

intégrer le BSO dans l'évaluation finale? La combinaison des deux informations sert à détecter parmi les bons ou très bons BSO ceux qui sont probablement surestimés au vu de leur performance en liberté mais également de réévaluer les potentiels génétiques moyens ayant des aptitudes exceptionnelles. Le BSO maximum théorique d'un poulain est environ de 32. En additionnant simplement les points obtenus en saut et le BSO, on confère un poids équivalent pour le BSO et pour le jugement du saut en liberté quand le test en liberté est bon et à un poids supérieur de ce dernier quand il est mauvais. Cette grille n'est qu'un modèle de travail et n'a pour but que de proposer d'autres alternatives afin que les résultats chiffrés reflètent au mieux les attentes des juges. Des grilles construites sur les mêmes principes pourraient être mises au point pour l'évaluation de la conformation et des allures.

Que ce soit pour l'aptitude au CSO ou pour le jugement du modèle et des allures, il conviendrait de dissocier le jugement des experts qui doit rester littéral (insuffisant, correct...) des conséquences chiffrées qui doivent être élaborées après un travail de réflexion en commun. Cela permettrait probablement un jugement plus serein et éviterait des interactions entre le jugement analytique des différents postes et le jugement global qui est instinctivement porté sur le cheval.

Tableau 3 - Appréciation CSO

NOM	Notation Obstacle					Note
	très insuffisant	insuffisant	correct	bien	très bien	
Force	-4	-2	0	1	2	
Equilibre	-4	-2	0	1	2	
Respect	-4	-2	0	1	2	
Style	-4	-2	0	1	2	
					TOTAL =	
					BSO	+
					TOTAL CSO	=

### Synthèse possible

Le système à adopter dépend de l'idée que l'on se fait du champion Selle français à vocation obstacle.

Deux stratégies peuvent être proposées : Les défauts de modèle et allures ne peuvent être compensés par les qualités. Dans ce cas on ajoute les points négatifs obtenus au "modèle et allures", pondérés de façon convenable, au total des points obstacle. Ainsi on rétrograde les chevaux très bons sauteurs mais présentant des défauts de modèle et d'allures majeurs.

Les défauts de modèle et d'allures peuvent être compensés par des qualités. Dans ce cas, au total des points obstacles, on ajoute le total des points modèle et allures pondérés de façon convenable.

Dans cette hypothèse, il faut réfléchir à l'échelle respective des qualités et des défauts comme cela a été évoqué pour la grille obstacle.

La base de la sélection du Selle français reste la performance en épreuves publiques. Il est peu probable que le jugement des candidats étalons à 3 ans rencontre en France un succès public comparable à ce qui peut être observé dans les pays d'Europe du nord. Il faut d'ailleurs remarquer que dans ces pays c'est le jugement des allures et du modèle qui motive les foules et non celui du saut. En dépit de ces différences culturelles, il n'en reste pas moins urgent pour motiver les participants et les spectateurs de réfléchir à de nouvelles modalités de jugement et de classement des candidats. Les quelques réflexions précédentes n'ont pas d'autre but que d'alimenter le débat.

L. TAVERNIER

(CET ARTICLE CONSTITUE UNE SUITE D'UN ARTICLE PUBLIÉ DANS LA REVUE EQUIMAG)

## Les différentes stratégies européennes de sélection du cheval de sport

Ce texte n'est pas une revue des méthodes de sélection du cheval de sport des différents pays européens. Différentes descriptions de ces schémas toujours en évolution figurent dans la presse ou dans plusieurs études d'ingénieur (BOUE, 1979; DEVIMEUX T., 1988; RIEUX-LAUCAT B., 1993; LESCOAT E., 1994; DEYME M., 1998; COMBE M.H., 1998; MANCHARD N., 1999). Nous allons plutôt tâcher de comprendre l'incidence des principales stratégies développées par les différents pays européens sur l'évolution génétique des races concernées. Globalement si on

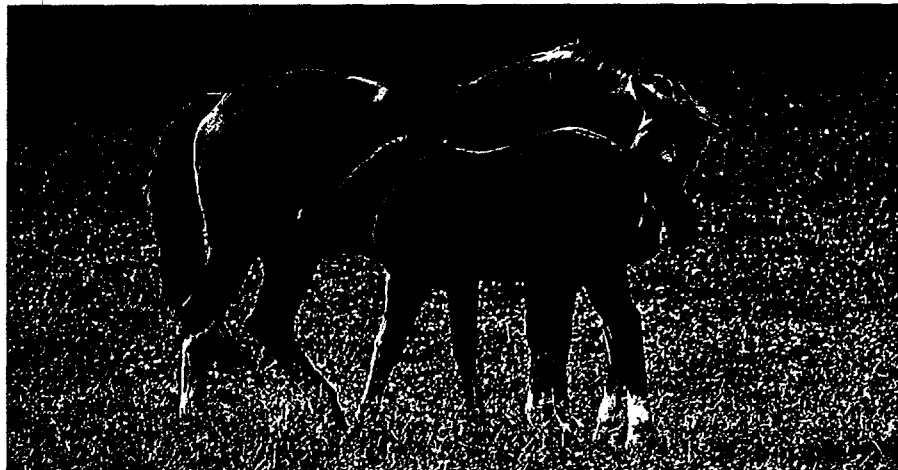
compare ce que nous pratiquons chez nous (ou en Irlande, ou en Italie) à ce qui se passe dans plusieurs pays de l'est ou nordique (Allemagne, Suède, Danemark, Pays-Bas), on constate que deux principales stratégies ont cours. Chez nous, nous avons privilégié récemment une sélection sur les performances en compétition, assortie de dispositifs de dérogation (agrément par des commissions) qui permettent une sélection conjointe sur des critères de modèles et d'allures. Chez les autres, il y a un tri des étalons sur un concours de modèle et allures qui leur permet l'entrée dans des

