



CHEVAUX DE SPORT : LES INDICES DEVIENNENT GÉNOMIQUES !

Armelle Govignon – Ingénieure R&D Génétique Équine
Web Conférence du 14 décembre 2023

Sommaire

1. Les indices chez les Chevaux de Sport

- Indices performances
- Indices génétiques
- Le CD : mesure de précision

2. Utilisation des informations génomiques dans l'évaluation

- Concepts de base
- Des informations génomiques... au Single Step !
- Intégration dans l'évaluation
- Principe de l'évaluation génomique

3. Exemples : les BSO 2023

- Comparaisons BSO
- Les performeurs
- Les étalons
- Le projet Génomique Filière



1. Les indices chez les Chevaux de Sport

Les indices chez les Chevaux de Sport

Saison de concours : début octobre année N-1 à fin septembre année N

2 types d'indices – 3 disciplines

* Effectifs 2023	CSO	Dressage	Complet
Indices Performance et CP Depuis 1972	ISO * 58 000 chevaux 680 000 perf	IDR * 6 500 chevaux 37 800 perf	ICC * 5 450 chevaux 21 600 perf
Indices génétiques et CD Depuis 1986	BSO * 347 000 chevaux avec perf	BDR * 60 000 chevaux avec perf	BCC * 55 000 chevaux avec perf



Calcul une fois par an en novembre
Diffusion début décembre



*B => BLUP : méthodologie
utilisée pour le calcul*

Indices performances et Indices génétiques

L'indice performance est **le reflet de la saison de concours d'un cheval**



Critère point

Critère classement

- Différents niveaux d'épreuve
- Corrections âge et sexe
- Combinaison des 2 critères



Indice Performance et
Coefficient de Précision (CP)

Pas de prise en compte des liens de parenté entre chevaux.
Pas d'indice si pas de sortie en concours dans la saison évaluée.

Indices performances et Indices génétiques

L'indice génétique reflète le **potentiel génétique d'un cheval**, estimé sur toutes les saisons sportives (bonnes ou mauvaises).

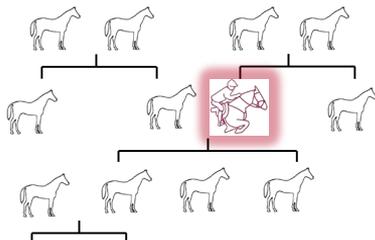
= part de la performance **transmissible** à la descendance



= toutes les performances propres du cheval



performances des
ascendants,
descendants et
collatéraux



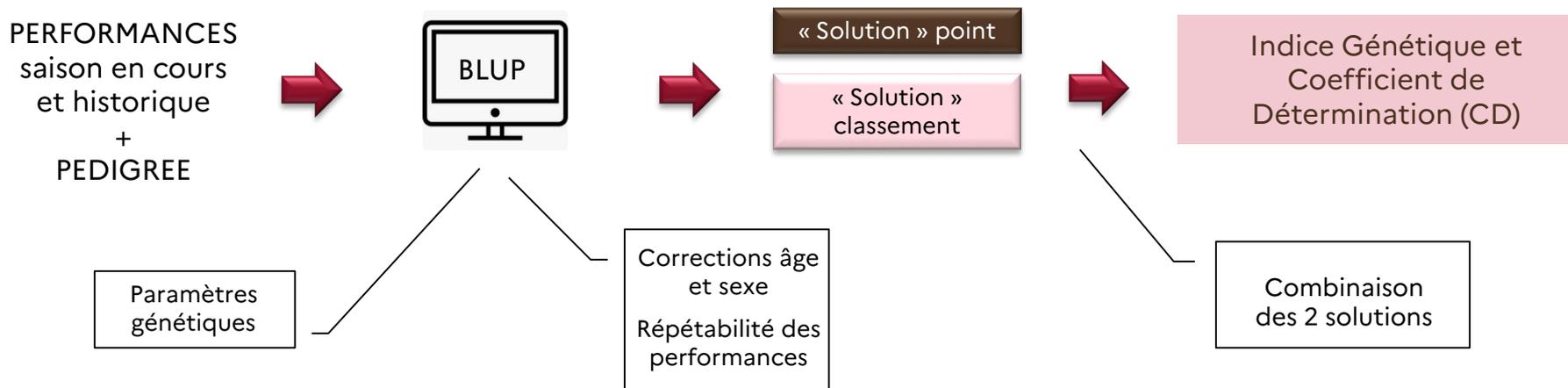
Connaissance impérative
des liens de parenté
entre tous les équidés
= PEDIGREE

Un cheval sans aucune performance propre peut avoir un indice génétique calculé.

