



L'indice génétique en saut d'obstacles poneys : le BPO

Harmony Crichan¹, Laurie Arriailh¹, Margot Sabbagh¹, Anne Ricard^{1,2}

¹ Institut Français du Cheval et de l'Équitation, Pôle développement, Innovation et Recherche, La jumenterie, 61310 Exmes, France

² Institut National de la Recherche Agronomique, Génétique Animale et Biologie Intégrative, 78350 Jouy en Josas, France

harmony.crichan@ifce.fr



© A. Fontanelle, ANPFS

Ce qu'il faut retenir

Les indices génétiques poney (BPO) sont désormais en ligne et consultables via le site www.infochevaux.ifce.com, ils ont été calculés pour les poneys B, C et D ainsi que pour les équidés qui figurent dans leurs généalogies (chevaux et poneys). Ces indices sont basés sur les résultats de compétition du poney et de ses apparentés (parents, produits, collatéraux...). La performance est corrigée pour l'influence de la taille : un poney B peut avoir un indice aussi bon qu'un poney D même s'il saute moins haut.

Dans la population de référence représentée par les poneys âgés de 5 à 7 ans lors de l'indexation, la moyenne des BPO est 0 et les 2% meilleurs ont un indice supérieur à +20.

L'indice génétique doit être considéré conjointement au coefficient de détermination (CD) qui l'accompagne. Le CD varie de 0 à 1 et dénote de la précision de l'indice génétique du poney.

Résumé

L'objectif était de fournir des indices génétiques poney comme il en existe chez les chevaux. Le fichier de donnée comporte les 73 917 poneys performeurs de 1996 à 2018 ayant réalisés 301 453 performances annuelles. Ces poneys sont issus de 150 637 équidés. Deux critères de mesure de la performance sont utilisés : une somme de point annuel et les classements dans chaque épreuve. Chaque âge (de 4 à 20 ans) est considéré comme un caractère différent. Le modèle d'analyse inclut la taille, le sexe, l'année de performance, la valeur génétique du poney. Un modèle Structured Ante dependence par critère a été utilisé. Les paramètres génétiques estimés montrent une corrélation génétique entre âge très élevée (de 0,85 à 0,99). L'héritabilité est en moyenne de 0.25. Les corrélations phénotypiques dépendent de l'écart en temps entre les années considérées (0.65 maximum pour deux âges consécutifs, 0.45 maximum pour deux ans d'écart, etc.). Les valeurs génétiques sont présentées sous forme condensée : moyenne des caractères et moyenne des âges.

La population de référence choisie regroupe 6 032 poneys âgés de 5 à 7 ans lors de l'indexation, soit en 2018 les poneys nés entre 2011 et 2013. La standardisation des indices se base sur cette population : la moyenne des indices de la population de référence est fixée à 0 et les 2% meilleurs à +20.

1 Contexte et objectifs

L'objectif est de mettre en place un indice génétique en compétition de saut d'obstacle (CSO) pour les poneys de sport (BPO) comme il en existe un pour les chevaux (BSO).

Aujourd'hui, l'indice proposé pour les poneys est uniquement un indice de performance (IPO). Il tient compte exclusivement des données de performances propres au poney : ses résultats en compétition.

Chez les chevaux, un indice génétique est proposé depuis plusieurs années. Il vise à prédire les performances des produits d'un étalon ou d'une poulinière. Pour cela, il tient compte des performances propres du cheval mais aussi des performances des chevaux qui lui sont apparentés.

Cet indice permettra aux éleveurs de pouvoir orienter et établir leurs plans d'accouplements, il leur permettra aussi de pouvoir sélectionner plus précocement les poneys destinés aux CSO.

2 Matériel et Méthode

2.1 Données

Les indices génétiques poneys ne concernent pour l'instant que les catégories B C et D. La période de compétition couverte court de 1996 à 2018. Les données de compétition sont transmises par la Fédération Equestre d'Equitation et sont les mêmes que celles utilisées pour calculer les IPO.

Les données sont issues des résultats obtenus dans les épreuves suivantes :

- Les épreuves fédérales réservées aux poneys à une catégorie de poneys B, C, D ou E et les épreuves ouvertes aux poneys B, C, et D. Ces épreuves ont pu prendre différentes appellations au cours du temps : club poney, ponam, poney. Actuellement il s'agit des épreuves de la division poney ;
- Les épreuves SHF Jeunes Poneys, hors classement des championnats ;
- Les épreuves internationales enregistrées par la FFE ;
- Pour les poneys ayant participé au moins à l'une de ces épreuves, les performances réalisées en épreuves chevaux (FFE). Les points obtenus en épreuves chevaux sont pondérés pour s'adapter à l'échelle poney.