stations de testage où, à l'issue d'un temps variable, les étalons vont être notés sur plusieurs caractères en rapport avec les disciplines sportives (dressage et concours de saut d'obstacle principalement) avant d'être agréés. La sélection des juments est libre chez nous, avec une tendance très nette au passage en compétition (50 à 60 % des juments saillies sont titulaires de performances). Il est moins libre chez nos voisins et principalement fondé sur un test de terrain, condensé du test des étalons en une journée ou 15 jours, qui rappelle un modèle et allures plus étoffé et aboutit à

la confirmation des juments dans la race. Ce test entraîne une hiérarchie dans le stud-book (récemment, 35 % des nouvelles poulinières passent le test en Allemagne par exemple). Les raisons de ces divergences sont principalement historiques et structurelles : la présence des Haras nationaux, système centralisé, nous a permis d'entretenir des rapports proches avec les fédérations sportives et d'avoir une maîtrise partielle des informations et de l'organisation, d'où une utilisation plus simple de ces données (même si cela se complique de nos jours). En Allemagne, les structures associatives puissantes des éleveurs ont favorisé l'émergence d'un contrôle de la sélection par ces associations avec de fortes contraintes collectives pour les éleveurs qui sont assez éloignés des structures sportives. Ces divergences engendrent des critiques opposées : chez nous, on va se plaindre du manque de connaissance précise des étalons (conformation, allures, caractère) arguant que la performance est dépendante du cavalier. Outre-Rhin, on dira inversement que les éleveurs ne s'intéressent pas assez à la compétition et que, réussir à haut niveau, est autre chose que de réussir des tests à 3 ans. En dehors de ces réflexions polémiques, il faut montrer les avantages et les inconvénients de chaque système, leur impact possible sur le progrès des races concernées et leur plus ou moins bonne adéquation en fonction des critères qu'on désire sélectionner. Nous ne raisonnerons ici qu'en terme de génétique. Les autres objectifs des structures mises en place (économiques et sociaux) sont tout aussi nobles et méritent d'être intégrés dans la réflexion finale mais ne doivent pas être confondus avec un objectif génétique.

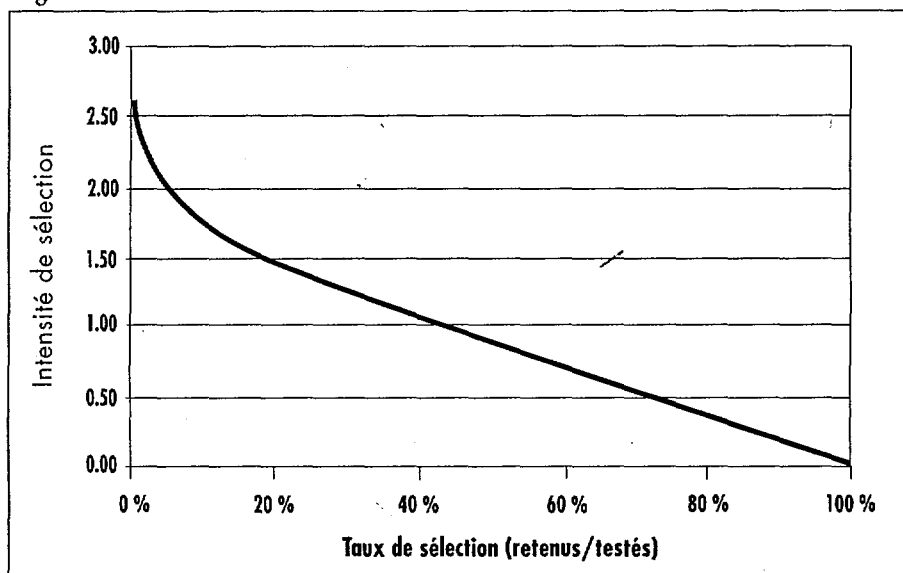
## PRINCIPE DE L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE

Quand on sélectionne une race sur un caractère (la taille, la beauté, la performance), c'est qu'on espère que ce caractère a une base génétique et qu'on va donc ainsi globalement améliorer la race pour le caractère considéré (les chevaux de la génération à venir seront plus grands, plus beaux, plus performants). Tous les caractères répondent aux mêmes règles, qu'ils soient objectifs ou subjectifs (quand il y a un consensus) mais certains s'héritent plus ou moins bien, d'où des



© Les Haras nationaux

Figure 1 - Intensité de sélection en fonction du taux de sélection



stratégies de sélection parfois différentes. La réussite d'une sélection ne dépend que de 3 facteurs maîtrisables et de la nature du caractère à améliorer. Ces 3 facteurs sont :

- L'intensité de sélection dépend directement de la proportion de chevaux retenus pour la reproduction sur le nombre de chevaux mesurés à cette fin.
- La précision de la sélection dépend du nombre d'informations dont on dispose pour prévoir la qualité génétique du cheval sélectionné pour le caractère visé. C'est à dire le nombre de performances (sorties en compétition ou appréciations du modèle par exemple) et le nombre de chevaux apparentés (ayant une relation de parenté : père, fils, frère, cousin...) mesurés ainsi que leur proximité génétique (un père est plus proche qu'un grand-père, un frère est plus proche qu'un cousin).

- L'intervalle de génération est le temps qui sépare deux générations ou l'âge moyen d'un reproducteur à la naissance de celui qui va le remplacer.

De la nature du caractère et de la population concernée dépend la variabilité génétique présente et utilisable pour la sélection.

Quand on construit un plan de sélection pour améliorer un caractère on doit chercher à augmenter l'intensité de sélection et augmenter la précision en diminuant l'intervalle de génération. La formule est :

$$\text{Progrès génétique annuel} = \frac{\text{Intensité de sélection} \times \text{Précision}}{\text{Intervalle de génération}}$$

\* Ecart type génétique

Le problème est qu'il est souvent difficile de tout faire à la fois et qu'on est tributaire des contraintes biologiques de l'espèce.

