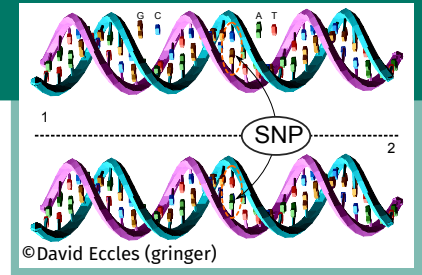


Génotypage SNP (Single Nucleotid Polymorphism) des équidés



Domaine thématique: Santé et bien-être des équidés.

Priorité: Quelles pratiques peuvent être mises en œuvre afin de promouvoir les mesures de biosécurité et de prévenir les maladies émergentes?

Besoin: Santé des chevaux reproducteurs: quelles sont les solutions pour améliorer la qualité des reproducteurs? (Utilisation de chevaux sains avec un bon tempérament uniquement; élimination des individus présentant des troubles génétiques et des maladies; une bonne condition physique est également requise).

Solution EU Number: HE-06.

Contenu de la solution: Génotypage SNP des équidés pour apporter une aide à la décision sur les croisements en matière d'élevage.

Contacts clés:

- IFCE: Bernard Dumont
Saint Priest - bernard.dumontsaintpriest@ifce.fr

Pourquoi mettre en œuvre cette solution?

Les marqueurs génétiques sont des différences identifiées entre chevaux dans la séquence de l'ADN. L'outil puce SNP (Single Nucleotid Polymorphism) permet de génotyper plusieurs milliers de marqueurs (de 10 000 à 670 000 pour les équidés) d'une partie de l'ADN pour un coût de l'ordre de 50 € (hors brevets). La puce utilisée en France contient autour de 60 000 marqueurs. Cette technologie augmente ainsi la possibilité de cerner des gènes d'intérêt (performances, caractères de robe, de santé mais également anomalies). Les SNP peuvent également enrichir les évaluations génétiques et permettre la prédiction de la valeur génétique de l'équidé.

Description de la solution

Le génotypage SNP (Single Nucleotid Polymorphism) est une technique moderne de génétique moléculaire permettant une caractérisation très détaillée et fiable du génome équin. Elle permet d'identifier les variations génétiques en des milliers, voire des centaines de milliers de points spécifiques des chromosomes, aidant les éleveurs et chercheurs à comprendre le profil génétique individuel avec un niveau de précision sans précédent. Autrefois réservé à la recherche, le génotypage SNP devient de plus en plus accessible et est désormais utilisé couramment dans les programmes d'élevage équin de plusieurs pays, notamment pour réaliser la vérification de filiation. En Allemagne, son utilisation est généralisée depuis 2021. En France, cela devrait être le cas dans les deux prochaines années.

Utilisation du génotypage SNP dans l'élevage équin

Le génotypage SNP aide les éleveurs à prendre des décisions fondées sur des informations objectives au niveau de l'ADN. Il permet l'identification des reproducteurs porteurs de maladies héréditaires, la détection de certains gènes à forte valeur (performance, caractéristiques physiques, etc.) et un meilleur suivi de la diversité génétique des populations reproductrices. Les données génomiques assurent la vérification de la parenté, l'identification individuelle et l'estimation précoce du potentiel génétique avec une bonne précision, avant même l'obtention



Génotypage SNP (Single Nucleotid Polymorphism) des équidés

de performances ou la collecte de données sur la descendance. À long terme, l'intégration de données génomiques dans les programmes de reproduction améliorera la précision de la sélection et la durabilité des populations équines.

Méthodologie du génotypage SNP chez les chevaux

Le processus commence par la collecte de matériel biologique - généralement du sang ou des racines de crins du cheval, poney ou âne. L'ADN est extrait puis déposé sur une puce de génotypage (SNP array), analysée en laboratoire. Chaque puce, parfois appelée plaque, permet de traiter 384 échantillons d'ADN simultanément.