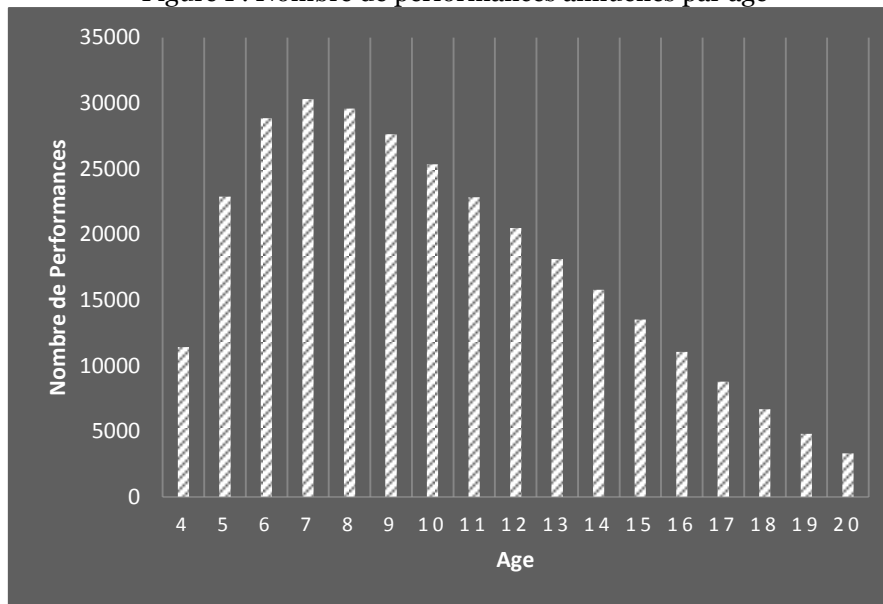
Les épreuves Club ouvertes à tous chevaux et poneys (quelle que soit la taille) ne sont pas prises en compte.

A partir des résultats en compétition, la performance est mesurée par deux critères (Sabbagh et al., 2015) :

- Un critère basé sur le cumul des points obtenus au cours d'une année de performance. A chaque sortie, des points sont attribués en fonction de la place et de la difficulté technique de l'épreuve. Le critère est la somme des points de toutes les épreuves courues dans l'année. Ce critère a tendance à privilégier les poneys qui sortent souvent avec éventuellement des performances variables;
- Un critère basé sur la répétition des classements dans les épreuves mentionnées ci-dessus. Avec ce critère, la difficulté de l'épreuve ne dépend que du plateau rencontré. Le niveau de la concurrence est fonction des classements des partants dans les autres épreuves. Il permet de valoriser la régularité des poneys.

Le fichier comprend 301 453 performances annuelles réalisées par 73 917 poneys (4.1 années de performance par poney en moyenne). Les poneys sont peu nombreux à 4 ans et après 16 ans, la majorité des performances sont le fait de poneys âgés de 5 à 11 ans (Figure I).

Figure I : Nombre de performances annuelles par âge



Les données généalogiques permettant de relier les chevaux apparentés entre eux sont extraites sur 4 générations minimum, quelle que soit la race et la taille des équidés impliqués. Ces généalogies sont fournies par le SIRE. L'ensemble des poneys performeurs et de leurs ascendants représente 150 637 équidés. A l'issue de tous les calculs, les BPO de 2 427 259 équidés ont été calculés soit directement soit par lien d'ascendance ou de descendance.

2.2 Modèle

Chaque âge, de 4 à 20 ans, est considéré comme un caractère différent, soit 17 caractères. Pour chaque âge, les deux critères sont utilisés : les points cumulés sur l'année et la synthèse des classements. Il y a donc 17×2 soit 34 caractères analysés. La modélisation de chaque caractère inclut des effets fixes :

- L'année ;
- Le sexe ;
- Des covariables :
 - L'âge ;
 - La taille ;
 - La Taille².

Et la valeur génétique qui est considérée comme effet aléatoire.