**Tableau 1 - Progrès génétique réalisé à partir de 5 stratégies simples de sélection (décrites dans les texte)**

	Stratégie n°1	Stratégie n°2	Stratégie n°3	Stratégie n°4	Stratégie n°5	
Objectif	Modèles et Allures Note $\sigma=3$	Modèles et Allures Note $\sigma=3$	Compét. de CSO $\sigma=20$	Compét. de CSO $\sigma=20$	Compét. de CSO $\sigma=20$	Double Objectif : Anomalies ostéo-articulaires Prévalence 25%
Critère de sélection	Concours de M&A* d'étalons de 3 ans	Concours de M&A des produits de 3 ans	Performance à 4 ans	Concours de M&A d'étalons de 3 ans	Concours de M&A d'étalons de 3 ans	Radiographies Concours de M&A d'étalons de 3 ans
Taux de sélection	10%	67%	2%	10%	14%	75%
Intensité de sélection	1.74	0.55	2.39	1.74	1.60	0.42
Coefficient de Détermination (CD)	0.27	0.42	0.23	0.04	0.27	0.20
Précision (racine carrée du CD)	0.52	0.65	0.48	0.21	0.52	0.45
Intervalle de génération (voie mâle)	10 ans	10.9 ans	10.5 ans	10 ans	10 ans	10 ans
Intervalle de génération (voie femelle)	11 ans	11 ans	11 ans	11 ans	11 ans	11 ans
Progrès Génétique annuel	0.067 point de note de M&A	0.025 point de note de M&A	0.510 point d'indice annuel de performance	0.165 point d'indice annuel de performance	0.062 point de note de M&A	- 0.1% de chevaux atteints

\* M&A = Modèle et allures

## QUELQUES EXEMPLES

Passons à la pratique : comparons différentes stratégies de sélection des étalons.

### 1. Objectif : modèle et allures. Critère : concours de modèle et allure d'étalons de 3 ans

Dans ce premier exemple, on cherche à améliorer la race X pour le modèle et on organise des concours de modèle et allures de mâles de 3 ans. Chaque année, il naît 10 000 poulains, dont 5 000 mâles, 300 étalons participent au concours à 3 ans parmi lesquels 31 sont retenus et sont autorisés à saillir à partir de 4 ans et à se reproduire pendant 11 ans (effectifs du même ordre de grandeur que pour la race Selle français). Le nombre maximum de saillies par étalon est fixé à 50 (actuellement la moyenne des saillies par étalon SF est de 20, 14 pour les agréés, 31 pour les nationaux). Il y a donc en permanence  $31 \times 11 = 341$  étalons qui saillissent les 17 000 poulinières nécessaires à la naissance des 10 000 poulains. Le critère de sélection est confondu avec l'objectif de sélection, c'est une note de modèle et allures dont la moyenne est 15 et l'écart type 3 (il y a 15 % de chevaux au-dessus de 18 et 15 % en dessous de 12). L'hérédité du caractère a été étudiée et on a constaté que 27 % de la variabilité observée dans la notation du modèle avait une origine génétique (l'hérédité). Quelle est l'efficacité de la méthode ?

Le taux de sélection est de  $31/300 = 10\%$ . L'intensité de sélection s'en déduit par une formule mathématique ou d'après la figure 1. Elle est de 1.74.

La précision est la racine carrée du coefficient de détermination. Dans le cas d'une sélection sur la performance propre du cheval, le coefficient de détermination (ou CD) est égal à l'hérédité soit 0.27. La précision est donc de 0.52. L'intervalle de génération se déduit de la durée d'utilisation (fixée à 11 ans pour tous pour simplifier) et de l'âge à la première saillie soit 4 ans. Il est de 10 ans. Le progrès génétique annuel (tableau 1) est de 0.067 points (en unité de note de modèle et allures). Cela veut dire qu'en une génération, la moyenne des notes passera à 15.7 (si mon œil garde une échelle absolue).

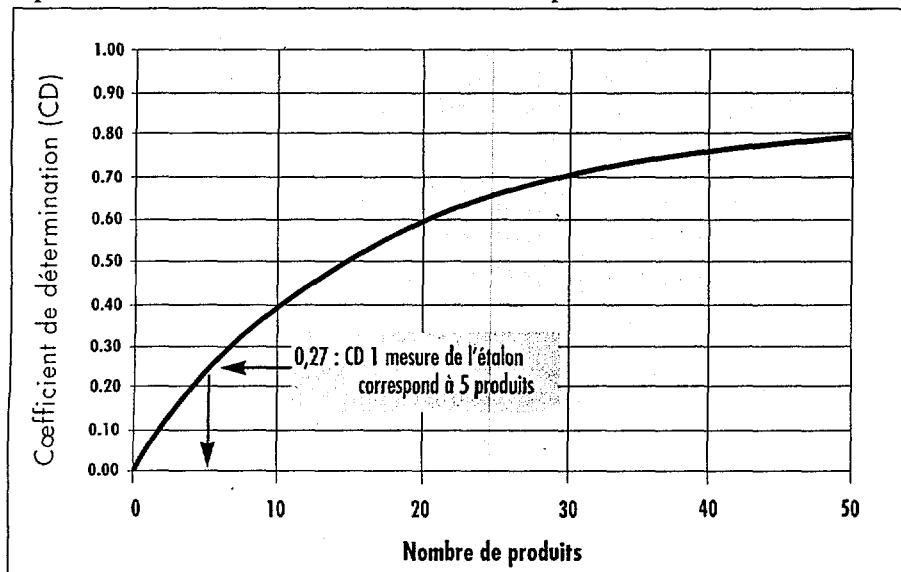
### 2. Objectif : modèles et allures. Critère : concours de modèle et allures à 3 ans pour les produits des étalons (sélection sur descendance).

