



42^{ème} Journée de la Recherche Équine
Jeudi 17 mars 2016

Cheval d'élite, tous à cheval : des objectifs génétiquement très compatibles pour le saut d'obstacle

A. Ricard ¹

¹ INRA, UMR 1313, 78352 Jouy-en-Josas, France, IFCE, Recherche et Innovation, 61310 Exmes, anne.ricard@toulouse.inra.fr

Résumé

Pour mesurer les relations entre performances en CSO précoces et adultes et amateurs et professionnelles, les résultats des compétitions fournis par la FFE de 2009 à 2013 ont été utilisés, soit 3 254 266 départs réalisés par 96 478 chevaux sur 5 ans apparentés à 160 949 ancêtres. Cinq caractères différents sont identifiés : JEUNE PRO (4-6 ans, pour les cycles classiques), JEUNE LIBRE (4-6 ans, pour les cycles libres), JEUNE AMATEUR (4-6 ans, autres épreuves), ADULTE AMATEUR (>6 ans, <130cm), ADULTE PRO (>6 ans, ≥130cm). La performance est un cumul de points attribués au rang et à la difficulté de l'épreuve divisé par le nombre de sorties. Les héritabilités sont moyennes (JEUNE LIBRE 0,19) à élevées (ADULTE PRO 0,35). Les corrélations génétiques sont toutes très positives (0,78 à 0,96). Elles sont particulièrement importantes entre ADULTE PRO et ADULTE AMATEUR (0,95) et entre JEUNE AMATEUR et ADULTE AMATEUR (0,96) et un peu plus faibles avec les JEUNE LIBRE. Les corrélations phénotypiques sont plus faibles mais demeurent élevées entre performances ADULTE (de 0,66 à 0,74). Elles sont plus modérées entre JEUNE et ADULTE (0,39 à 0,56). Une sélection pour produire un cheval de loisir peut reposer sur le choix d'étalons grands performeurs montés par un PRO et inversement, les performances en compétition amateur permettent d'estimer la qualité génétique des étalons d'élite.

Mots clés: héritabilité, concours hippique, performance, compétition

Summary

The objective of this study is to estimate genetic correlation between young and adult performances and amateur and high level in jumping competition. EFF provided competitions' results from 2009 to 2013. There were 3 254 266 results in competition performed by 96 478 horses and 160949 relatives. Five traits were distinguished: JEUNE (4-6 years) AMATEUR JEUNE LIBRE (special young horse competition for amateur riders), JEUNE PRO (special young horse competition for Professional riders), ADULTE (>6 years) AMATEUR (<1m30) and ADULTE PRO (≥1m30). Performances were measured by points summed over year divided by number of starts with log transformation. Heritabilities were moderate for JEUNE LIBRE (0.19) to high for ADULTE PRO (0.35). The genetic correlations were all highly positive (0.78 to 0.96). They were especially high for ADULTE AMATEUR and ADULTE PRO (0.95) and JEUNE AMATEUR and ADULTE AMATEUR (0.96) and lower with JEUNE LIBRE. The phenotypic correlations were lower but still moderately high for ADULTE (0.66 to 0.74). They were inferior between JEUNE and ADULTE (0.39 to 0.56). In conclusion, production of a leisure sport horse may lay on choosing high level stallions and performances in amateur competition are useful to produce elite horses.

Key-words: heritability, jumping, performance, competition.