La matrice de variance-covariance entre valeurs génétiques des différents équidés est structurée par la matrice de parenté (les valeurs génétiques des équidés sont reliées par leur degré d'apparentement). La matrice de variance-covariance génétique entre âge et la matrice de variance-covariance résiduelle entre âge ont chacune été paramétrées avec un modèle SAD (Structured Ante Dependence) pour réduire le nombre de composantes à estimer. En effet, sans modélisation des covariances entre âge, il aurait fallu estimer 153 paramètres pour les points ($17 \times 18 / 2$) et 153 paramètres pour les classements en les traitant indépendamment. En modélisant la relation entre âge par ce modèle, nous pouvons réduire notablement le nombre de paramètres à estimer. Ainsi, la valeur génétique d'un âge donné est reliée à la valeur des âges précédents par des polynômes de degré variable et par une résiduelle dont la variance dépend elle aussi du temps par un polynôme de degré variable. Le nombre de paramètres à estimer dépend alors du nombre de temps utilisés pour relier les âges successifs entre eux et du degré des polynômes utilisés. Le choix du modèle correct est fait par maximum de vraisemblance.

Le logiciel Sadmulti, réalisé par I. David et faisant appel à ASREML a été utilisé (David et al., 2015) pour estimer ces différents paramètres séparément pour les points et les classements. Compte tenu de la complexité des calculs, l'estimation des paramètres a été faite avec un nombre d'années de performance réduit (10 au lieu des 17 années de performances) et sur un échantillon de 16 838 poneys ayant effectué 73 697 années de performances.

Une fois les paramètres génétiques estimés, le logiciel Genedit est utilisé pour le calcul des valeurs génétiques des poneys (Ducrocq V., 1998) sur l'ensemble de la population des performeurs et de leurs ancêtres. Enfin,

les produits et de tous ces chevaux, quand ils ne font pas partis de la population des 150 637 ancêtres ou performeuse, se voient calculer un indice génétique par ascendance. Les formules suivantes ont été utilisées :

$$BPO_{poulain} = \frac{BPO_{mère} + BPO_{père}}{2} \quad [1]$$

$$CD_{poulain} = \frac{CD_{mère} + CD_{père}}{4} \quad [2]$$

Chaque équidé a donc 34 évaluations génétiques, une pour chaque âge et chaque critère (points et classements). L'indice génétique publié est une synthèse de ces indices. Un premier regroupement consiste à pondérer à part égale les deux critères : points et classement. Puis deux synthèses sont proposées : la première est une moyenne équilibrée des différents âges et la seconde est le contraste entre les performances avant 10 ans et après. Cette dernière est exprimée via trois termes : « équilibré » pour un équidé qui produira des poneys aussi bons à tous les âges, « précoce » pour un poney qui produira une descendance meilleure entre 4 et 10 ans, et « tardif » pour celui qui produira une descendance meilleure après 10 ans. Pour des raisons techniques, seule la synthèse générale est diffusée pour le moment et constitue le BPO.

Les indices génétiques sont présentés relativement à une population de référence. La population de référence est la population candidate à la sélection pour l'année d'indexation. Les animaux qui la constituent sont donc les poneys performeurs âgés de 5 à 7 ans l'année de l'indexation. Pour 2018, il s'agit de 6 032 poneys performeurs nés entre 2011 et 2013. Les valeurs de standardisation de la population de référence sont choisies pour aider à la sélection. En sport équestre, un taux de sélection sur la voie mâle de 2% et de 50% sur la voie femelle suffit à maintenir une taille de population constante tout en assurant un progrès génétique dans le respect de la diversité. La moyenne des indices de la population de référence a été fixée à 0 et le quantile des 2% (2% meilleurs) à +20.

L'indice génétique est présenté avec un coefficient de détermination (CD) qui mesure le degré de confiance à accorder à l'indice.