La quantité de marqueurs analysés dépend de la puce utilisée : 10 000, 50 000, 70 000 et jusqu'à 670 000 marqueurs SNP pour les équidés. Certaines plateformes permettent même une caractérisation du génome entier (on parle alors de séquençage du génome). Ces analyses fournissent comme résultat les génotypes de chaque équidé, soit la connaissance des 2 allèles paternels et maternels portés par l'individu pour chacun des SNP. Les génotypes sont ensuite interprétés selon nos connaissances, en relation avec les traits connus, les mutations ou les structures de population. La méthode détecte aussi bien les variants fonctionnels (gènes de performance, maladies, robes) que les variants neutres, utiles pour analyser la diversité génétique. Avec la baisse du coût des puces haute densité et l'augmentation du nombre d'équidés typés, le génotypage SNP devient plus accessible financièrement pour les élevages.

Actuellement, le génotypage des marqueurs microsatellites (un autre type de marqueur génétique) est toujours la norme pour l'identification et la vérification de filiation chez les équidés. L'utilisation des microsatellites, réglementée par l'ISAG (International Society for Animal Genetics) pour harmoniser les pratiques entre tous les laboratoires, va cependant très prochainement être remplacée par l'utilisation des marqueurs SNP. Il offre de nombreux avantages :

CARACTÉRISTIQUE	MICROSATELLITES (STR)	GÉNOTYPAGE SNP
Nombre de marqueurs	~14	150 à 600,000
Précision	Modérée	Très élevée
Automatisation & évolutivité	Limitée	Très automatisée
Réutilisation des données	Faible	Élevée
Compatibilité sélection génomique	Non	Oui



Applications du SNP dans le génotypage dans l'élevage équin

Le génotypage SNP a de multiples utilisations pratiques dans l'élevage des équidés :

1. Vérification de la filiation et de l'identité : Plus précis que les STR traditionnels, le génotypage SNP garantit une identification fiable et un contrôle de filiation performant.
2. Tests de santé et de caractéristiques : Détection des maladies héréditaires (par exemple PSSM1, WFFS) et de caractéristiques importantes telles que des spécificités d'allures (DMRT3), la croissance musculaire (MSTN), ou encore la couleur de la robe.
3. Valeurs génomiques d'élevage (gEBV) : Permet une estimation précoce et plus précise du potentiel génétique, avant même que les données de performance ne soient disponibles.
4. Gestion de la diversité génétique : Calcul de la consanguinité génomique réelle et meilleure gestion de la population.
5. Décisions de croisements optimisées : Aide à éviter les croisements à risque et améliore l'efficacité de la sélection en combinant les données génomiques et phénotypiques.

Services de génotypage SNP

Laboratoires et organismes proposant des tests SNP (liste non exhaustive) :

- Laboratoire LABÉO (France).
- Eurofins Genomics (France).
- ANTAGENE (France).
- Laboklin (Allemagne).
- Certagen – VHL Genetics (Allemagne).
- Progenus SA (Belgique).
- Animal Genetics UK (Grande Bretagne).
- Van Haeringen Laboratorium (Pays-Bas).
- UC Davis Veterinary Genetics Laboratory (Etats-Unis).
- Etalon Equine Genetics (Etats-Unis).
- Animals Genetics US (Etats-Unis).

En France, le génotypage SNP est en voie de généralisation pour le contrôle de filiation. Dès 2026, il serait possible pour les éleveurs de certaines races d'obtenir des informations sur 35 gènes majeurs grâce à la prise de sang effectuée à l'occasion de ce contrôle.



Étapes de mise en œuvre

1. Collecte d'informations et conseil

- Contacter associations d'éleveurs, généticiens, vétérinaires, laboratoires.
- Identifier les puces SNP appropriées pour la race et/ou les objectifs d'élevage.

2. Organisation de la collecte d'échantillons

- Choisir les chevaux à tester (reproducteurs, jeunes chevaux).
- Collecter crins ou sang selon les consignes du laboratoire.

3. Envoi des échantillons

- Envoyer les échantillons à un laboratoire agréé.
- Choisir le niveau d'analyse souhaité (profil SNP de base, valeurs génomiques d'élevage, tests spécifiques pour certains gènes, etc.).