Indices performances et Indices génétiques

L'indice génétique reflète le **potentiel génétique d'un cheval**, estimé sur toutes les saisons sportives (bonnes ou mauvaises).

= part de la performance **transmissible** à la descendance





BSO=23

Le CD – Mesure de précision

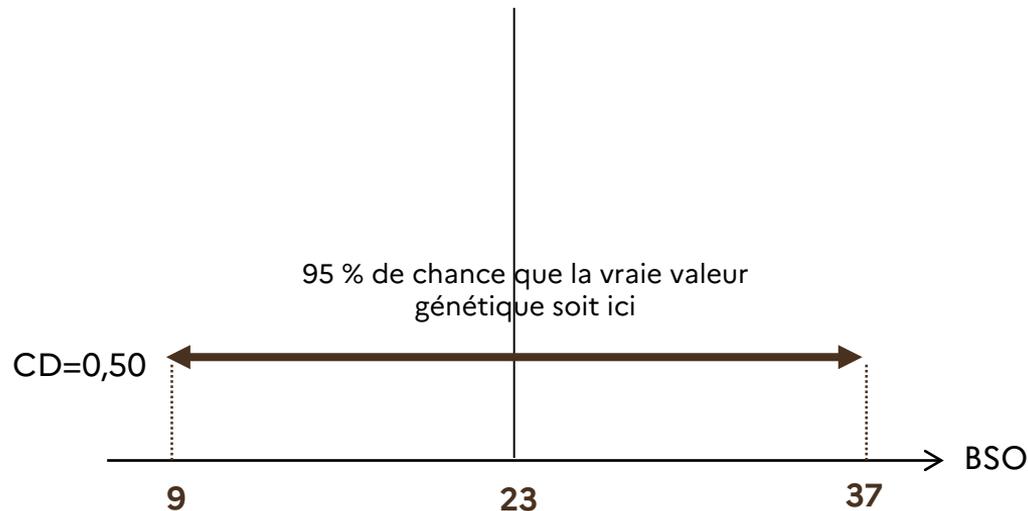
CD = Coefficient de Détermination

Accompagne un indice **génétique**,
renseigne sur la **précision** de son
estimation.

Valeur comprise entre 0 et 1.

CD=1 => estimation très précise.

L'**intervalle de confiance** autour de
l'indice est d'autant + petit que le CD
est proche de 1.





BSO=23

Le CD – Mesure de précision

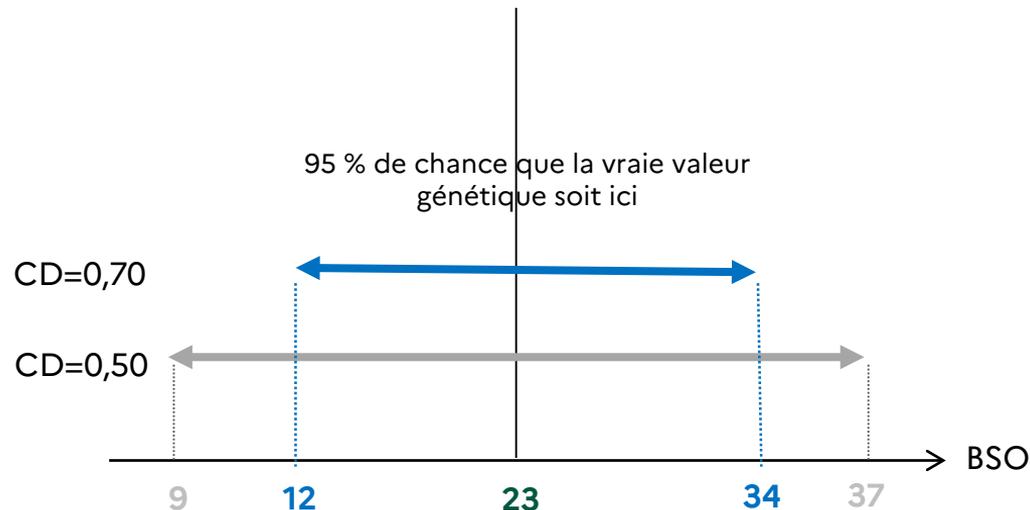
CD = Coefficient de Détermination

Accompagne un indice **génétique**,
renseigne sur la **précision** de son
estimation.