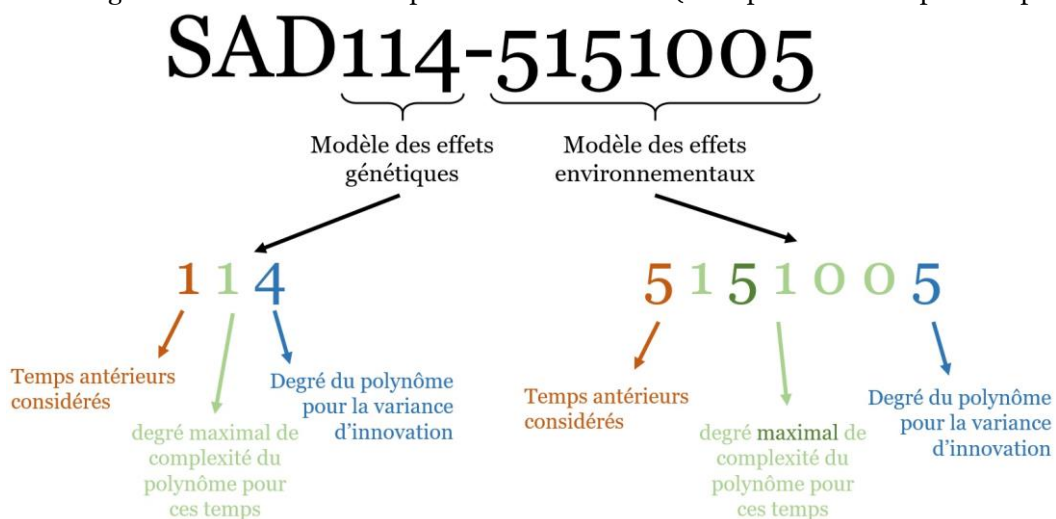
Les différences de performances dues à la taille ont été gommées. En effet, un poney B est jugé sur sa capacité à produire de bons produits dans sa catégorie de taille, il peut donc avoir un indice génétique aussi bon qu'un poney D, même si ses produits sautent moins haut.

3 Résultats

3.1 Choix du meilleur modèle

Après comparaison des vraisemblances, le meilleur modèle pour les points est le SAD114-5151005, et le meilleur modèle pour les classements est le SAD101-400102. Le système de notation est expliqué figure II.

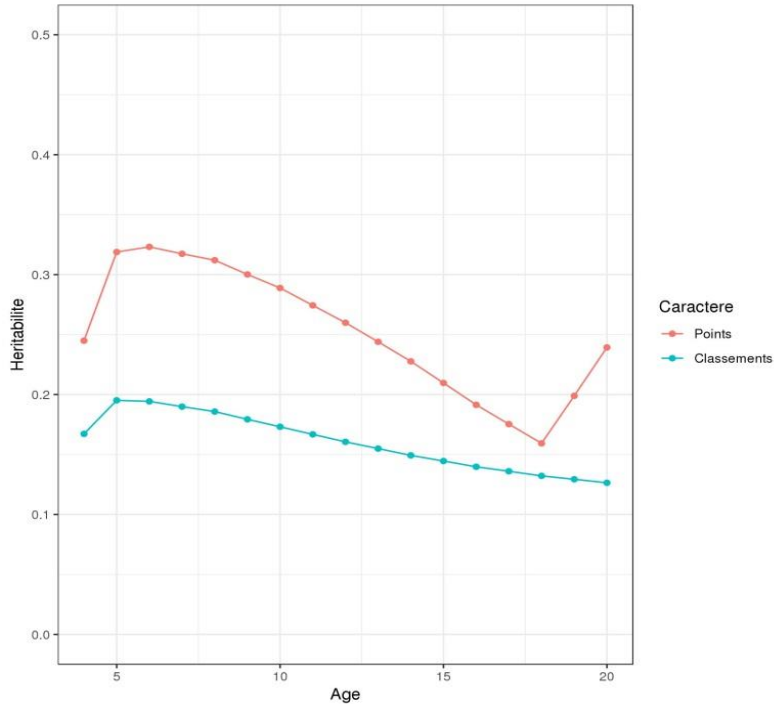
Figure II : Signification de la notation pour les modèles SAD (exemple du modèle pour les points)



3.2 Estimation des paramètres génétiques

L'héritabilité pour les points et pour les classements est présentée figure III. Pour les deux caractères elle est plus faible à 4 ans, puis augmente fortement à 5 ans pour atteindre 0,32 pour les points et 0,20 pour les classements et diminue régulièrement ensuite jusqu'à 18 ans (0,16 pour les points, 0,13 pour les classements). Les fortes héritabilités à 19 et 20 ans pour les points sont probablement des artefacts dus au faible nombre de données, nous préconisons de supprimer ces âges pour l'indexation à venir. Ces héritabilités sont comparables à celles observées dans la compétition cheval, à l'exception de la plus faible héritabilité à 4 ans qui est l'âge avec l'héritabilité la plus élevée pour les chevaux. Les héritabilités pour le critère points sont meilleures que les héritabilités pour le critère classements.

Figure III : Héritabilité de l'aptitude au saut d'obstacle en fonction de l'âge



Comme le montre la figure IV, les corrélations génétiques sont toujours nettement supérieures aux corrélations phénotypiques. En effet, même si c'est toujours une aptitude proche qui s'exprime quel que soit l'âge, les aléas de la carrière expliquent les variations de performance entre années.

