu être corrigés dans le modèle utilisé : l'année de l'évaluation phénotypique, l'âge, la note d'état, le juge, la région de naissance et le sexe.

Figure II : Exemple d'indices génétiques sur le modèle et les allures publiés pour un étalon Haflinger  
Figure II: Example of breeding values for an Haflinger stallion



Le catalogue publié par l'AFH est très exhaustif car non seulement il diffuse les données des étalons de façon détaillée mais également les données de l'ensemble des femelles de la race ayant été évaluées ainsi que celles qui ont eu au moins 5 produits caractérisés. Les catalogues complets sont diffusés par l'AFH.

### 3.2. Le pointage, une caractérisation objective

Certaines races se sont maintenant dirigées vers une caractérisation de type pointage. Dans ce cas, il n'est porté aucun jugement de valeur, les notes vont également de 1 à 9 mais l'optimum est différent selon les critères (ex. pour les aplombs, il est de 5). Les études menées pour les races Ardennaise et Cob normand ont permis également de déterminer l'héritabilité des caractères pointés et les valeurs des corrélations phénotypiques et génétiques entre ces critères.

### 3.2.1 Données diffusées

Les races ont diffusé auprès des adhérents à leur programme d'élevage :

- les fiches de pointage (phénotypage) de leur femelles ; elles sont remises au propriétaire de la jument ;
- le catalogue des étalons en activité avec les index des animaux qui ont pu être indicés avec un coefficient de détermination (CD) d'au minimum 0,30. Pour chaque étalon, son pedigree 3 générations (3G) est rappelé afin d'éviter les accouplements entre individus de parenté trop proche.

Dans le cas du pointage les optimum correspondent rarement au maximum du critère, c'est pourquoi il est indispensable de situer les index en comparaison à l'objectif recherché par la race.

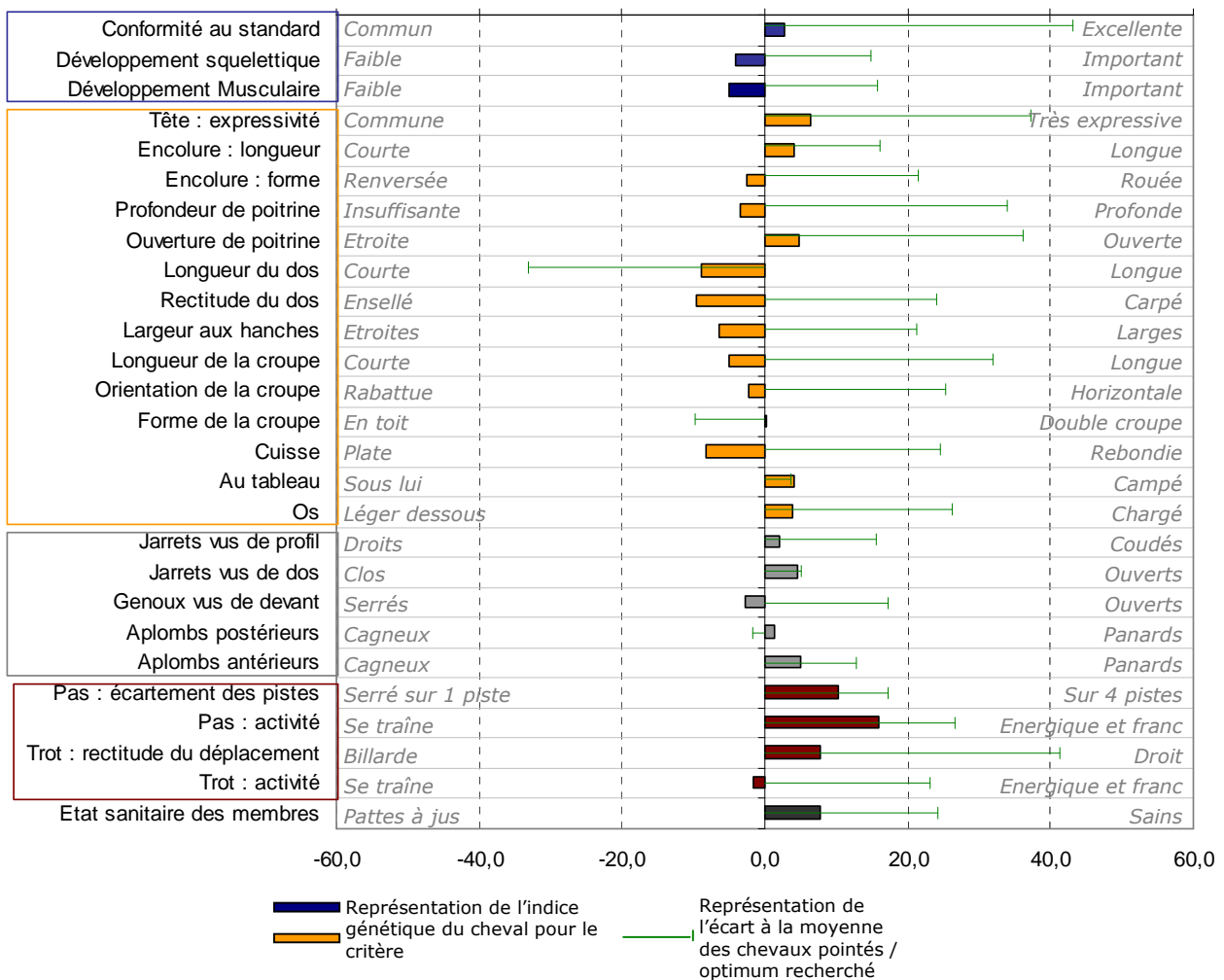
Les graphiques représentant les index des étalons sont exprimés en écarts à la moyenne des chevaux pointés et standardisés pour obtenir un écart-type de 20. Les optimum sont également représentés en écart à la moyenne des chevaux pointés afin de toujours situer le cheval par rapport à cet optimum.