Mais je me dis (à tort), que ce qu'il faut ce n'est pas un bel étalon, mais un étalon qui produise de beaux poulains. Je dis « à tort » parce qu'en fait, c'est une mauvaise interprétation de la biologie : certes, un bel étalon ne produit pas toujours de beaux poulains et un étalon vilain peut en produire, cela veut simplement dire que tout n'est pas génétique de façon simple dans la beauté, qu'une part est

due à l'environnement (alimentation notamment) et au hasard du remaniement génétique (lors du tri des gènes que l'adulte va léguer à son produit). Mais généralement le bel étalon produit de beaux chevaux et le laid des chevaux laids, sinon c'est que ce caractère n'est pas d'origine génétique et alors, inutile de sélectionner ! Cela veut dire que choisir ses étalons sur leur propre beauté ou sur la beauté de leurs produits n'aura peut être pas la même efficacité (c'est ce que nous allons voir) mais procède du même raisonnement. Donc, revenons à nos hypothèses, on veut choisir les étalons sur leur production. L'objectif est d'augmenter la précision car en connaissant un nombre suffisant de produits, la connaissance de la valeur reproductrice de l'étalon est meilleure (Figure 2).

Il faut au moins 5 produits de l'étalon pour avoir une précision supérieure à celle apportée par la connaissance de la mesure réalisée chez l'étalon lui-même. On décide donc d'avoir 10 produits jugés à 3 ans par étalon candidat à la sélection. Mais les conditions du concours sont les mêmes : la structure existante ne permet de voir que 300 chevaux à 3 ans. Il n'y a donc que 30 étalons testés ( $30 \times 10 = 300$  produits). Pour garder un certain choix, les 2/3 sont retenus pour la reproduction (soit 20). Mais ces étalons ne commenceront à saillir en tant qu'étalon « sélectionné » qu'à l'âge

Figure 2 - Evolution du CD d'un étalon à partir du nombre de mesures réalisées chez ses produits.  $h^2=0.27$



de 9 ans (première saillie à 4 ans, premiers produits âgés de 3 ans à 8 ans). Leur longévité étant identique au cas précédent, cela fait seulement 6 ans d'activité, ils ne peuvent donc assurer que 6000 saillies (20 étalons\*6 ans\*50 saillies). Il reste 11000 saillies qui sont forcément réalisées par des étalons non sélectionnés par ce schéma. On réalise donc que la stratégie « sélection sur descendance » n'est pas mise à mal tant par l'augmentation de l'intervalle de génération mais par la faiblesse de l'intensité de sélection (20/30 au lieu de 31/300) et surtout la nécessité de recourir à des étalons non sélectionnés pour renouveler la population compte tenu de la limite pratique imposée par les processus de mesure des performances. On obtiendrait le même type de figure si on comparait les 2 schémas (performance propre et descendance) pour la sélection sur les performances en compétition, même si les capacités de testage sont bien plus importantes (2800 chevaux sortis à 4 ans, 4500 à 5 ans). Le progrès réalisé (+0.025 point/an, tableau 1) est près de 3 fois moindre que dans la stratégie précédente pour le même objectif. On remarquera que, dans les 2 cas, nous avons mesuré l'intensité de sélection à partir du pourcentage d'étalons retenus pour la reproduction sur le nombre d'étalon testés. En effet, il naît beaucoup plus de mâles que d'étalons testés mais la véritable efficacité n'est pas sur le nombre de chevaux nés mais sur le nombre de chevaux qui ont pu être esti-

més par le critère choisi.

### 3. Objectif : compétition CSO. Critère : indice de performance en CSO.

Troisième stratégie : l'objectif n'est pas d'améliorer le modèle et les allures mais d'améliorer l'aptitude à la compétition de saut d'obstacle. Le plus simple est d'abord d'utiliser un schéma du même type que celui utilisé pour améliorer le modèle et les allures : une sélection sur performance propre en compétition. Le raisonnement est du même type que dans le cas n° 1, sauf que l'héritabilité est de 0.23 et qu'au lieu d'avoir 300 étalons jugés en modèle et allure, il y a en a 1400 qui participent à des compétitions à l'âge de 4 ans (2800 chevaux sont sortis à 4 ans en CSO en 1999). Le critère de sélection est l'indice annuel (écart type de 20). Le progrès attendu (tableau 1) est de 0.51 point d'indice par an, ce qui veut dire que, dans 10 ans, la moyenne des mêmes indices serait de 105 au lieu de 100.

### 4) Objectif : compétition CSO. Critère : concours de modèle et allure d'étalons de 3 ans

Au lieu de sélectionner directement sur la performance en CSO, on peut considérer que le modèle et allures permet de prévoir cette performance et qu'il est recueilli plus tôt (à 3 ans), permettant ainsi de gagner en intervalle de génération. J'applique donc le même processus que dans le cas n° 1. L'intensité de sélection et l'intervalle de génération sont identiques. Ce qui change, c'est la pré-



sion de la sélection. En effet, puisque le critère de sélection n'est pas directement le caractère de l'objectif poursuivi, la précision dépend de la relation génétique entre les 2 caractères. La corrélation génétique mesure dans quelle proportion les 2 caractères sont similaires du point de vue de l'aptitude. Si la corrélation génétique est élevée, les étalons produiront bien à la fois dans les 2 caractères.