Les corrélations génétiques demeurent élevées tout au long de la carrière de l'animal avec des nuances :

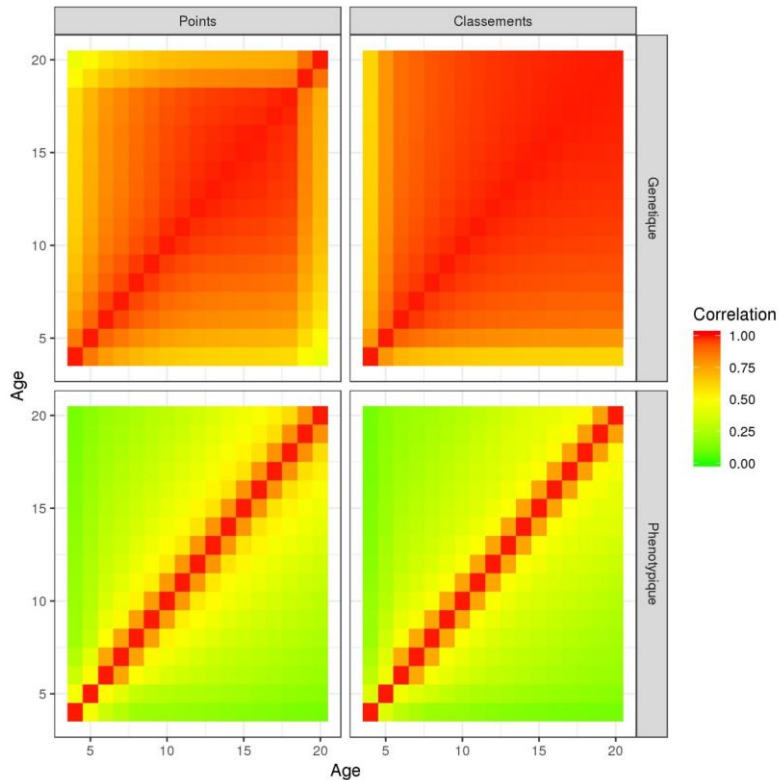
- Au-delà de 8 ans les corrélations entre âges sont supérieures à 0,80, et même 0,90 pour des âges distants de moins de 4 ans ;
- L'année des 4 ans demeure un caractère spécifique, avec une corrélation génétique de 0.60 avec les performances réalisées à l'âge adulte ;
- Les années de 5 à 7 ans constituant des cas intermédiaires.

D'un point de vue phénotypique, on peut observer que :

- D'une année à l'autre les corrélations sont moyennes à hautes pour les âges au-delà de 7 ans ;
- Après 7 ans, quand l'écart entre âges augmente, les corrélations sont faibles ;
- Dans les premiers âges les corrélations sont faibles à moyennes d'une année à l'autre.

On peut dire que de manière générale, d'une année à l'autre les corrélations phénotypiques sont relativement élevées mais décroissent rapidement quand l'écart entre âges augmente.

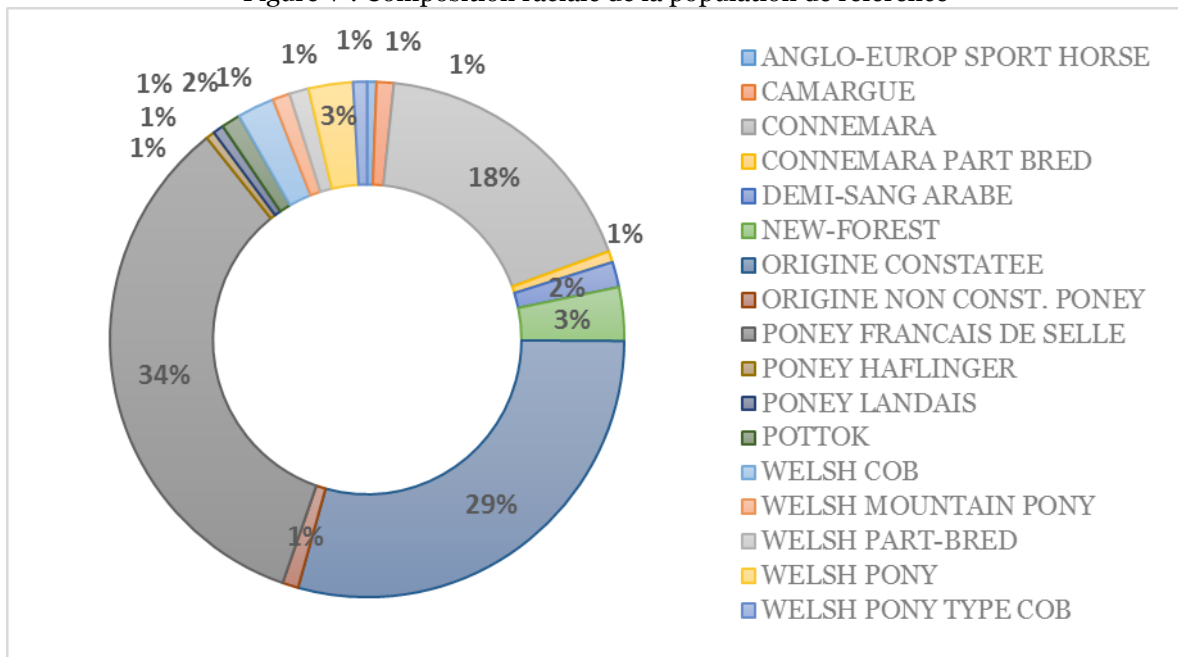
Figure IV : Corrélations génétiques et phénotypiques pour les performances points et classements