### 3.2.2 Raisonner les accouplements devient possible

Grâce à la mise en place de cette caractérisation détaillée chez ces 2 races de trait raisonner les accouplements devient possible en tenant compte des informations publiées sur un grand nombre de critères :

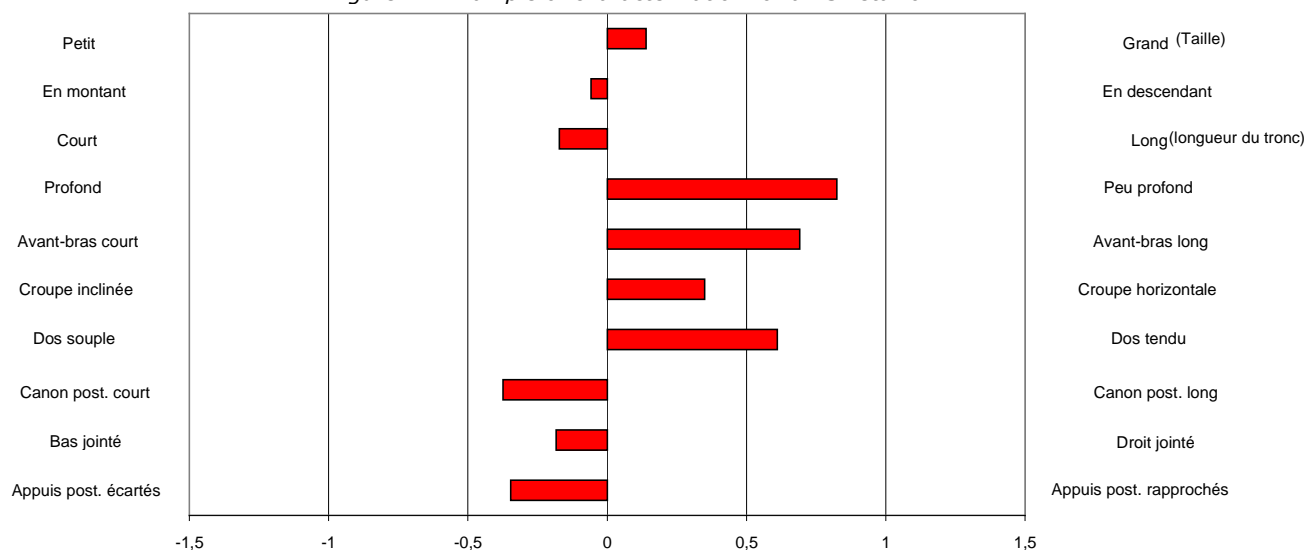
- Eviter les accouplements entre reproducteurs de parenté trop proche c'est à dire pas d'ancêtre communs sur les pedigree 3G de la poulinière et de l'étalon.
- Choisir l'étalon le plus adapté compte tenu des qualités et défauts de sa jument (figure IV).

Figure III : exemple de caractérisation d'un étalon Ardennais  
Figure III: Example of breeding values for an Ardennais stallion



L'exemple de la figure III montre un étalon améliorateur en allures et légèrement détériorateur en conformation. Il peut être utilisé sur des juments bien conformées pour améliorer les allures de leurs produits.

Figure IV : exemple de caractérisation par la morphométrie en 3D d'un étalon SF  
 Figure IV: Example of characterization for an SF stallion



### 3.3. Les techniques modernes de caractérisation de la morphologie et des allures

D'autres techniques d'évaluation de la morphologie et des allures ont été testées, la méthode Equimétrix™ du Dr Eric Barrey ainsi que la morphométrie en 3D du Pr Nathalie Crevier-Denoix, mais le pas n'a pas encore été franchi pour une utilisation à grande échelle de ces techniques.