Valeur comprise entre 0 et 1.

CD=1 => estimation très précise.

L'**intervalle de confiance** autour de
l'indice est d'autant + petit que le CD
est proche de 1.





BSO=23

Le CD – Mesure de précision

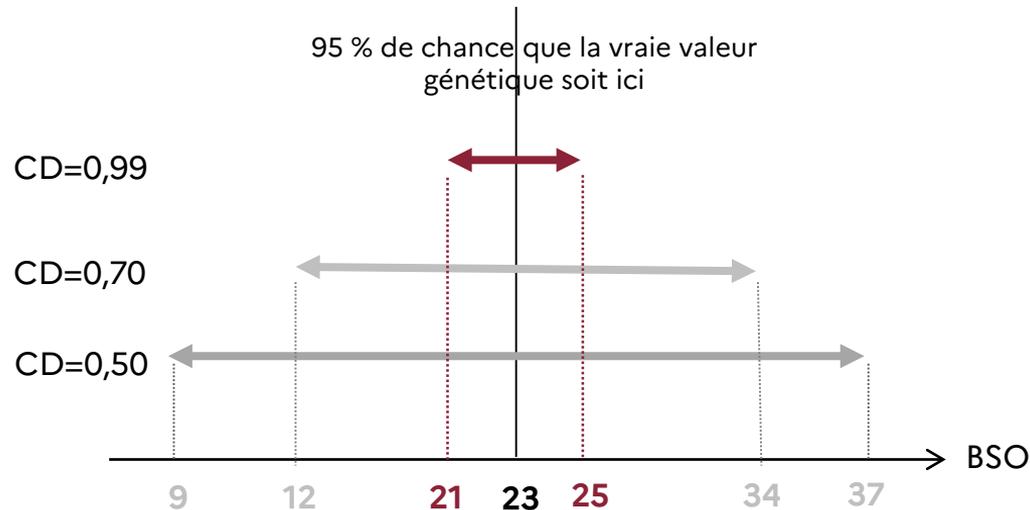
CD = Coefficient de Détermination

Accompagne un indice **génétique**,
renseigne sur la **précision** de son
estimation.

Valeur comprise entre 0 et 1.

CD=1 => estimation très précise.

L'**intervalle de confiance** autour de
l'indice est d'autant + petit que le CD
est proche de 1.