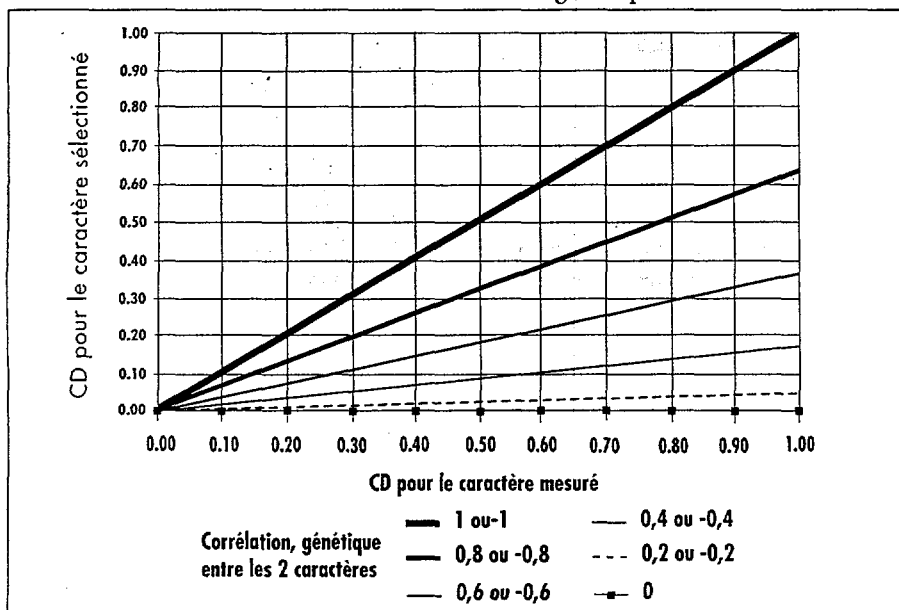
La figure 3 représente l'évolution du CD (coefficient de détermination) pour le caractère qu'on cherche à sélectionner en fonction du CD du caractère qu'on a mesuré et de la corrélation génétique entre les deux. On constate rapidement que même avec une corrélation génétique élevée (0.80), le CD final est plus faible (pour un CD initial de 0.50, on passe à 0.32 par exemple). Dans notre cas, si on suppose une corrélation (nous verrons plus tard la corrélation mesurée dans les études allemandes, suédoises et hollandaises) favorable de 0.40, le CD de 0.27 passe à 0.04. Le progrès génétique espéré (tableau 1) n'atteint que 0.165 point d'indice par an, il est 3 fois plus faible que dans le cas précédent (n° 3) pour le même objectif.

### 5) Objectif : modèle et allures et absence de lésions ostéo-articulaires. Critère : concours de modèle et allure d'étalons de 3 ans assortis de radiographies.

Notre dernière stratégie s'intéresse à un objectif pluri-caractère : on cherche à améliorer simultanément le modèle et les allures mais aussi le statut ostéo-articulaire. Le schéma est le même que dans le cas n° 1 mais des radiographies sont effectuées sur les 300 étalons candidats à la sélection. On en élimine 1/4 au vu des radiographies, il en reste 225 parmi lesquels 31 seront utilisés pour la reproduction. Supposons que les deux caractères, le « modèle et les allures » et le statut orthopédique sont indépendants (corrélation génétique nulle). L'héritabilité des

Figure 3

CD (coefficient de déterminaison) pour le caractère à sélectionner quand un autre caractère est mesuré en fonction de la corrélation génétique entre les 2 caractères



anomalies radiographiques est de 0,20, la prévalence (% de chevaux atteints) de 25 %. L'intensité de sélection est de 0,42 pour le statut ostéo-articulaire (taux 75 %) et 1,60 (taux 14 %) pour le modèle et allure (donc un peu inférieur au cas n° 1). La précision pour le statut ostéo-articulaire est la racine carrée de 0,20, elle est identique au cas n° 1 pour le modèle et les allures. L'intervalle de génération est inchangé par rapport au cas n° 1. Le progrès génétique (tableau 1) sur la prévalence des anomalies radio est de 1 % en 10 ans (on passe de 25 % à 24 % d'atteints), celui sur la note de modèle est de 6 points en 10 ans au lieu de 7. Tout choix a donc une influence sur le caractère recherché (ici modeste car l'intensité de sélection est faible et la prévalence aussi) mais aussi sur les autres caractères de l'objectif de sélection.

**Que retenir de ces exemples ?**

Ces exemples sont là pour montrer simplement quelques règles d'amélioration génétique du cheval auquel sont confrontés tous les systèmes européens. ● Compte tenu des contraintes de la race chevaline (peu de produits possibles par étalon) et des atouts (caractères d'intérêt mesurables sur les deux sexes de façon assez précoce), la sélection sur performance propre (quel que soit le caractère choisi) est la plus importante dans la réalisation de l'amélioration génétique. Les Allemands (BRUNS et SCHADE,

1998) dans leurs études de modélisation du progrès génétique, confondent souvent sélection sur les compétitions par sélection sur descendance. En effet la sélection sur performance propre se réalise chez eux en station, mais on peut tout à fait considérer la sélection en compétition comme une sélection sur performance propre et lui rendre la place qu'elle peut occuper.

- L'utilisation de critères indirects introduit toujours une perte dans la précision de la sélection. Il faut donc réserver, dans la mesure du possible, leur utilisation à des critères très précoces (gain dans l'intervalle de génération) ou, pour les caractères qui ne sont pas mesurables autrement.
- Les objectifs multi-caractères sont le plus souvent souhaités mais doivent toujours se raisonner. On travaille toujours à structure (c'est de l'argent) constante et on est limité par les capacités physiologiques des chevaux (nombre de saillies par exemple). Tout gain dans un caractère a obligatoirement un effet sur l'autre caractère. Il ne suffit pas de vouloir un cheval sain et d'éliminer les malades, il faut prévoir l'amélioration potentielle sur les problèmes de santé et la perte sur les autres caractères d'intérêt pour réaliser un objectif économique viable.

**COMPARAISON DES PLANS RÉELS**

**Les paramètres génétiques**

Afin de comparer les différentes stratégies de sélection, il faut connaître la



nature des caractères à sélectionner. Les caractères qui font aujourd'hui partis des objectifs affichés par les races de chevaux de selle européennes sont :

- Le modèle
- Les allures
- L'aptitude au dressage
- L'aptitude au saut d'obstacle
- La compétition de dressage
- La compétition de saut d'obstacle
- Le caractère
- La santé/la longévité
- La facilité de reproduction (dans une moindre mesure)

Les caractères qui ont fait aujourd'hui l'objet d'études génétiques et de modélisation de schémas de sélection raisonnés en Europe sont principalement le modèle, les allures, la compétition de CSO et de dressage. Nous analyserons donc en conclusion ce qu'il faut encore faire pour les autres caractères mentionnés ci-dessus. Les caractères étudiés sont mesurés dans des épreuves de types modèle et allures (français) ou « tests de terrain » (à l'étranger, 1 jour ou 15 jours en général), des stations de testage (principalement pour les étalons), des épreuves de compétitions officielles. Il va donc y avoir des paramètres différents suivant les conditions de mesures (puisque la mesure mais aussi la variabilité du milieu est différente selon les cas) et des corrélations entre ces différents tests.