3.3 La population de référence

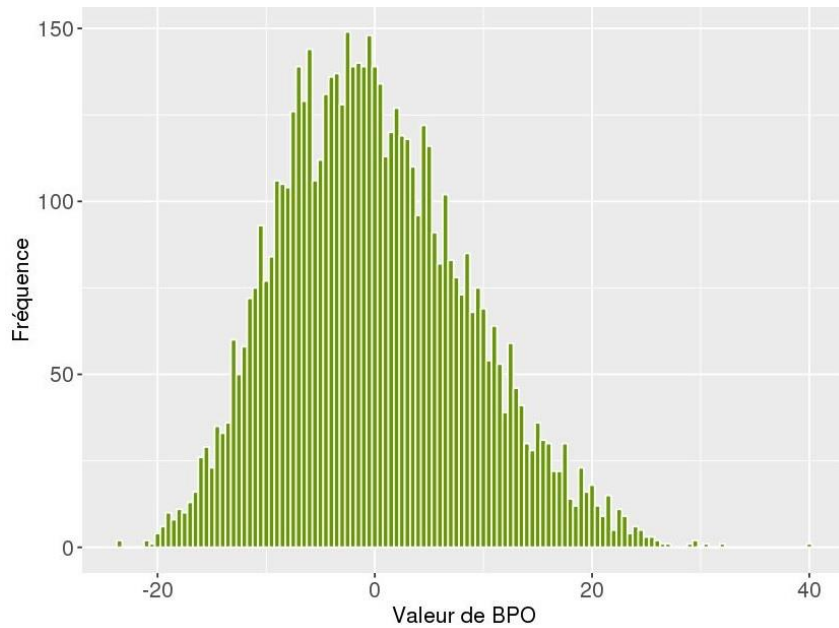
La population de référence concerne, comme expliqué précédemment, les poneys de 5 à 7 ans. Cette population est majoritairement composée de poneys de races Poney Français de Selle (PFS), Origine Constatée (OC) et de Connemara (Figure V).

Figure V : Composition raciale de la population de référence



Dans la méthode, la moyenne des indices génétiques de la population de référence avait été fixée à 0 et les 2% meilleurs à +20 ou plus. Nous pouvons vérifier cela avec la répartition des indices dans la population de référence (Figure VI).

Figure VI : Distribution des BPO dans la population de référence



3.4 Reproducteurs en activité

Les étalons en activité en 2018, performeurs ou parents de performeurs sont au nombre de 1 144. Ils ont en moyenne un indice de 0,7 avec un écart-type de 11,1 et des extrêmes allant de -23 à 38 pour des CD d'en moyenne 0,44 (maximum 0,98).

Les poulinières en activité en 2018, performeuses ou mères de performeurs sont au nombre de 2 559. Elles ont en moyenne un indice de -1,24 avec un écart-type de 8,84 et des extrêmes allant de -23 à 32 pour des CD d'en moyenne 0,44 (maximum 0,80).

Afin d'avoir un aperçu de la composition raciale des meilleurs reproducteurs, un tri sur les étalons performeurs ou parents de performeurs ayant un BPO d'au moins +20 et un second tri sur les mêmes caractéristiques au niveau des poulinière a été effectué. Ces compositions raciales sont présentées dans la figure VII.