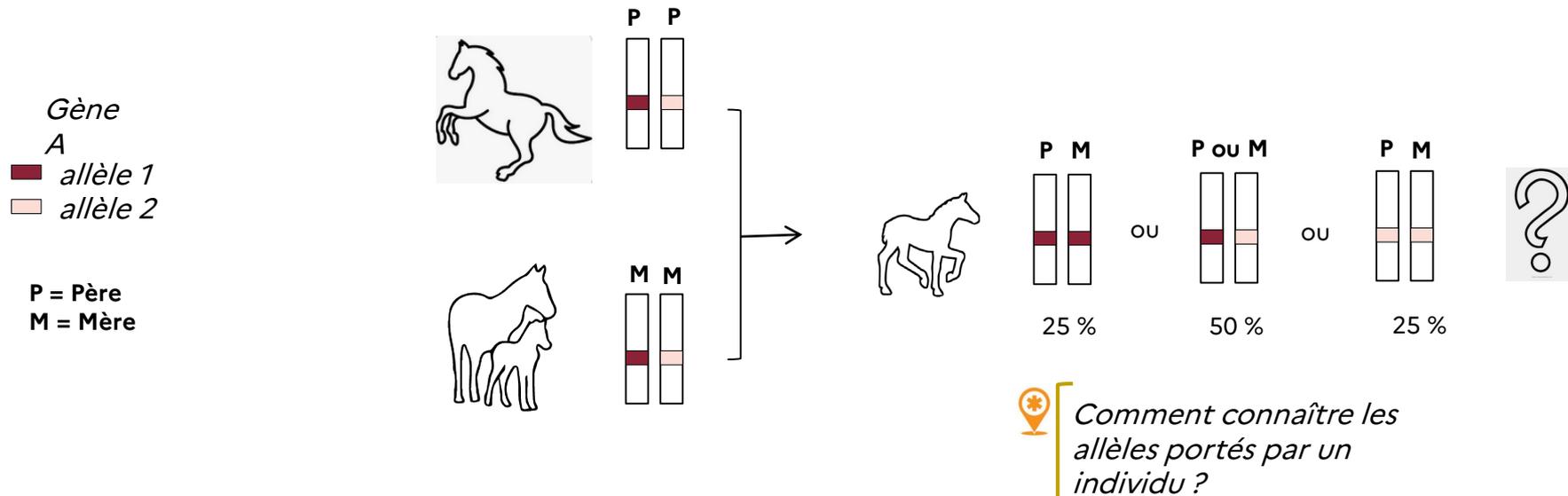


Lié au caractère évalué et à la quantité d'informations prise en compte

2. Utilisation des informations génomiques dans l'évaluation

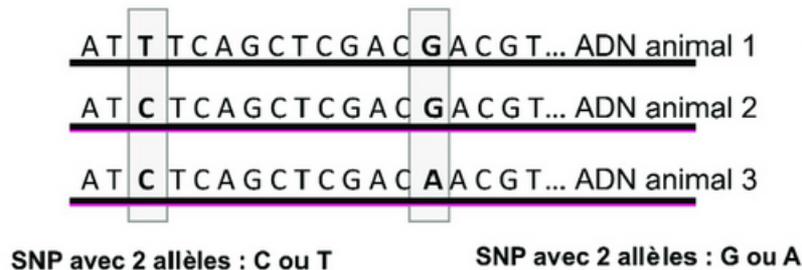
Concepts de base

- ▶ Chaque reproducteur transmet **la moitié** de son matériel génétique



Concepts de base

- ▶ Chaque reproducteur transmet la **moitié** de son matériel génétique
- ▶ **SNP (Single Nucleotid Polymorphism)** : variation du génome **identifiée** qui ne concerne qu'une seule base de l'ADN. Le SNP a en général 2 allèles possibles.



 On connaît les positions exactes des SNP sur le génome => fonction de **marqueur** du génome

Concepts de base

- ▶ Chaque reproducteur transmet **la moitié** de son matériel génétique
- ▶ **SNP (Single Nucleotid Polymorphisme)** : variation du génome **identifiée** qui ne concerne qu'une seule base de l'ADN. Le SNP a en général 2 allèles possibles.
- ▶ Lecture génome grâce à une **puce SNP (≠ puce identification !)**
Génotyper un cheval : obtenir une information sur plusieurs milliers de SNP répartis sur tout le génome



Comment
connaître les
allèles portés par
un individu ?



Génotype/typage du
cheval

```
Sample Name,SNP Name,Allele1,Allele2  
Cheval1,SNP_1,C,C  
Cheval1,SNP_2,G,G  
Cheval1,SNP_3,A,A  
Cheval1,SNP_4,G,G  
Cheval1,SNP_5,A,A  
Cheval1,SNP_6,A,A  
Cheval1,SNP_7,T,T  
Cheval1,SNP_8,T,T  
Cheval1,SNP_9,A,A  
Cheval1,SNP_10,A,A  
Cheval1,SNP_11,A,G  
Cheval1,SNP_12,T,G  
Cheval1,SNP_13,A,G  
Cheval1,SNP_14,A,A
```

Des informations génomiques... au Single Step !

Génotype/typage
du cheval



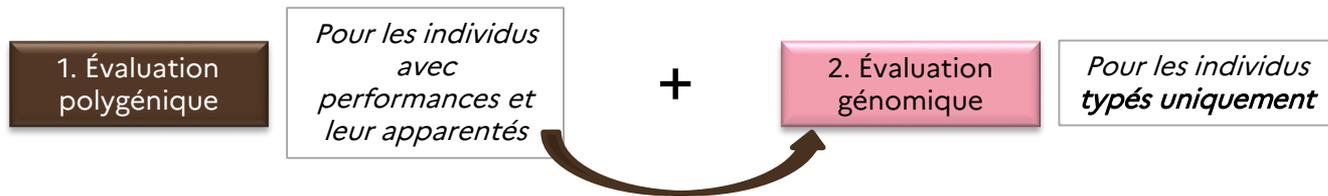
plusieurs utilisations possibles...
...dont l'intégration dans le calcul des indices **génétiques**

Plusieurs méthodes existent pour utiliser les informations génomiques dans une évaluation.