La SHF s'est montrée très intéressée par la morphométrie en 3D d'autant que les études réalisées sur 750 produits SF de 4 et 5 ans ont permis de montrer une bonne héritabilité de 10 critères. Des indices génétiques ont ainsi pu être calculés sur ces caractères (figure 4).

Une telle approche permet de s'affranchir de l'expertise humaine et de son inéluctable subjectivité, son utilisation en routine sur des jeunes chevaux performers permettrait de fournir un plus large panel d'informations sur le cheval de sport.

## 4. Des gènes identifiés : quel intérêt pour les reproducteurs ?

Actuellement, un certain nombre de gènes d'intérêt a pu être identifié, dont certains par l'équipe française de G. Guérin (ex. : Epidermolyse bulleuse jonctionnelle, gènes déterminant les robes de base...). Quelques caractères mendéliens bénéficient de tests moléculaires détectant une mutation causale ou des marqueurs proches du gène impliqué et les génotypes des individus peuvent être obtenus facilement en adressant un peu de crins ou de sang aux laboratoires qui proposent ces tests. Il devient alors possible de prévoir quels gènes un reproducteur est susceptible de transmettre à sa descendance.

### 4.1. Des anomalies gênantes identifiées

Les anomalies les plus fréquentes :

- L'hyperkaliémie périodique paralysante (HYPP) : anomalie dominante caractérisée par des épisodes de paralysie induite qui peut être associée à une hypertrophie musculaire chez le Quarter Horse.
- L'Immunodéficience sévère combinée (SCID) est une maladie létale récessive identifiée chez le cheval Arabe.
- L'Epidermolyse bulleuse jonctionnelle (EBJ) est une maladie létale récessive. Les poulains affectés présentent des défauts de jonction entre le derme et l'épiderme. Cette anomalie, décrite chez les chevaux de trait, est dite "maladie des pieds rouge".
- Les Myopathies à stockage de polysaccharides (PSSM) sont des dysfonctionnements du stockage du glycogène (GSD). Les cas visibles se caractérisent par un dysfonctionnement des muscles (appelé communément « coup de sang »).

- Le syndrome léthal du poulain blanc Overo se caractérise par l'absence congénitale de ganglions mésentériques dans le tractus gastro-intestinal distal. On notera que ce locus a un effet épistatique (interaction sur d'autres gènes) sur un patron spécifique de coloration pie.

Les tests disponibles pour ces anomalies permettent aux éleveurs d'éviter certains accouplements si leur poulinière est porteuse de l'anomalie. Certaines associations de race, confrontées à la présence de gènes d'anomalie dans leur population, sont vigilantes et imposent de tester les étalons avant leur approbation, comme les Breton ou les Comtois pour le cas de l'EBJ.

Les étalons Arabe diffusés par les Haras nationaux hier et le GIP France Haras demain sont systématiquement génotypés pour le gène SCID, afin d'informer les éleveurs du statut de l'étalon pour ce gène et s'il est porteur éviter les accouplements avec des femelles non typées ou elle-même porteuse de l'anomalie.

#### 4.2. Peut-on prévoir la robe de son futur poulain ?

Le déterminisme génétique des patrons de robe est en fait extrêmement complexe et des interactions existent entre différents gènes. Certains sont identifiés (tableau 5) mais pas tous et on maîtrise mal les interactions possibles entre les différents gènes. Toutefois, il existe des tests moléculaires disponibles pour certains gènes qui intéressent fortement les éleveurs de certaines races, afin d'être sûr de conserver le bon allèle ou au contraire être sûr de ne pas le voir apparaître.

Tableau 5 : Gènes de coloration identifiés chez le cheval  
Table 5: Genes responsible for the coats color

Robe	Nom	Gène	Sources
Alezan <sup>3</sup>	Extension - E	MC1R	Marklund et al. 1996; Wagner and Reissmann 2000
Noir <sup>3</sup> et Bai <sup>1</sup>	Agouti - A	ASIP	Rieder et al. 2001
Crème <sup>2</sup>	Crème - C <sup>cr</sup>	MATP	Locke et al. 2001; Mariat et al. 2003
Overo <sup>3</sup>	Syndrome léthal du poulain blanc Overo OLWS	EDNRB	Metallinos et al. 1998; Santschi et al. 1998; Yang et al. 1998
Gris <sup>1</sup>	Grisonnement	STX17	Rosengren Pielberg et al. 2008
Blanc <sup>1</sup>	Blanc dominant	KIT	Haase et al. 2007, 2009
Silver <sup>1</sup>	Gris argenté	PMEL17	Brunberg et al. 2006
Champagne <sup>1</sup>	Champagne	SLC36A1	Cook et al. 2008

<sup>1</sup>caractère dominant - <sup>2</sup> caractère codominant - <sup>3</sup> caractère récessif

Il existe également des marqueurs disponibles pour d'autres robes, mais le résultat n'est pas certain ou l'association est partielle avec le caractère : Rouan, Tobiano, Sabino, Dun ou Appaloosa.