Figure VII : Compositions raciales des reproducteurs ayant un BPO \geq +20

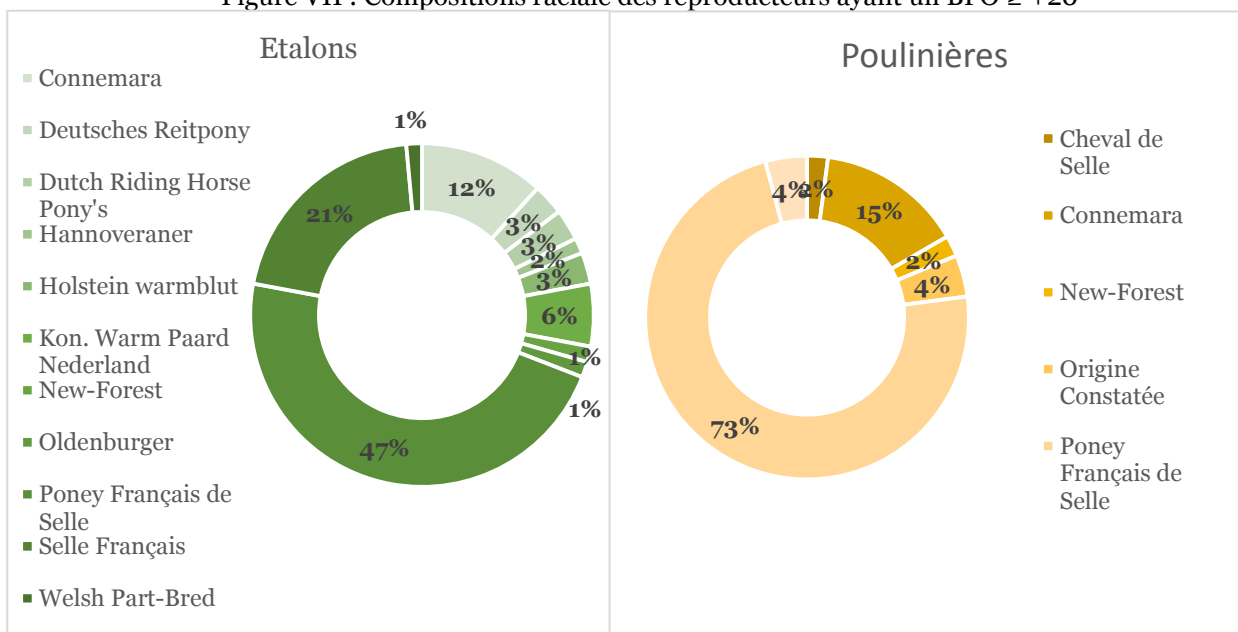
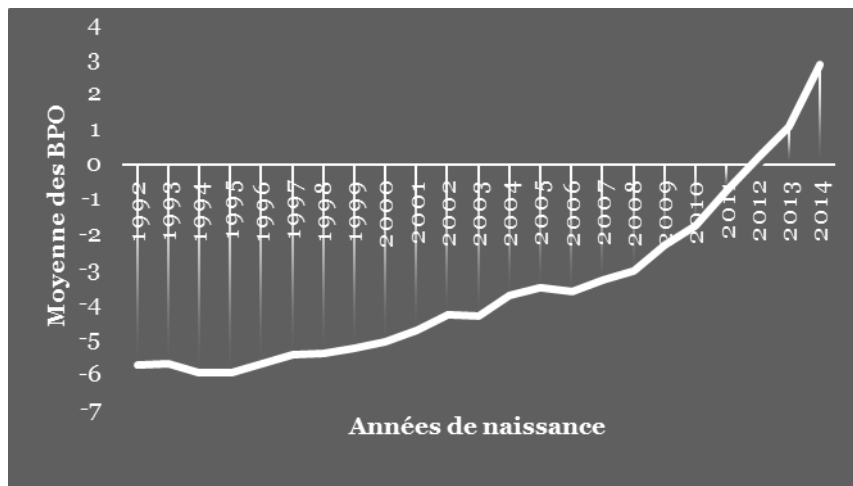


Figure VIII : Progrès génétique de la population des animaux ayant des performances en compétition poney



3.5 Progrès génétique

Grâce à la sélection effectuée jusqu'ici, les BPO sont en constante augmentation dans la population des performeurs ayant au moins une année de performance ou plus, cette tendance semble s'accélérer ces dernières années (Figure VIII).