Choix : **le Single Step ou Évaluation « en 1 étape »**



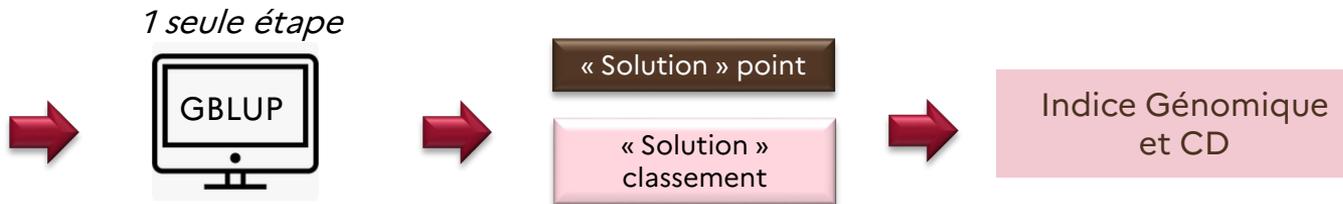
Dans les autres espèces, avant le Single Step : évaluation génomique en 2 étapes



Intégration dans l'évaluation

PERFORMANCES
de tous les
chevaux
+
PEDIGREE
+

**GENOTYPES
DISPONIBLES**



Principaux intérêts :

- **Valorisation de toutes les informations disponibles.**

- Meilleure précision des indices produits.

=> Intérêt particulier pour les jeunes poulains génotypés sans performance

- Applicable dans des populations où génotypage encore restreint.

Principes de l'évaluation génomique



$$\begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{X} & \mathbf{X}'\mathbf{Z} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{X} & \mathbf{Z}'\mathbf{Z} + \frac{\sigma_e^2}{\sigma_g^2}\mathbf{G}^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{y} \end{bmatrix}$$

Concepts
statistiques qui
modélisent la
performance



Matrice de
parenté
pedigree



Matrice de parenté
génomique : décrit la
proportion d'allèles
partagés par les individus



Permet de relier les
informations
génomiques aux
performances des
chevaux, qu'ils soient
typés ou non.

Les informations génomiques des chevaux typés se répercutent sur les chevaux non typés

3. Exemples : les BSO 2023

Comparaisons BSO – Saut d'obstacles



BSO 2023 : 350 000 chevaux avec performances, pedigree total de 630 000 chevaux, 3 658 chevaux typés (projets JUMPSNP, SOGEN)

BSO génomiques : issus de l'évaluation 2023, avec informations génomiques, **indices diffusés début décembre**

BSO sport : issus de l'ancienne méthode de calcul sur données 2023, sans information génomique, **non diffusés**

Exemples issus de populations ciblées :

- Les **performeurs** : chevaux avec au moins 1 sortie en concours sur la saison évaluée (2022-2023)
- Les **étalons** : chevaux avec performances et au moins 1 saillie enregistrée sur la saison évaluée

Comparaisons BSO – Les performeurs

57 921 chevaux

Typages	Effectifs	Moyenne BSO Génomiques	Écart-type BSO Génomiques	Moyenne BSO Sport	Écart-type BSO Sport	Corrélation
Non typés	56 846	0,52	12,06	0,07	12,58	0,9925
Typés	1 075	7,38	7,92	6,59	8,12	0,9341

Corrélation entre BSO Génomiques et BSO Sport : reflet du respect du classement des chevaux

Plus basse pour les chevaux typés => résultat attendu, impact de l'intégration de l'information génomique.