**Tableau 2**  
Héritabilité des caractères (résultats Allemands, Suédois, Hollandais, Irlandais).  
En italique les héritabilités obtenues en France

	Modèle	Allure	Aptitude CSO	Aptitude Dressage
Test de terrain (type concours de modèle et allure)	0.23	0.27	0.34	0.33
Station de testage (chevaux entraînés plusieurs semaines dans un même lieu)		0.46	0.42	0.37
Compétition officielle			0.13 (0.16)	0.13
Résultat par épreuve			0.23 (0.27)	0.26 (0.34)
Résultat annuel				

**Tableau 3**  
Corrélations génétiques entre caractères pour un même système de recueil des informations (résultats Allemands, Suédois, Hollandais)

	Allure/CSO	Allure/Dressage	CSO/Dressage
Intra-Test de terrain	0.19	0.69	-0.02
Intra-Station de testage	0.10	0.88	0.04

Les tableaux 2, 3 et 4 résument la bibliographie française, allemande, suédoise et hollandaise la plus récente sur le sujet. Cette synthèse n'est pas facile car les résultats sont assez variables, ce qui s'explique par des fluctuations statistiques (les estimations sont en général estimées avec des écart type d'erreur de 0.10 à 0.15 pour l'héritabilité, soit une zone de possible de +0.20 ou -0.20 et encore plus importants pour les corrélations génétiques : écart type de 0.20-0.25) et des différences entre races. Il est effectivement tout à fait possible d'avoir des héritabilités différentes pour le même caractère dans 2 races différentes : le jugement donc le caractère n'est jamais exactement le même et la population peut avoir évolué différemment et ne pas disposer de la même variabilité génétique. Il est aussi possible de trouver des héritabilités différentes pour le même caractère mesuré dans des conditions différentes : entre un protocole type modèle et allures (ou test de terrain) et une mesure en station par exemple car les conditions d'environnement et de notations sont différentes. Nous avons retenu les moyennes des valeurs les plus sûres de la bibliographie allemande, suédoise et hollandaise pour tout ce qui concerne les mesures en

station ou test de terrain. Nous avons rajouté des estimations françaises et irlandaise pour les résultats de compétition. Globalement, les caractères recherchés sont héritables (0.13 à 0.46). Les caractères de modèles et d'allures ne sont pas plus héritables que les caractères liés à l'aptitude. Ils sont légèrement plus héritables en station qu'en modèles et allures ou en compétition. En compétition, ils semblent peu héritables quand on retient comme caractère le résultat par épreuve, mais on obtient des héritabilités tout à fait correctes dès qu'on synthétise l'information sur une saison de concours. Les corrélations génétiques entre caractères intra système de mesure montre une indépendance entre l'aptitude au dressage et l'aptitude à l'obstacle, une bonne corrélation allure/dressage mais très faible corrélation allure/CSO. Entre types de mesure, il ne semble pas possible de prédire la performance en compétition à partir d'un modèle et allure strict (pas de corrélation modèle ou allure/compétition). En revanche, quand on juge dans un test de terrain ou en station l'aptitude au dressage ou au CSO (en liberté et monté) les corrélations avec la compétition sont raisonnables (0.63, 0.85).

**Tableau 4**  
Corrélations génétiques entre système de mesures (résultats Allemands, Suédois, Hollandais)

	CSO/CSO	Dressage/Dressage	Modèle/CSO	Modèle/Dressage	Allure/CSO	Allure/Dressage
Test de terrain/Station	0.95	0.94				
Test de terrain/Compétition	0.63	0.85	0.04*	0.10*	0*	0*
Station/Compétition	0.84	0.77				

\* résultats hollandais uniquement

Elles sont très fortes pour les mêmes caractères entre test de terrain et station. Comparons maintenant les grandes lignes des différents schémas européens.

## L'INTENSITÉ DE SÉLECTION

Sur un test en station, on ne peut mesurer que peu de chevaux, et dans le meilleur des cas, un taux de sélection de 50 % est appliqué en Allemagne (BRUNS et SCHADE, 1998) comme en Hollande (HUIZINGA et al, 1990). L'intensité de sélection correspondant à un taux de sélection de 50 % est de 0.80.

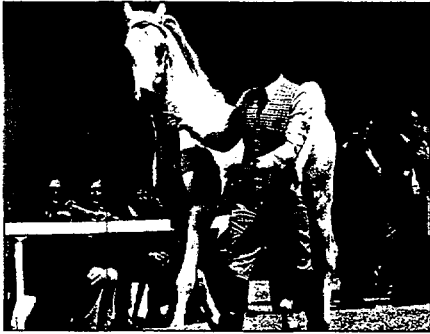
En compétition, le taux de sélection applicable est beaucoup plus faible. En effet, environ 2800 chevaux de 4 ans sortent en CSO, 4500 à 5 ans (SF et AA), cela fait entre 1400 et 2200 mâles potentiellement sélectionnables. Un taux de renouvellement annuel de 10 % des effectifs d'étalons nécessite le recrutement de 60 nouveaux étalons par an. Le taux de sélection pourrait être de 4 % sans forcer, soit une intensité de sélection de 2.2.

L'intensité de sélection est 2.75 fois plus grande dans une sélection sur la compétition par rapport à une sélection en station.

## LA PRÉCISION

Dans un objectif modèle et allure, la précision d'une sélection en station est égale à l'héritabilité, soit la racine carrée de 0.46, 0.68. Dans ce même objectif, la précision de la sélection sur la compétition, compte tenu des corrélations calculées en Hollande, est nulle.