Les tests moléculaires des gènes ou des marqueurs des robes cités ci-dessus sont disponibles dans de nombreux laboratoires. Là encore quelques crins ou un peu de sang suffit pour génotyper l'animal. La couleur de la robe ayant une importance commerciale dans certaines races, les étalonniers n'hésitent pas à faire tester leurs reproducteurs.

## 5. Des outils pour conserver une bonne diversité génétique

La gestion de la diversité génétique ne doit pas être négligée car son maintien est indispensable à la survie des espèces. Deux facteurs importants peuvent entraîner des diminutions de la diversité :

- La sélection qui, en diminuant le nombre de reproducteurs utilisés, peut provoquer même dans les races à fort effectif des goulets d'étranglement ;
- La faiblesse des effectifs de certaines races qui ne permet plus d'accoupler des reproducteurs non apparentés.

Le maintien de la diversité génétique peut être intégré dans les plans de sélection et lors des accouplements raisonnés grâce à l'utilisation d'outils spécifiques. Certains sont calculés par l'INRA et diffusés par l'IFCE.

Des études menées d'une part par E. Verrier et al et d'autre part par A. Ricard et al ont montré l'intérêt de ces outils dans la gestion des populations équinnes. C'est pour mieux maîtriser leurs impacts que des outils calculés par l'INRA (Ricard, Blouin) sont maintenant proposés sur la site des Haras nationaux.



## 5.1. Le coefficient de consanguinité

La consanguinité est le résultat de l'accouplement de reproducteurs apparentés. Son utilisation peut avoir les conséquences suivantes :

- favorable, lorsqu'elle permet l'expression de gènes "intéressants" issus de un ou plusieurs ancêtres ;
- défavorable, lorsqu'elle entraîne l'accumulation dans le génotype de gènes indésirables et leur expression. Les premières conséquences visibles se font sentir au niveau des performances de reproduction. Mais, elle entraîne également une diminution de la variabilité génétique.

Pour gérer efficacement la consanguinité en élevage, il est indispensable de connaître la généalogie des animaux sur plusieurs générations ; sans cela il est impossible de mettre correctement en évidence les apparentements éventuels entre individus.

La base de données SIRE permet de connaître ces généalogies sur un grand nombre de génération mais certains stud-books sont gérés depuis peu de temps dans SIRE et ne disposeront peut être pas toujours de ce recul nécessaire.

Le calcul du coefficient de consanguinité donne la probabilité qu'un individu reçoive, à un locus quelconque, des gènes identiques provenant d'un ancêtre commun à ses 2 parents.

Dès lors que le cheval possède au moins 5 générations de renseignées dans sa généalogie, on peut considérer le coefficient calculé comme un bon indicateur de la consanguinité de l'individu, même s'il est vraisemblablement sous-estimé.

Est-il déconseillé d'utiliser un reproducteur consanguin ? La réponse est **NON** car la consanguinité n'est pas transmissible, il dépend uniquement de l'apparentement des 2 reproducteurs accouplés.

Exemple 1 : X l'étalon a un coefficient de consanguinité =0 et Y la jument avec laquelle il a été accouplé possède également un coefficient de consanguinité =0. Mais, X et Y sont frère et sœur, le coefficient de consanguinité de leur produit sera élevé du fait de leur apparentement (0,25 ou 25%).

Exemple 2 : A l'étalon a un coefficient de consanguinité = 0,08 (8%) et B la jument avec laquelle il a été accouplé possède de son côté un coefficient de consanguinité =0,06 (6%). Si A et B n'ont aucun ancêtre en commun dans leur généalogie, le coefficient de consanguinité de leur produit sera nul (0%) du fait de leur non apparentement.

Donc avant de conclure sur le choix des reproducteurs à accoupler, il est indispensable de regarder leurs pedigrees détaillés. Pour les individus consanguins, le pedigree 5 générations (5G) est édité en visualisant les ancêtres communs aux 2 parents du cheval ou de l'âne (figure V).

Un coefficient de consanguinité qui dépasse les 0,06 (6%) peut devenir gênant pour un individu ; cela ne veut pas dire que l'individu sera "mauvais" mais son utilisation commence à représenter des risques surtout si de tels niveaux concernent l'ensemble des reproducteurs régulièrement utilisés. Ces risques sont au niveau d'une population : baisse de la fertilité des reproducteurs, risque d'apparition accrue d'anomalies génétiques, ...