Comparaisons BSO – Les performeurs

57 921 chevaux

Typages	Effectifs	Moyenne BSO Génomique	Écart-type BSO Génomiques	Moyenne BSO Sport	Écart-type BSO Sport	Corrélation
Non typés	56 846	0,52	12,06	0,07	12,58	0,9925
Typés	1 075	7,38	7,92	6,59	8,12	0,9341

Moyennes des BSO Génomiques selon le typage ou non du cheval

En moyenne + 7 pts pour les BSO génomiques



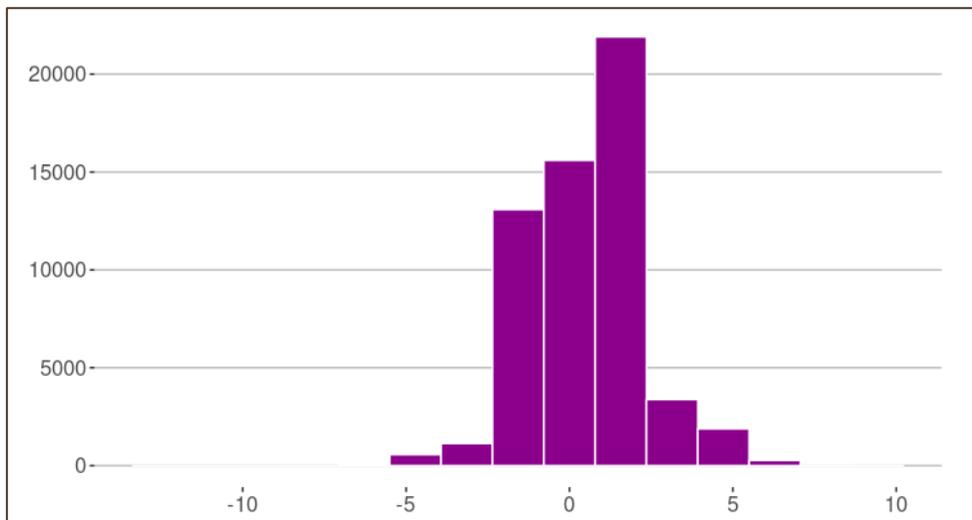
Attention à l'interprétation => les chevaux typés ici ne sont pas le reflet de la population totale (majoritairement étalons/chevaux dédiés et sélectionnés pour le saut d'obstacle).

Typier un cheval ne veut pas dire systématiquement augmenter la valeur de l'indice calculé !

Comparaisons BSO – Les performeurs

57 921 chevaux

Répartition des différences : (BSO Génomiques - BSO Sport)



Différences BSO en valeur absolue

0 à 2 pts 87,4 %

3 à 5 pts 12 %

6 pts et + 0,6 %

Impact des informations
génomiques sur les indices :

- pas de variations démesurées d'indices
- « Corrections » = indices + justes pour 12 % des chevaux

Comparaisons CD BSO

Performeurs non typés	56 846
Performeurs typés	1 075
Gain de CD chevaux typés - SPORT	+ 0.08
Gain de CD chevaux typés - GENOMIQUES	+ 0.13



Sans information génomique, on observe une différence des CD moyens entre les chevaux typés et non typés.

Différence supérieure avec intégration des génotypes.

(rappel : les CD varient de 0 à 1)



Quel impact sur les CD des très jeunes chevaux génotypés sans performance propres ?

=> Population qui n'est actuellement pas génotypée, mais...