4 Applications pratiques

Les indices génétiques permettent de caractériser la capacité d'un reproducteur à transmettre des aptitudes, ici en CSO. Les éleveurs peuvent donc utiliser les valeurs des BPO en tant qu'outils pour raisonner leurs accouplements.

A partir des BPO et CD des parents, il est possible de calculer le BPO et le CD d'un futur poulain, voir formules [1] et [2].

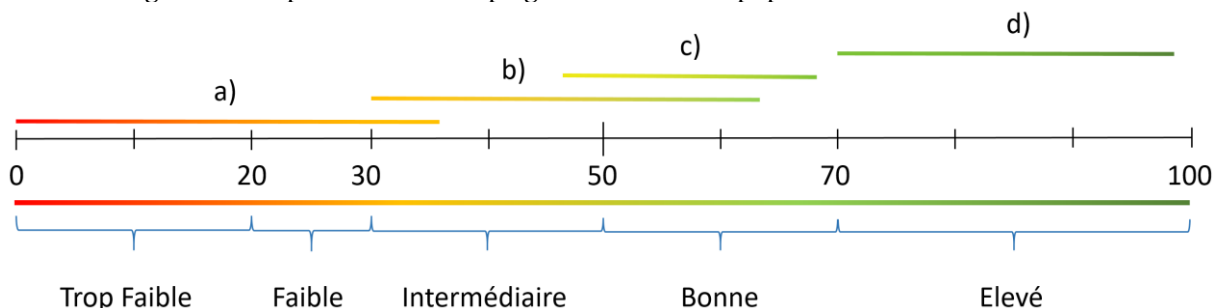
Il faut garder en tête que le BPO se lit conjointement avec le CD qui apporte une information sur la précision du premier. Plus le CD est élevé, plus la probabilité que la valeur du BPO soit proche de la valeur génétique réelle est proche de 1. La quantité de données disponibles pour l'évaluation du poney va influencer la valeur du CD. Si un poney a à la fois des performances propres, des performances pour ses ascendants, descendants et collatéraux, son CD sera élevé.

En pratique (Figure IX), l'intervalle de variation du CD est :

- a) 0,04 à 0,36 si seuls les ascendants sont connus (moyenne 0,18) ;
- b) 0,31 à 0,63 si les ascendants et les performances sont connus (moyenne 0,46) ;
- c) 0,42 à 0,66 si les ascendants, les performances et quelques (<10) descendants sont connus (moyenne 0,56) ;
- d) supérieur à 0,70 si les ascendants, les performances et beaucoup de descendants sont connus. Le CD peut alors s'approcher de 1 qui est le maximum (en moyenne 0,82).

Même si l'indice génétique a pour vocation la prédiction de la valeur de la descendance, c'est aussi bien un prédicteur précoce de la performance propre. Chez les poneys, on pourra donc aussi l'utiliser pour afin de choisir plus précocement les performeurs.

Figure IX : Représentation des plages de CD dans la population et leur valeur informative



5 Perspectives

L'indice génétique BPO est un nouvel outil mis à la disposition des éleveurs de poney de sport. Il est largement diffusé via le site internet de l'IFCE (<https://infochevaux.ifce.fr>). Des améliorations sont déjà envisagées. Seuls les résultats internationaux des poneys courant sous couleur française sont utilisés. Les résultats des poneys nés en France mais courant sous couleurs étrangères pourraient être rajoutés, comme c'est le cas pour les chevaux. Mais cela nécessite le transfert de ces données via la FEI ou un recueil manuel via les associations d'éleveurs, comme le fait le SBSF pour les chevaux. Enfin, la taille étant un facteur important de la réussite en compétition, toutes améliorations de sa mesure et des procédures d'enregistrement au SIRE consolideront l'indice génétique.



Références

Sabbagh M, Bouin C, Blanc G, Ricard A. 2015. Indices poneys : quels changements pour la discipline du CSO ? *41^{ème} journées de la Recherche Equine*. Paris, France. p.61-69

David I, Ruesche I, Drouilhet L, Garreau H, Gilbert H. 2015. Genetic modelling of feed intake in rabbit. *J. Anim. Sci.* 965-977. doi: 10.2527/jas2014-8507

Programme Fortran Sadmulti réalisé par I. David : DOI: 10.5281/zenodo.192036

Ducrocq V et Sölkner J. 1998. Implementation of a routine breeding value evaluation for longevity of dairy cows survival analysis techniques. *Proc. 6th World Congress on Genetic Applied to Livestock Production*. Vol 23. P.359-362. Armidale, Australia