Introduction

Lors de la restitution de l'étude prospective sur la filière équine (Jez *et al.*, 2012), il est ressorti une ambivalence dans la définition de l'objectif de production des chevaux de selle de type sportif : l'objectif est-il la production d'un cheval pour le sport de haut niveau ? S'agit-il de la production d'un cheval de loisir ? Il semblerait qu'il y ait inadéquation entre les désirs de gloire de l'éleveur et la réalité du cavalier client. Actuellement (2015) plus de 55 000 chevaux sortent chaque année en compétition de Saut d'Obstacle (division Amateur et Pro). Sachant que la durée de vie moyenne en compétition est de 6 ans (Ricard *et al.*, 2011), un renouvellement annuel de 9 000 chevaux est nécessaire. Cet effectif est considérable, supérieur au nombre de naissances Selle Français par exemple (6 000 à 7 000). Un vrai marché existe. Mais si seul le haut niveau est considéré (soit 8 000 chevaux participant à des épreuves de 1m30 et plus), la production annuelle de seulement 1 300 chevaux suffit. Les deux interprétations débouchent donc sur des niveaux de production différents et surtout sur des capacités en termes de plan de sélection totalement différentes. Les possibilités de sélection sur une population de 1 000 unités produites avec un intervalle de génération de 10 ans sont très faibles. Il est donc crucial de définir le caractère recherché avec plus d'acuité et de s'interroger sur les réelles différences entre cheval d'amateur et de professionnel. Si les deux objectifs : produire un cheval de haut niveau et un cheval de loisir sportif sont conciliables dans une même population, les possibilités d'amélioration génétique seront réelles, alors qu'elles sont compromises dans le cas inverse. Ce qui définit un cheval de loisir sportif n'est pas sa moindre qualité en compétition mais plutôt son aptitude comportementale vis-à-vis d'un cavalier amateur. Il faut un cheval sûr, sans danger et adaptable. Ces qualités sont-elles compatibles avec les caractéristiques de réactivité et d'influx nerveux nécessaires à l'exploit sportif de haut niveau ? L'objet de ce texte est de répondre à cette question en calculant la corrélation génétique entre la compétition Pro et la compétition Amateur : s'agit-il du même caractère ?

1 Données

Les résultats en compétition de division Pro et Amateur de Concours de Saut d'Obstacle (CSO) de 2009 à 2013 gérés par la Fédération française d'Équitation ont été utilisés. Ces données concernent 3 254 266 départs réalisés par 96 478 chevaux sur les 5 ans. Ces résultats ont été divisés en différents caractères selon la catégorie d'épreuve dans laquelle le cheval est sorti. Le choix des caractères a été effectué en observant la nature des licences (Pro ou Amateur) dans les différents types d'épreuve. Cinq caractères différents ont été choisis :

- Les sorties pour les chevaux âgés de 4 à 6 ans dans les compétitions FFE non Jeunes chevaux = JEUNE AMATEUR
- Les sorties pour les chevaux âgés de 4 à 6 ans dans les compétitions de Jeunes Chevaux de cycle libre = JEUNE LIBRE
- les sorties pour les chevaux âgés de 4 à 6 ans dans les compétitions de Jeunes Chevaux de cycle classique (et FFE ou internationaux à partir de 1m25) = JEUNE PRO
- Les sorties pour les chevaux âgés de plus de 6 ans dans les compétitions <=1m25 et internationaux A, B, vétérans, juniors, enfants = ADULTE AMATEUR
- Les sorties pour les chevaux âgés de plus de 6 ans dans les compétitions >=1m30 et internationaux étoilés et Jeunes Cavaliers = ADULTE PRO

A chaque sortie des points sont attribués en fonction du rang et de la difficulté de l'épreuve, conformément à ce qui est réalisé pour l'indexation officielle. La performance est la somme des points cumulés dans le caractère considéré à l'issue de l'année de compétition, divisée par le nombre de départs dans le caractère considéré. Une transformation logarithmique est appliquée pour normaliser les performances. Un cheval aura autant de performances que de circuits différents fréquentés chaque année.

2 Modèle et Méthode

Pour calculer les paramètres génétiques sur ces différents caractères, nous avons remonté l'ensemble des ancêtres des performeurs, ce qui nous amène à un total de 257 427 chevaux apparentés.

Le modèle d'analyse de la performance est un modèle multi-caractère dans lequel chaque caractère répond au modèle suivant :

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Za} + \mathbf{Zp} + \mathbf{e} \quad (1)$$

Avec \mathbf{y} le vecteur des performances, \mathbf{b} le vecteur des effets fixes : âge (à partir de 4 ans par pas de 1 an jusqu'à 15 ans et plus le cas échéant suivant le caractère considéré), sexe (hongre et mâle d'une part, femelle d'autre part), année de performance (de 2009 à 2013), \mathbf{a} le vecteur des valeurs génétiques additives, \mathbf{p} le vecteur des