Dans un objectif de compétition, la précision d'une sélection en station doit tenir compte de la corrélation génétique entre le jugement de l'aptitude en station et le résultat en compétition. Pour le CSO, la précision est alors de 0.54 (0.84 multiplié par la racine carrée de 0.42). Une sélection directe sur les performances en compétition a une précision égale à la racine carrée de l'héritabilité soit en France 0.52. Il y a donc égalité au niveau de la précision (compte tenu du caractère synthétique des valeurs utilisées). Si on considérait un



© Les Héros nationaux

jugement de l'aptitude au CSO à partir d'un test de terrain (ce qui est réalisé en partie dans nos modèles et allure actuels), la précision serait de 0.37 donc inférieure (de 30 %). Pour le dressage, la précision du jugement en station pour l'aptitude à la compétition est de 0.47. La sélection directe sur performance en France a une précision de 0.58, donc un peu supérieure! Ce décalage vient peut être de notre retard en matière de dressage et donc de la grande variabilité existante dans la population française (du fait même des croisements avec les chevaux étrangers). Une fois le retard comblé, les paramètres ont des chances de s'équilibrer.

Nous nous plaçons ici dans le cas d'une sélection sur performance propre stricte, mais en pratique nous disposons d'outils génétiques plus sophistiqués qui incluent les performances des apparentés (BLUP). La précision disponible est donc en réalité supérieure car nous disposons notamment de tous les résultats des frères-sœurs en compétition (même à un âge adulte). Cela ne serait pas possible avec la même ampleur dans un test en station car peu de frères d'un même étalon participe à ces tests. De plus la connaissance de performances réalisées à l'âge adulte en compétition permet de limiter l'influence possible de la précocité sur des performances réalisées à 4 ou 5 ans en compétition mais aussi à 3 ans en station. L'information apportée par l'ensemble des compétitions équestres est un atout.

#### L'INTERVALLE DE GÉNÉRATION

Les tests en station sont en général pratiqués tôt, 3 ans en Allemagne et en Hollande, 4 ans en Suède. Les résultats en compétition ne sont obtenus qu'à 4 ou 5 ans. Avec une même longévité des étalons (donc une durée d'utilisation différente), l'intervalle de génération avec un test en station à 3 ans doit se situer autour de 10 ans, contre 10.5 ans ou 11 ans dans le cas de la compétition. Soit une perte de 1 à 1 année (10 %).

Pour un objectif d'amélioration du modèle et des allures, sans ambition sur la compétition, la sélection en station est bien sûr la seule efficace face à une sélection en compétition puisque la corrélation entre les deux caractères est nulle.

Pour un objectif de compétition, si on applique la formule du progrès génétique, on constate rapidement que le faible gain sur l'intervalle de génération ne compense en aucun cas, à précision presque qu'équivalente, la perte en intensité de sélection. En prenant les chiffres indiqués, et un intervalle de génération de 11 ans pour la sélection en compétition, le progrès génétique réalisé par une sélection en station est 2.5 fois inférieur à celui réalisé par une sélection sur les performances en compétition.

#### CONCLUSION

Le système de contrôle en station permet de connaître l'étalon sur plusieurs caractères d'intérêt économique, notamment le modèle, les allures et sans doute le caractère (qui n'est pour l'instant en général pas vraiment séparé de l'aptitude à la selle). Il permet donc une amélioration de la population pour ces caractères. En revanche, il est nettement moins efficace pour un objectif de compétition (CSO ou Dressage) que la sélection sur les performances en compétition. Il est aussi très tributaire de l'étape du choix de l'étalon à mettre en station, choix qui a été peu discuté dans les articles et qui conditionne pourtant l'efficacité apparente de la station. En pratique, il est certain que la sélection allemande ou hollandaise utilise aussi les résultats des compétitions, puis-

qu'ils calculent des indices génétiques à partir de ces résultats. Il est cependant difficile de savoir dans quelle proportion et dans quelle mesure la sélection réelle en est tributaire.

Le système de sélection sur les performances en compétition a peu de chance d'être efficace pour une amélioration du modèle ou des allures. Certes, les seuls résultats de corrélations entre « modèle et allures » et compétition publiés récemment sont hollandais, mais concernaient plus de 26 postes de notations et ont été réalisés sur de gros effectifs et sont donc certainement probants. Par contre, l'utilisation de ces performances est très efficace pour une sélection en vue de l'aptitude à la compétition. Il est donc important de conserver cet atout qui fait notre force. Et il n'est pas impossible de réfléchir à une autre façon de prendre en compte ces autres caractères. Plutôt que de situer la sélection sur le modèle, les allures et le tempérament avant la compétition, pourquoi ne pas la placer après? Le taux de sélection de 4 % n'est pas draconien au vue des effectifs en compétition. En augmentant le nombre moyen de saillies par étalon (passant de 20 à 40, ce qui n'a aucun risque sur la consanguinité), il est possible parmi ces 4 % d'étalons de n'en retenir que 1 sur 2 pour les caractères autres que la compétition. Notre efficacité sera proche de celle d'un test en station (précision un peu moindre si on utilise une structure type test de terrain ou modèle et allures à la place de la station mais intensité de sélection identique). C'est une voie prometteuse et simple à



© Les Héros nationaux

mettre en place pour compléter notre plan de sélection tout en gardant ses atouts principaux.

Les caractères peu connus aujourd'hui, liés au comportement et à la santé animale doivent d'abord faire l'objet d'études génétiques précises avant de les inclure dans un plan de sélection. Nous avons vu qu'il fallait déterminer leur héritabilité et leurs corrélations avec les autres caractères avant de pouvoir modéliser l'efficacité d'une sélection sur un caractère et surtout son incidence sur les autres caractères. Les maladies assez répandues dans la population et qui handicapent la carrière d'un cheval de sport ont des origines environnementales et génétiques. Il ne suffit donc pas de sélectionner les chevaux « sains » pour les voir disparaître en une génération. C'est souvent long, il faut mesurer la part d'investissement (radiographies par exemple) et l'incidence sur les autres caractères. Il n'y a aucune réponse a priori sur la meilleure stratégie à appliquer : il faut à chaque fois revenir à nos trois paramètres (précision, intensité de sélection, intervalle de génération) et calculer les effets probables. Nous avons commencé une étude génétique des anomalies ostéo-articulaires avec l'équipe du Pr DENOIX, nous collaborons aussi aux études de comportement. Ce sont les premiers pas vers la construction de nouveaux plans de sélection. Notons aussi que, sur le plan de la santé, nous pouvons également exploiter les résultats en compétition. En effet, si les corrélations entre résultats radiographiques et performances futures sont encore peu déterminées et peu certaines, un cheval en bonne santé affichera préférentiellement une longévité en compétition supérieure à la normale, et c'est bien ce que nous recherchons. En disposant du fichier général des compétitions (et pas seulement des jeunes chevaux) nous pouvons analyser la longévité des chevaux. L'héritabilité de cette longévité en CSO a été estimée en France à 0.18 avec une relation favorable avec la performance. Il serait intéressant de déterminer comment introduire ce critère maintenant dans les plans de sélection.