## 5.2. Les ancêtres majeurs

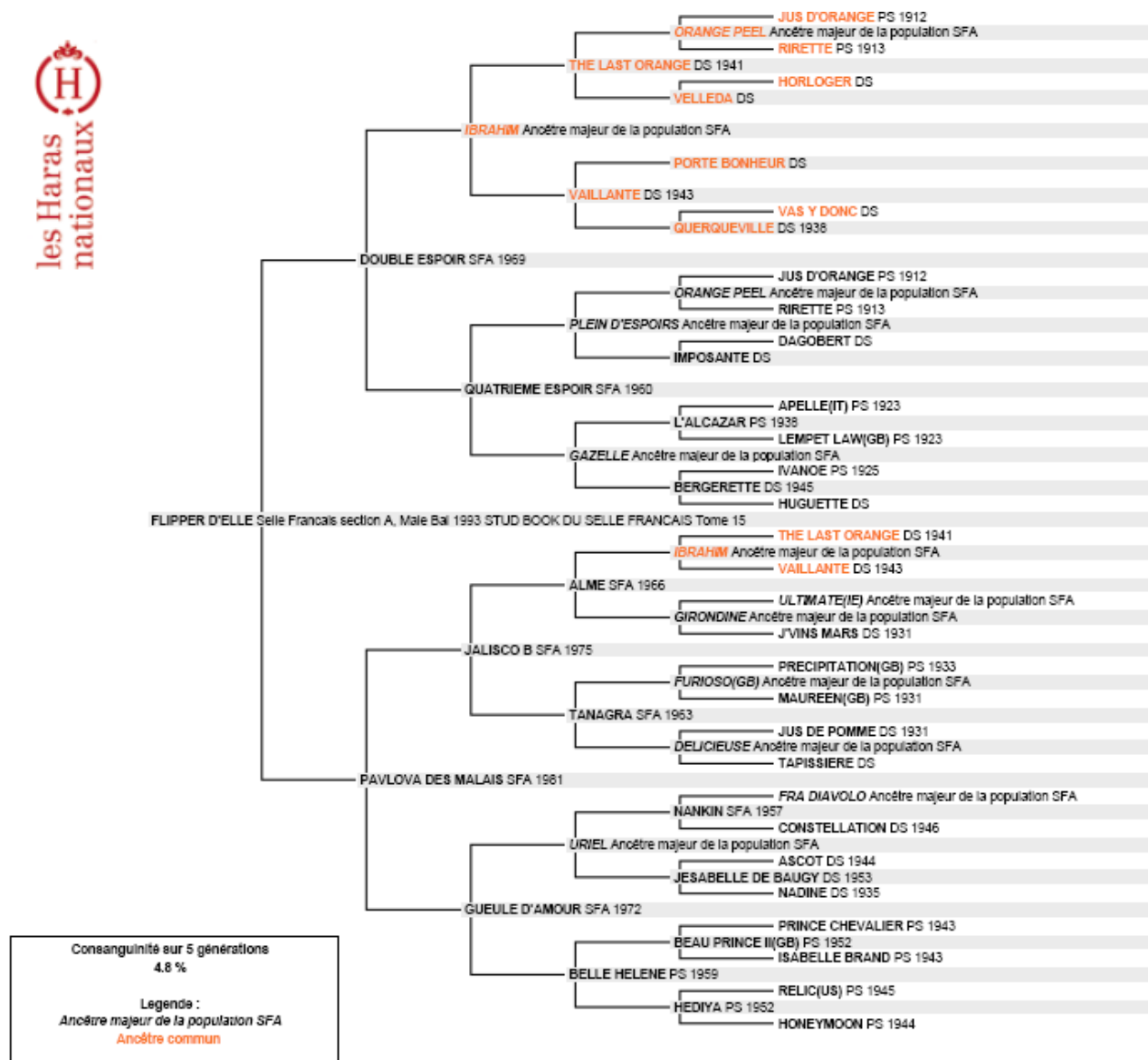
Il est possible d'étudier les ancêtres importants qui ont marqué une race : on les appelle "ancêtres majeurs". Ces ancêtres majeurs ont été largement utilisés dans les accouplements et ils sont ainsi responsables d'une proportion élevée de gènes dans la population actuelle.

Dans certains cas, lorsque leur utilisation s'est révélée trop importante (très forte utilisation en insémination artificielle ou effectif de la population trop faible), ils peuvent constituer des goulets d'étranglement. Ce phénomène est observé dans certaines races lorsqu'à un moment donné le nombre de reproducteurs utilisés dans la race est faible ou lorsque certains reproducteurs ont une production nettement plus élevée que les autres. Il entraîne alors une augmentation sensible du taux moyen de consanguinité de la race.