effets d'environnement communs aux différentes années de performance d'un même cheval dans le même caractère, \mathbf{e} le vecteur des résiduelles. Les matrices de variance covariance sont les produits directs entre la matrice des variances et covariances des caractères et la matrice de parenté pour \mathbf{a} , l'identité pour \mathbf{p} et \mathbf{e} . Les corrélations résiduelles entre les performances réalisées jeune et à l'âge adulte sont par définition nulles (les performances ne peuvent être réalisées la même année), elles sont estimées pour toutes les autres paires de caractères. Pour calculer la matrice de parenté, tous les ancêtres des 96 478 performeurs ont été extraits et ajoutés au vecteur \mathbf{a} . Cela représente 257 427 chevaux. Des groupes de parents inconnus ont été introduits dans la matrice de parenté. Ils sont identifiés par la race du cheval dont il manque au moins 1 parent. Différents tests ont permis de montrer que l'ajout de la décennie de naissance, le sexe ou l'information de l'absence d'un ou deux parents n'étaient pas pertinents. L'estimation des paramètres génétiques et des solutions a été réalisée par Gibb Sampling, avec le logiciel TM (Legara *et al.*, 2011). Il a été réalisé 60 000 itérations pour être certain de la convergence, les estimés sont les moyennes sur les 10 000 dernières itérations, choisies avec un intervalle de 20 itérations.

3 Résultats : image de la compétition, statistiques élémentaires

Entre 2009 et 2013, 46 575 à 54 536 chevaux participent chaque année à des compétitions officielles de CSO (hors Club et Poneys), soit un rythme moyen de croissance de 4% par an. Près d'un tiers (31%) de ces chevaux peuvent être qualifiés de « jeunes », c'est-à-dire âgés de 4 à 6 ans. Le circuit Pro est fréquenté pour les jeunes par la moitié des chevaux, et pour les adultes par 20% des chevaux.

Le tableau 1 donne les statistiques élémentaires concernant les 5 caractères. Pour chaque caractère, plus de 16 000 chevaux ont au moins une performance, les résultats s'appuient donc sur des effectifs considérables. Sur nos cinq années de mesure, les chevaux cumulent entre 1,3 (Jeune Amateur) et 2,4 (Adultes Amateur) années de performances par caractère. La moyenne des performances est différente pour chaque caractère, mais cela n'intervient pas dans le calcul des corrélations. La différence de moyenne met en évidence la différence de niveau entre les différents caractères et on peut juste noter que compte tenu de ces différences, il a été raisonnable de distinguer les cycles libres des compétitions Amateur strictes auxquelles participent des jeunes chevaux. De nombreux chevaux (Tableau 2) permettent d'estimer les corrélations entre caractères puisque par exemple 15 409 chevaux ont participé à des épreuves adultes Amateur et Pro (mais pas forcément la même année).

Tableau 1 : Statistiques élémentaires sur les 5 caractères de 2009 à 2013

Table 1: Elementary statistics for the 5 traits between 2009 and 2013

	Effectif Chevaux	Effectif Perf. annuelles	Nombre de perf. par cheval	Log(somme points annuelle / nombre de sorties annuelles)			
				Moyenne	Ecart-type	Min	Max
JEUNE AMATEUR	34 669	46 472	1,3	11,9	0,8	9,2	15,2
JEUNE LIBRE	16 136	20 997	1,3	13,3	0,7	11,0	15,4
JEUNE PRO	26 360	41 666	1,6	14,0	0,7	10,0	16,5
ADULTE AMATEUR	70 590	168 643	2,4	12,3	0,9	9,2	16,9
ADULTE PRO	16 028	34 550	2,2	13,9	1,0	10,5	18,8

Tableau 2 : Tableau croisé du nombre de chevaux ayant eu une performance pour deux des cinq caractères proposés au cours des 5 années 2009 à 2013.

Table 2: Cross table of horses between traits

	JEUNE AMATEUR	JEUNE CYCLE LIBRE	JEUNE PRO	ADULTE AMATEUR	ADULTE PRO
JEUNE AMATEUR	34 669	13 022	16 206	19 697	5 469
JEUNE LIBRE	13 022	16 136	6 559	7 826	1 530
JEUNE PRO	16 206	6 559	26 360	11 313	5 275
ADULTE AMATEUR	19 697	7 826	11 313	70 590	15 409
ADULTE PRO	5 469	1 530	5 275	15 409	16 028



4 Résultats : Paramètres génétiques

Les résultats des paramètres génétiques sont dans le tableau 3. Les corrélations phénotypiques et les répétabilités sont dans le tableau 4. La corrélation phénotypique mesure la ressemblance entre 2 caractères mesurés sur un même cheval. La corrélation génétique mesure la ressemblance innée entre ces caractères, indépendamment de la ressemblance due aux effets environnementaux conjoints. Elle permet de prédire la ressemblance entre le niveau de production dans les 2 caractères d'un même reproducteur. La répétabilité mesure la ressemblance entre 2 performances mesurées pour un même caractère. L'héritabilité mesure la part de la variance observée qui est d'origine génétique se transmettant des parents aux descendants selon les règles mendéliennes.