4. Interprétation des résultats

- Discuter des résultats avec un vétérinaire, généticien ou un conseiller en élevage.
- Analyser les profils SNP des équidés dans le contexte de l'élevage.

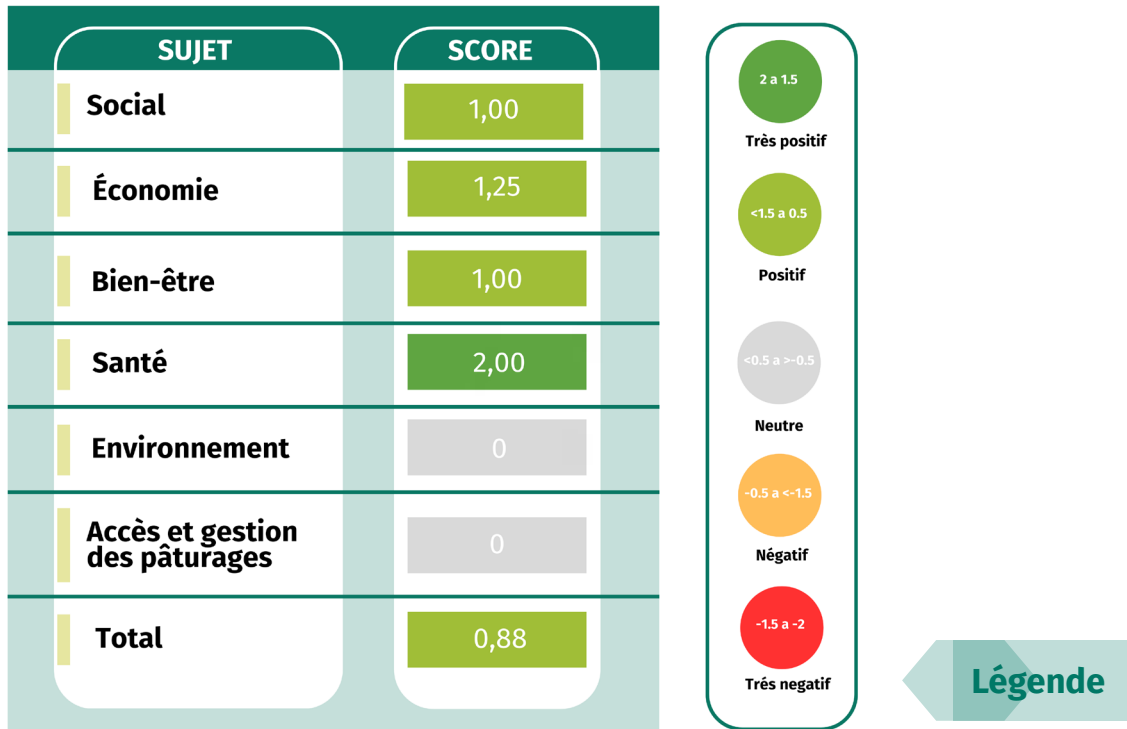
5. Adaptation des décisions d'élevage

- Sélectionner les reproducteurs en fonction de leurs valeurs génétiques et des marqueurs de maladie.
- Gérer les croisements en connaissance de cause pour éviter ceux risquant de produire des poulains non viables.
- Optimiser les croisements pour réduire la consanguinité et cibler les marqueurs génétiques souhaités.

6. Utilisation et intégration à long terme

- Stocker les données SNP pour de futures analyses (contrôle de filiation, lecture d'autres informations, etc.).
- Intégrer les résultats aux données sur les performances, la conformation, ou encore les lignées.

Quel sera l'impact de cette solution sur les performances de votre exploitation?



Socio-économie: Cette solution soutiendra la performance sociale de l'exploitation car elle promeut des pratiques d'élevage responsables et améliore la santé animale. L'image de l'exploitation pourra être améliorée. Cette solution soutiendra la performance économique de l'exploitation car elle permet des décisions d'élevage plus stratégiques qui peuvent réduire les coûts vétérinaires à long terme et augmenter la valeur commerciale des poulains, bien que ces gains dépendent d'une planification attentive pour compenser les coûts supplémentaires du génotypage.