Il est possible et très informatif de calculer les contributions des principaux ancêtres majeurs d'une race. Ce travail a été réalisé dans les races de chevaux de sport par C. Dubois (SF et AA) et les résultats sont également pertinents pour les CS et OC) et les principaux contributeurs ont ainsi été identifiés avec la part de leur contribution respective à la constitution de la race actuelle. La part de la contribution est représentée par le pourcentage de gènes totaux dont il est responsable en tant qu'ancêtre (tableau 6).

Seules les contributions directes sont présentées ici sans tenir compte des éventuels apparentements entre les ancêtres majeurs. Il n'est donc pas possible de faire la somme des contributions pour connaître leur poids total dans la population actuelle ou chez un individu de cette population. En effet certains de ces ancêtres majeurs sont directement apparentés comme par exemple ORANGE PEEL est le père de PLEINS D'ESPOIR mais également le grand-père d'IBRAHIM ou encore ULTIMATE le grand-père d'ALME qui lui-même est un fils d'IBRAHIM donc faire une somme reviendrait à comptabiliser plusieurs fois les gènes issus des mêmes rameaux généalogiques.

Figure V : exemple de pedigree 5G avec visualisation des ancêtres communs  
 Figure V: example of pedigree with common ancestors



Un calcul, non présenté, tient compte de ces parentés entre les ancêtres du SF. Dans ce cas un cheval comme NARCOS II est alors compté comme contribuant à 0,7% alors qu'on lui trouve une contribution directe de 2,0% (cf tableau ci-dessus). En effet, plus de la moitié de sa contribution est déjà comptabilisée au travers de ses ancêtres comme IBRAHIM, FURIOSO, ORANGE PEEL, ULTIMATE, GIRONDINE et CENTAURE DU BOIS.

Comment utiliser cet outil ?

Les contributions des principaux ancêtres majeurs de la race ont été également calculées pour chacun des individus (tableau 6, ex. de NECTAR DES FORETS) des races SF et AA, Il est alors possible de voir si l'individu est "original" par rapport à sa race ou au contraire s'il possède également un pourcentage non négligeable des principaux ancêtres majeurs identifiés.

Tableau 6 : Liste 25 principaux ancêtres majeurs de la race SF actuelle et contributions calculées chez un étalon  
 Table 6: List of 25 major ancestors for SF and contribution calculated for a stallion

### Tableaux des ancêtres Majeurs

De la population SFA

Du cheval : NECTAR DES FORETS

Nom	Race	Sexe	Année de naissance	%		%
IBRAHIM	DS	M	1952	9	IBRAHIM	13
ORANGE PEEL	PS	M	1919	6	ORANGE PEEL	6
ULTIMATE(IE)	PS	M	1941	5	ULTIMATE(IE)	12
URIEL	SFA	M	1964	5	URIEL	13
FURIOSO(GB)	PS	M	1939	4	FURIOSO(GB)	0
GRAND VENEUR	SFA	M	1972	4	GRAND VENEUR	13
GIRONDINE	DS	F	1950	4	GIRONDINE	0
FRA DIAVOLO	PS	M	1938	3	FRA DIAVOLO	4
PLEIN D'ESPOIRS	DS	M	1937	3	PLEIN D'ESPOIRS	3
RANTZAU	PS	M	1946	2	RANTZAU	0
NARCOS II	SFA	M	1979	2	NARCOS II	0
DELICIEUSE	DS	F	1947	2	DELICIEUSE	0
LAUDANUM	PS	M	1967	2	LAUDANUM	13
DIRKA	SFA	F	1969	1	DIRKA	0
VITI	TF	F	1965	1	VITI	0
CENTAURE DU BOIS	DS	M	1946	1	CENTAURE DU BOIS	0
VENUE DU TOT	SFA	F	1965	1	VENUE DU TOT	13
VOLTAIRE(DE)	HAN	M	1979	1	VOLTAIRE(DE)	0
CALVARO(DE)	HOLST	M	1987	1	CALVARO(DE)	0
NIGHT AND DAY	PS	M	1957	1	NIGHT AND DAY	0
FOUDROYANT II	PS	M	1938	1	FOUDROYANT II	0
DENOUSTE	AR	M		1	DENOUSTE	0
GAZELLE	DS	F	1950	1	GAZELLE	0
RAMIRO(DE)	HOLST	M	1965	1	RAMIRO(DE)	0
COUNT IVOR(US)	PS	M	1975	1	COUNT IVOR(US)	0

Ce facteur doit également être raisonné lors du choix de l'accouplement des reproducteurs puisqu'il est peut être intéressant à niveau génétique identique de favoriser l'originalité.