L'héritabilité est la plus élevée pour les performances ADULTE PRO (0,35). Elle est assez élevée pour les performances ADULTE AMATEUR, JEUNE PRO et JEUNE AMATEUR (0,27 à 0,29). Elle est plus faible pour les performances JEUNE LIBRE (0,19). Dans tous les cas, ces valeurs sont tout à fait compatibles avec l'élaboration de plans de sélection efficaces.

Les corrélations génétiques ne sont pas de 1, démontrant que les caractères ne sont pas identiques. Intra tranche d'âge, elles sont très fortes entre tous les caractères JEUNE (0,83 à 0,92), avec une moindre corrélation génétique entre JEUNE LIBRE et JEUNE PRO (0,83). Elles sont aussi très fortes entre les 2 caractères adultes : 0,95 entre ADULTE AMATEUR et ADULTE PRO. Réussir en compétition adulte ou pro constitue la même aptitude. Entre tranche d'âge, les corrélations intra type de compétition : entre JEUNE AMATEUR et ADULTE AMATEUR d'une part et JEUNE PRO et ADULTE PRO d'autre part sont aussi très élevées mais plus pour les amateurs que les pro : 0,96 et 0,84 respectivement. Les corrélations croisées sont moins élevées entre JEUNE LIBRE et ADULTE (0,82 et 0,78). Elles sont en revanche élevées entre JEUNE AMATEUR et ADULTE PRO (0,90) et JEUNE PRO et ADULTE AMATEUR (0,87).

En conclusion, ces corrélations génétiques démontrent qu'il n'y a pas d'opposition mais au contraire une très forte similitude entre l'aptitude révélée dans les compétitions Amateurs et Pro, quel que soit l'âge. D'autre part, les performances précoces sont de bons prédicteurs des performances adultes. L'héritabilité, moyenne à assez élevée, permet une sélection efficace. Le seul bémol dans cette homogénéité est représenté par les performances en cycle libre, qui se distinguent légèrement des autres (aussi bien des performances amateurs que pro et adultes).

D'un point de vue phénotypique, les ressemblances entre performances sont moindres. Elles demeurent très élevées entre années pour les performances ADULTE PRO (répétabilité : 0,74) et ADULTE AMATEUR (répétabilité : 0,66) ou entre ADULTE PRO et ADULTE AMATEUR (corrélation phénotypique intra année de 0,69 et entre année de 0,61). Elles sont inférieures entre les différentes performances réalisées JEUNE (répétabilité de 0,38 à 0,53 et corrélations phénotypique de 0,29 à 0,47). Cependant, les performances précoces demeurent corrélées aux performances adultes, notamment celles réalisées dans le circuit AMATEUR (0,51 à 0,56). Les plus particulières sont celles réalisées dans le cycle libre (corrélation de 0,39 au mieux avec les performances ADULTE AMATEUR).

En conclusion, il y a bien une certaine redistribution des cartes entre les jeunes chevaux et les adultes qui ne permet pas de prédire avec précision la performance ADULTE en fonction de la performance JEUNE à cause des changements d'environnement, notamment pour les jeunes participants au circuit LIBRE et PRO. Une fois ADULTE, le cheval a une carrière stable même s'il participe conjointement à des compétitions PRO et AMATEUR.

Tableau 3 : Héritabilité (diagonale), corrélation génétique (triangle supérieur), corrélation entre effet d'environnement permanent (triangle inférieur), écart type d'erreur entre parenthèses.