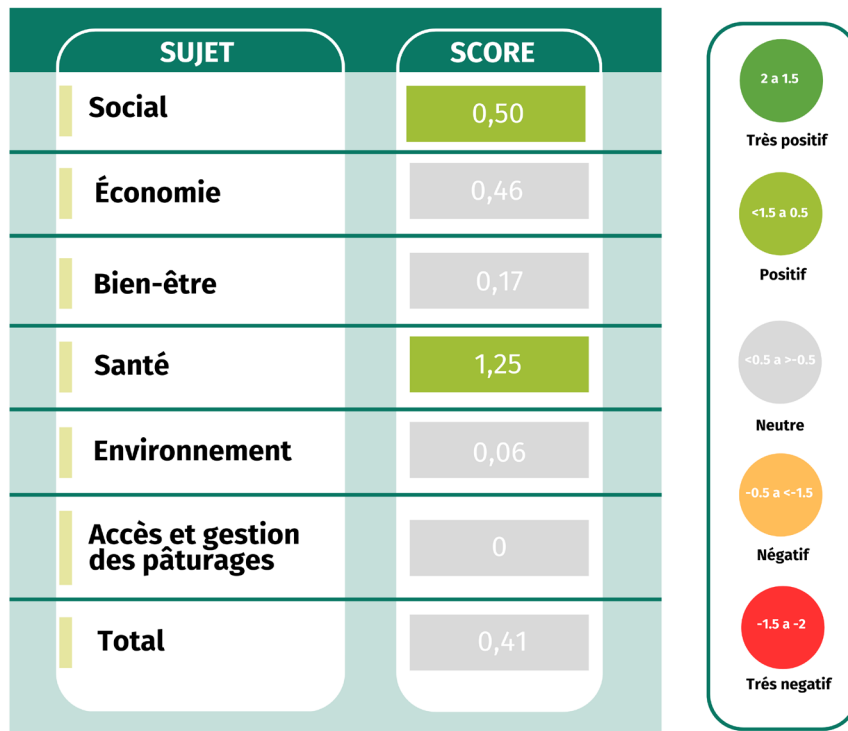


Le bien-être et la santé: Cette solution renforcera la performance sanitaire de l'exploitation, notamment concernant ses activités d'élevage grâce à la réduction de la transmission de maladies génétiques. Le bien-être des équidés pourra se retrouver amélioré si les chevaux élevés sont plus sains, ce qui réduit la souffrance animale.



Durabilité environnementale: Cette solution a un effet neutre sur la performance de l'exploitation en ce qui concerne la durabilité environnementale et la gestion des pâturages, à cause de ses effets divergents qui s'équilibrent. Du côté positif, le génotypage SNP peut aider à gérer la préservation des différents caractères génétiques au sein d'une race, et donc la protection possible de races menacées. Du côté négatif, la mise en place d'un génotypage généralisé entraîne une consommation d'énergie accrue due aux grandes quantités de données générées et stockées, mais aussi une augmentation de l'usage d'eau pour le refroidissement des serveurs. Il existe également un risque de perte accrue de biodiversité si la sélection s'oriente trop exclusivement vers des critères de performance sportifs.

Quel sera l'impact de cette solution sur la résilience de votre exploitation?



Socio-économie: Cette solution soutiendra la performance sociale de l'exploitation face aux défis externes évalués car elle favorise un élevage responsable, améliore le bien-être animal et contribue à la préservation de la biodiversité - qualités appréciées par le grand public et les acteurs de la filière - tout en renforçant la résilience grâce à des chevaux plus sains et plus facilement gérables en situation de crise.

Cette solution n'impactera pas la performance économique de l'exploitation face aux défis externes évalués parce que les économies potentielles à long terme sur les soins vétérinaires et la maintenance sont compensées par les coûts récurrents de génotypage et des retours financiers limités à court terme.