L'objectif mixte CSO et Dressage est un objectif difficile à réaliser puisque la corrélation génétique entre ces deux aptitudes est nulle. Toute sélection sur l'un

des caractères engendre une perte d'efficacité pour l'autre caractère (diminution de l'intensité de sélection). Mais là aussi, on peut calculer précisément quel gain, quel perte et mettre en face l'objectif économiquement souhaitable.

Les juments n'ont pas fait l'objet d'une étude approfondie dans ce texte car le premier progrès vient des étalons, non par sexisme mais parce que leur pouvoir reproducteur permet un taux de sélection bien plus faible. Là aussi, la modélisation est souhaitable pour répondre aux questions : sélection sur performance propres, sur modèles et allures, sur ascendance, précoce, non précoce ?

La conclusion de la conclusion est que toute réflexion sur un plan de sélection doit faire l'objet d'une modélisation précise. Nul ne peut prévoir simplement les incidences des choix, les paramètres interagissent énormément entre eux et le résultat final ne peut être prévu par approximation. Nous avons réalisé une étude (TAVERNIER et CLERC, 1994) sur l'optimisation de la sélection des étalons en vue de l'amélioration des résultats en compétition selon différentes stratégies : sélection sur ascendance à 2 ans ou sur performance propre à 4, 5 ou 6 ans suivie d'une deuxième sélection sur descendance. Les résultats ont montré la supériorité d'une stratégie de sélection sur performance propre à 5 ans avec sélection sur descendance par la suite quand les produits ont eux-mêmes 5 ans. 85 % des saillies étaient réalisés par les étalons sélectionnés sur performance uniquement. Un tel schéma mériterait d'être compliqué par l'introduction d'autres critères précoces de sélection, la définition d'un objectif plus complexe et l'introduction d'une sélection sur la voie femelle. C'est aux associations des éleveurs de définir leurs objectifs et les moyens qu'ils peuvent mettre en œuvre en matière de contrôle des caractères recherchés. Mais seule le résultat de l'analyse pourra donner la meilleure stratégie, pour l'objectif voulu à moindre coût.

## BIBLIOGRAPHIE

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. *Journal of animal breeding and genetics*, 117, 65-72.

BOUE M., 1979. Les équidés en Grande Bretagne. CEREOPA Ed. Paris, 220p.

BRUNS E., SCHADE W., 1998. Genetic value of various performance test schemes of young riding horses. In : proceeding of the 6 th world congress of genetics applied to livestock production, Armidale, 420-423.

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

DEVIMEUX T., 1988. Les équidés en Espagne. CEREOPA Ed. Paris, 435p.

DEYME M., 1998. L'élevage du sport en Europe - Réglementations comparées. Publication SIRE, 39p.

GERBER OLSSON E., ARNASON, T. 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.

HASSENSTEIN C., ROHE E., KALM E., 1999. Genetic statistical analysis of new traits in performance tests of riding horses, 1 st communication : development of traits and estimation of heritability. *Zuchtungskunde.*, 71, 106-117.

HUIZINGUA H.A., BOUKAMP M. SMOLDERS G., 1990. Estimated performance of field performance testing mares from the Dutch Warmblood riding horse population. *Livest. Prod. Sci.*, 26, 291-299.

HUIZINGUA H.A., VEN 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.

LESCOAT E., 1994. Etude comparée de la sélection des chevaux de sport et de course des différents pays européens. Mémoire bibliographique de DAA, INA, Paris-Grignon, 42p.

MANCHARD N., 1999. Rapport bibliographique sur l'état actuel de la sélection des chevaux de sport en Europe. Mémoire bibliographique ENSAIA, 51p.

OHLSSON L., PHILIPSSON J., 1992. Relationship between field test for the Warmblood horses as four-years olds and later competition performance. In abstracts of the 43rd meeting of the EAAP, Madrid.

RICARD A., BRUNS E., CUNNINGHAM E.P., 2000. Genetics of performance traits. In « The genetics of the Horse », AT. Bowling and A. Ruvinsky Ed. CAB International.

RIEUX-LAUCAT B., 1993. Les équidés au Danemark. CEREOPA Ed. Paris, 168p.

SCHADE W., BRUNS E., GLODEK P., 1994. Genetic aspects of breeding for dressage or jumping ability in riding horse populations. In abstract of the 45 th annual meeting of the EAAP, Edimburgh.

SPRENGER K.U., SCHWARK H.L., BERGFELD A., 1993. A method of estimating breeding value of riding horses on the basis of competition results. *Zuchtungskunde.*, 65, 83-90.

TAVERNIER A., 1992. Is the performance at 4 years in jumping informative for later results? In : abstracts of the 43rd Meeting of the EAAP, Madrid.

TAVERNIER A., 1994. Special problems in genetic evaluation of performance traits in horse. In : proceeding of the 5 th world congress of genetics applied to livestock production, Guelph, 450-457.

TAVERNIER A., CLERC D., 1994. Quelle est la meilleure stratégie de sélection des étalons de concours hippique? In : 20ème journée de la recherche équine, 2 mars 1994. CEREOPA, Paris.

VAN VELDHUIZEN A.E., 1997. Breeding value estimation for riding horses in the Netherlands. In abstracts of the 48 th meeting of the EAAP, Viennes.

A. RICARD