### 5.3. La composition raciale

De nombreuses races actuelles sont en fait le résultats de croisements successifs utilisant, au cours du temps, l'apport de races extérieures. Il est possible de déterminer les taux de chaque race dont est constitué un individu. Pour cela on remonte la généalogie jusqu'aux ancêtres fondateurs (ceux dont on ne connaît pas les parents). Les contributions de chacune des races peuvent alors être évaluées pour chaque individu de la façon suivante : on calcule les contributions de chaque fondateur et on remonte la généalogie en divisant la contribution de la race par 2 à chaque génération. Pour faciliter la présentation des compositions raciales, des regroupements ont dû être réalisés, comme par exemple les Demi-sang (DS), les SFA et les SFB avec les SF.

Exemple de FLIPPER D'ELLE : Proportion de Pur Sang (PS) 52% et proportion de SF 48%.

Cet outil permet de suivre les éventuelles évolutions de la composition raciale des individus appartenant à des stud-books très ouverts. Il peut permettre d'éviter certaines dérives lors de l'utilisation importante de croisement avec des races étrangères par exemple.

L'objectif est de pouvoir produire ces outils pour l'ensemble des races et des les actualiser annuellement. Un outil de prévision de la consanguinité du produit à naître est également à l'étude, afin d'aider les éleveurs à limiter la consanguinité de leurs produits en simulant des accouplement fictifs.

## 6. Des qualifications raciales pour synthétiser les informations

Certaines races ne disposent pas forcément d'une population suffisante pour envisager l'élaboration d'outils de caractérisation génétiques des animaux de leurs stud-books. Malgré tout, certaines informations intéressantes sont disponibles, mais elles sont parfois dispersées dans diverses bases de données et rarement synthétisées de façon facile à comprendre pour l'utilisateur ou l'éleveur.

De plus certaines races anglo-saxonnes se sont vues dans l'obligation de faire disparaître les approbations de leurs étalons (ex. les Welsh), ce qui a poussé l'association nationale à mettre rapidement en place un système de qualification afin de disposer d'un outil de valorisation des poneys inscrits au programme d'élevage de la race.

Le but est de synthétiser l'ensemble des informations disponibles pour caractériser le poney selon 2 axes :

- Modèle et allures
- Aptitude à l'utilisation dans les domaines suivants : CSO, CCE, Dressage et Loisir

Ce travail est réalisé en collaboration avec l'IFCE et les qualifications des 572 poneys inscrits au programme d'élevage de la race sont consultables sur Internet : [www.haras-nationaux.fr](http://www.haras-nationaux.fr), rubrique « informations sur un cheval » et sont également disponibles au niveau de l'association.

### 6.1. Les qualifications "modèle et allures" (M&A)

Les épreuves de présentation des poneys ainsi que les méthodes d'évaluation en modèle et allures ont évolué dans le temps. L'historique des résultats de ces épreuves a pu être utilisé et des équivalences ont permis de caractériser l'ensemble des poneys Welsh présentés en modèle et allures en France.

Dès 2006, une grille détaillée de jugement a été utilisée. Les notes obtenues sont utilisées pour qualifier les poneys, sachant que 3 types de concours sont programmés : des régionaux, des nationaux et des commissions étalons.

- Si le poney a participé à une commission étalon, c'est la meilleure note qui est retenue et s'il a participé en plus à un national avec de meilleures notes qu'en commission étalon alors on établit la moyenne de sa meilleure note en commission et de sa meilleure note en M&A ;
- Si le poney n'a pas de participation en commission étalon, il doit avoir obtenu au minimum 2 notes en M&A dont une au moins en national, on retient dans ce cas la moyenne des 2 meilleures notes.

Les qualifications ainsi obtenues grâce à la synthèse de ces notes sont redonnées dans le tableau 7.

Tableau 7 : qualifications obtenus par les poneys Welsh selon leur note en modèle et allures  
*Table 7: morphology and gaits qualifications for Welsh ponies*

Note de synthèse prise en compte	Qualification M&A
<12	INSUFFISANT
12<= <14	CORRECT
14<= <15	BON
15<= <16	TRES BON
16<= <=17	EXCELLENT
>17	ELITE
si 1 seule présentation en M&A* ou pas de présentation en national *	QUALIFICATION EN COURS

\* sauf commission de qualification des étalons

Lorsque le poney est qualifié par plusieurs voies, c'est toujours la mention qui avantage le plus le poney qui est retenu.

### 6.2. Les qualifications sur les aptitudes sportives

Seules les trois disciplines CSO, CCE et dressage sont actuellement concernées.