Table 3: Heritability (diagonal), genetic correlation (above), correlation between permanent environmental effects (below), standard deviation in parenthesis

Caractères	JEUNE AMATEUR	JEUNE CYCLE LIBRE	JEUNE PRO	ADULTE AMATEUR	ADULTE PRO
JEUNE AMATEUR	0,27 (0,01)	0,90 (0,01)	0,92 (0,01)	0,96 (0,00)	0,90 (0,01)
JEUNE CYCLE LIBRE	0,85 (0,02)	0,19 (0,01)	0,83 (0,02)	0,82 (0,02)	0,78 (0,02)
JEUNE PRO	0,70 (0,02)	0,53 (0,08)	0,28 (0,01)	0,87 (0,01)	0,84 (0,01)
ADULTE AMATEUR	0,94 (0,01)	0,75 (0,04)	0,65 (0,02)	0,29 (0,01)	0,95 (0,00)
ADULTE PRO	0,75 (0,01)	0,56 (0,05)	0,75 (0,02)	0,80 (0,01)	0,35 (0,01)



Tableau 4 : Répétabilité (diagonale), corrélation phénotypique (triangle supérieur), corrélation entre résiduelle (triangle inférieur), écart type d'erreur entre parenthèses.

Table 4: Repeatability (diagonal), phenotypic correlation (above), residual correlation (below), standard deviation in parenthesis

Caractères	JEUNE AMATEUR	JEUNE CYCLE LIBRE	JEUNE PRO	ADULTE AMATEUR	ADULTE PRO
JEUNE AMATEUR	0,53 (0,01)	0,47 (0,01)	0,42 (0,01)	0,56 (0,00)	0,51 (0,01)
JEUNE CYCLE LIBRE	0,15 (0,01)	0,38 (0,01)	0,29 (0,01)	0,39 (0,01)	0,35 (0,02)
JEUNE PRO	0,04 (0,01)	-0,00 (0,02)	0,47 (0,01)	0,42 (0,01)	0,46 (0,01)
ADULTE AMATEUR	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,66 (0,00)	0,69 (0,00)
ADULTE PRO	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,28 (0,01)	0,74 (0,00)

5 Conclusion

Les corrélations génétiques entre les différents caractères de performances de compétition ne sont pas de 1 : les caractères sont différents mais....ces corrélations sont très élevées : aussi bien entre performances précoces et adultes qu'entre performances Amateur et Pro. En conséquence, la sélection sur un critère précoce permet d'améliorer la performance adulte, la sélection conjointe pour un cheval d'élite et un cheval de loisir sportif est tout à fait possible !

La distinction des scénarii de la prospective n'est pas justifiée d'un point de vue génétique pour la gestion des plans de sélection : les étalons producteurs de chevaux d'élite produisent aussi des chevaux de loisir sportif dont la demande est très importante, supérieure à la production des races françaises.

C'est donc une double bonne nouvelle :

- pour produire des chevaux d'élite, réduire la population à un noyau de 1 300 poulains nés chaque année rendrait inefficace un plan de sélection ; avec les résultats de cette étude, il est possible d'utiliser l'ensemble des chevaux sortis en compétition.
- pour produire des chevaux d'amateurs, supposer que la réussite à haut niveau monté par un pro était un caractère très différent de la réussite à petit niveau monté par un amateur rendrait très difficile l'utilisation des grands performeurs, avec les résultats de cette étude, cette crainte est infondée, les grands étalons peuvent être utilisés.

La performance d'un cheval « d'Amateur » est inférieure à celle d'un cheval « Pro » mais elle n'est pas de nature différente. Ce qui peut distinguer un cheval « d'Amateur » n'est pas dans la nature de sa performance mais peut être dans le tempérament : c'est ce que nous cherchons à mettre en évidence avec l'étude des Test de Tempérament Simplifiés (TTS), dont les premiers résultats sont présentés lors de cette journée de la recherche par M. Vidament.

Remerciements

Je remercie L. Lansade porteuse du projet ElitePourTous pour avoir permis cette recherche et M. Vidament pour sa collaboration. Je remercie l'IFCE pour le financement de ce travail.

Références

- Jez, C., Coudurier, B., Cressent, M. Méa, F., Perrier-Cornet, P. Rossier, E., 2012. La filière équine française à l'horizon 2030. Rapport du groupe de travail de la prospective équine, Inra, Ifce, 98p.
- Legarra, A, Varona, L, Lopez de Maturana, E, 2011. TM Threshold Model. Retrieved April 22, 2013, from <http://snp.toulouse.inra.fr/~alegarra>
- Ricard, A., Blouin, C., 2011. Genetic analysis of longevity in jumping competition on french sport horses. Journal of Animal Science, 89:2988–2994