... parmi les plus jeunes
génotypés sans performance
propre



Chevaux nés 2012 à 2014	88
Moyenne CD SPORT	0.36
Moyenne CD GENOMIQUES	0.53

Comparaisons BSO – Les étalons

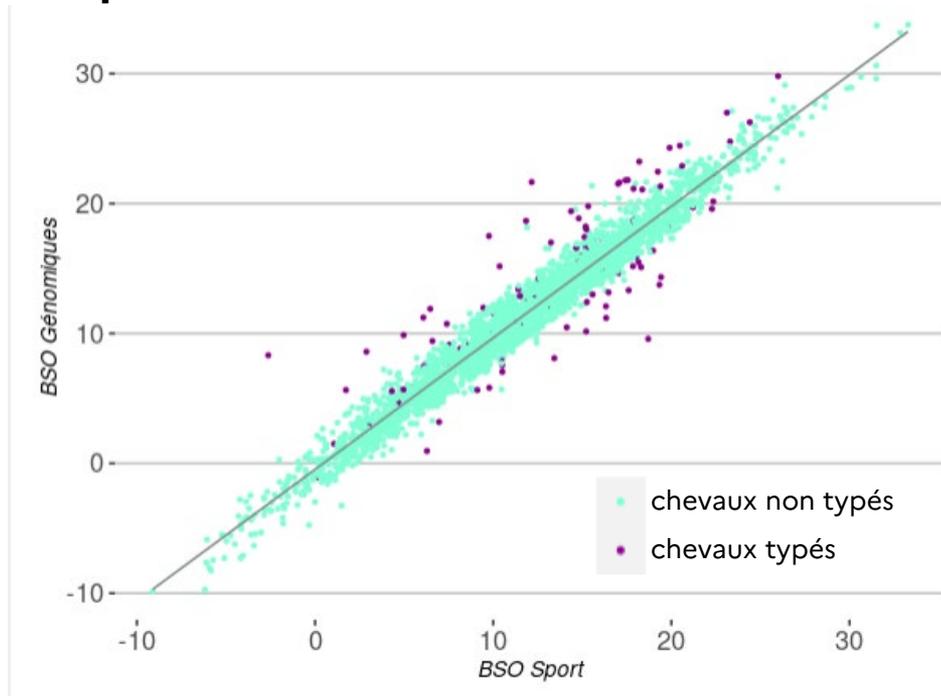
Étalons confirmés sur descendance : étalons de + de 6 ans avec performances, CD \geq 0,40 et au moins 10 descendants avec performances

Typages	Effectifs	Moyenne BSO Génomique	Écart-type BSO Génomiques	Moyenne BSO Sport	Écart-type BSO Sport	Corrélation
Non typés	231	3,01	14,06	2,33	14,54	0,995
Typés	130	8,33	8,10	7,41	8,94	0,987



Corrélations proches de 1 que les chevaux soient typés ou non => impact du typage moins marqué sur ces chevaux déjà bien connus.

Comparaisons BSO – Les descendants de Diamant de Sémilly



3 286 descendants de Diamant
de Sémilly – 114 typés

Corrélation entre BSO : 0,968

L'information génomique
permet de mieux discriminer les
chevaux sur le potentiel
génétique.

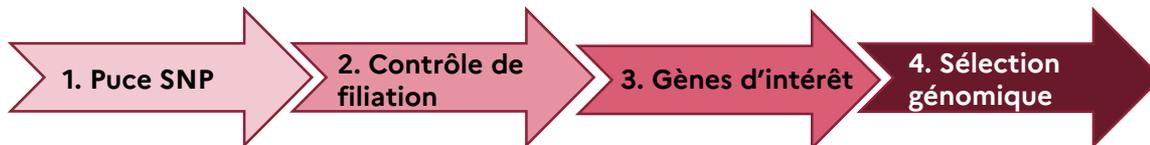
Le projet Génomique Filière



Projet collectif impliquant toute la filière équine.

S'appuie sur un **outil mutualisé** développé pour la génétique française : puce 60 000 SNP

Plusieurs applications pour les éleveurs :



Intérêts à terme pour les évaluations :

- Augmentation des effectifs de chevaux typés dans l'évaluation => rajeunir et entretenir la population de référence (chevaux avec performances ET typages).
- Intégration de la génomique dans d'autres évaluations ?
- Détection de zones du génome avec un effet significatif sur la performance

Les points à retenir

- Intégration de l'information génomique => des indices + justes et + précis, notamment pour les jeunes poulains génotypés sans performance.
- Génotyper son cheval ne veut pas forcément dire augmentation du BSO !
- Besoin aujourd'hui de rajeunir et enrichir notre population de référence (chevaux avec performances et génotypes).
- Dressage et complet : intégration des informations génomiques dans les indices prévue pour 2024.



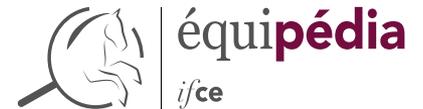
Pour en savoir plus...

- Équipedia / Webconférence / Élevage

La génomique dans la filière équine : <https://www.ifce.fr/ifce/connaissances/webconferences/elevage-et-entretien/la-genomique-dans-la-filiere-equine/>

Le projet génomique filière : <https://www.ifce.fr/ifce/connaissances/webconferences/elevage-et-entretien/projet-genomique-filiere-preparons-lavenir/>

- Fiches Équipédia - Bases de la génétique : <https://equipedia.ifce.fr/elevage-et-entretien/elevage/bases-de-genetique>
- Infochevaux : <https://infochevaux.ifce.fr/fr/info-chevaux>



www.equipedia.ifce.fr