Les résultats pris en compte pour établir les qualifications sont les suivantes :

- Les indices de performances au travers du meilleur indice obtenu soit en épreuves "poneys" (IPO, IPC ou IPD selon la discipline), soit en épreuves "chevaux" (ISO, ICC ou IDR, dans ce cas corrigé selon la taille du poney). Les qualifications données selon le niveau de l'indice sont précisées dans le tableau 8.
- Les résultats en épreuves du cycle classique jeunes poneys (CCJP) CSO et dressage : les qualifications obtenues à une finale du CCJP et les mentions obtenues lors d'une finale du CCJP.

La prise en compte des spécificités des épreuves SHF lors de l'attribution des qualifications se justifie car chez les poneys la valorisation de ces épreuves dans les indices de performance n'est pas optimum à cause du faible nombre de partants par épreuve.

Tableau 8 : qualifications obtenus par les poneys Welsh selon leur indice  
*Table 8: qualification for Welsh ponies*

Niveau de l'indice	Qualification
< 100	SORTI dans discipl. (CSO, DR ou CCE)
100 <= < 110	CORRECT dans la discipline
110 <= < 120	BON dans la discipline
120 <= < 125	TRES BON dans la discipline
125 <= < 130	EXCELLENT dans la discipline
>= 130	ELITE dans la discipline

### 6.3. Les qualifications pour le loisir

Seules les mentions obtenues en concours de labellisation "loisir" des Haras nationaux sont actuellement utilisés et les mêmes appellations sont conservées : ELITE, SELECTION et QUALIFIE. On constate que très peu de poneys Welsh sont aujourd'hui testés sur leurs aptitudes au loisir.

Les outils diffusés ne concernent actuellement que les poneys disposant eux-mêmes d'information sur leur modèle et allures ou leur aptitude. Une étude est en cours pour qualifier également les étalons sur la qualité de leur production en attendant le calcul d'indices génétique pour la performance sportive chez les poneys.

## Conclusion

De nombreux outils, on peut le constater, existent pour caractériser différents critères. Toutefois, certains outils n'ont pas encore été développés dans toutes les races comme l'indexation du modèle et des allures. Or seule une caractérisation à l'aide d'outils génétique proposés pour de nombreux critères (performance sportive, morphologie, allures, consanguinité ou encore génotypage de gènes d'intérêt) pourra permettre aux éleveurs de raisonner leurs accouplements et faire le choix de l'étalon correspondant le mieux à leurs juments.

Un bémol toutefois, en ce qui concerne les races locales à plus faible effectif, le nombre de reproducteurs et leur disponibilité géographique (insémination en congelé est rarement utilisée) ne permet pas réellement de raisonner les accouplements pour assurer une diversité génétique.

Enfin, la caractérisation du tempérament n'a pas été abordée ici, elle a été présentée de façon détaillée lors de la JRE 2010, on peut rappeler que ces outils sont déjà publiés dans les catalogues étalons « loisir » des étalons diffusés par le GIP France Haras, apportant une information phénotypique complémentaire sur ces reproducteurs.

## Références

Rieder S., Langlois B., Guerin G. (2002). Approche moléculaire des gènes de coloration. 28ème Journée de la Recherche Equine, p115-121.

Milenkovic D., Chaffaux S., Taourit S., Guerin G. (2003). Identification du gène et de la mutation responsable de l'épidermolyse bulleuse jonctionnelle chez le cheval Trait Breton et Trait Comtois. 29ème Journée de la Recherche Equine, p41-48.

Verrier E., Loywyck V., Donvez J., Blouin C., Joffrin C., Heyman G., Cottrant J.F. (2005). La gestion génétique des races d'effectifs limités : principes et application aux cas du cheval de Trait Boulonnais et de l'âne Grand noir du Berry. 31ème Journée de la Recherche Equine, p161-171.

Dubois C., Ricard A. (2005). Etat des lieux de la sélection Selle français. Quelle marge de manœuvre possible pour d'autres plans de sélection ? 31ème Journée de la Recherche Equine, p173-185.

Tavernier L. (2001). Classification génétique des étalons en CSO. Contribution au débat sur l'activité des jeunes étalons Selle Français. EQU'IDÉE n°40, p22-29.

Tavernier L. (2002). Vers une meilleure utilisation des indices génétiques. 28ème Journée de la Recherche Equine, p177-186.

Danvy S., Doubre C., Bois J.B., Hemery L. et Ricard A. (2009). Le pointage est aussi un outil de préservation des races ! Regard sur l'Ardennais et le Cob normand. 35ème journée de la Recherche équine, p53 – 63.

Danvy S., Ricard A. (2010). Analyse génétique des critères de morphologie et d'allures des poneys Haflinger. 36ème journée de la Recherche équine, p201-204.

Danvy S. (2008). Mise en place de qualifications pour les poneys Welsh. EQU'IDEE n°63, p78-79.  
Ouvrage : L'amélioration génétique des équidés, édition les Haras nationaux (2007)