Santé et bien-être: Cette solution améliorera significativement la performance sanitaire de l'exploitation lorsqu'elle fera face à des défis externes. En réduisant la douleur et les issues fatales liées aux maladies génétiques et en minimisant les effets secondaires des traitements, les équidés resteront probablement en meilleure santé plus longtemps. Avec une meilleure santé animale, l'exploitation pourra allouer ses ressources de façon plus efficace pour gérer d'autres pressions externes.

La solution aura également un impact positif modeste sur la performance de bien-être en soutenant des états émotionnels positifs chez des chevaux en bonne santé. Cela se réalise par la prévention de l'inconfort lié aux affections génétiques. Le maintien d'animaux exempts de maladies permet à l'exploitation de se concentrer plus efficacement sur d'autres défis opérationnels.

Génotypage SNP (Single Nucleotid Polymorphism) des équidés



Durabilité environnementale: Cette solution a un effet neutre sur la résilience liée à la durabilité environnementale, à l'accès aux terres et la gestion des pâturages. Ainsi, globalement, face aux défis externes suivants, cette solution peut aider à soutenir la performance sociale et sanitaire.

Comment cette solution peut-elle aider votre exploitation à faire face à des défis externes spécifiques et à être plus résiliente ?

DÉFIS	SCORE
Inflation	0,71
Pandémie	0,33
Normes élevées en matière de bien-être	0,42
Maladies infectieuses graves	0,29
Événement météorologique extrême	0,50
Perte/accès limité aux prairies	0,21

2 a 1.5
Très positif

<1.5 a 0.5
Positif

<0.5 a >-0.5
Neutre

-0.5 a <-1.5
Négatif

-1.5 a -2
Très négatif



Défis socio-économiques: Cette solution soutiendra la performance globale de l'exploitation face à l'inflation parce que la sélection génétique contribue à une réduction des coûts à long terme en améliorant la santé des équidés et en réduisant les dépenses vétérinaires, tout en augmentant la valeur commerciale des animaux et l'efficacité de la production. Si le génotypage annuel peut accroître les coûts à court terme, cela est compensé par une sélection plus stratégique et par des bénéfices environnementaux indirects gérés au niveau de la race, tels que la préservation de la biodiversité.

Cette solution n'influencera pas la performance globale de l'exploitation, à court terme, face aux pandémies car elle n'affecte pas directement les activités quotidiennes, les soins aux animaux ou la disponibilité de la main-d'œuvre, défis clés durant de telles crises. A long terme, elle pourrait cependant soutenir la résilience en permettant aux exploitants de réduire la taille du cheptel et de se concentrer sur l'élevage d'animaux plus robustes et plus efficaces en ressources, mieux adaptés aux conditions contraintes.

Génotypage SNP (Single Nucleotid Polymorphism) des équidés



Défis en matière de bien-être et de santé: Cette solution aura un impact modeste sur la performance globale de l'exploitation en cas d'épizooties. Elle soutient toutefois la santé animale et renforce la résistance globale des équidés à d'autres problèmes de santé, réduisant ainsi la nécessité de médication et les coûts associés.

Bien que cette solution soit liée à la santé et puisse apporter certains bénéfices environnementaux, elle ne contribue pas de manière significative à la performance globale de l'exploitation pour l'adaptation à des normes de bien-être élevées. Ceci est probablement dû à la prévalence relativement faible des maladies génétiques dans la population équine générale, et le dépistage génétique peut ne pas être considéré comme un outil prioritaire pour satisfaire des normes de bien-être très élevées.



Défis en matière de durabilité environnementale: Cette solution a un effet positif sur la capacité des exploitations à se remettre de températures anormalement élevées et de sécheresses. Actuellement, l'effet est plutôt neutre mais à l'avenir, il pourrait être positif si l'on identifie des gènes de résilience liés à des températures élevées, par exemple. La génomique a été utilisée chez les bovins pour trouver des races résistantes aux tiques et aux moustiques. Des analyses similaires pourraient être réalisées au sein de la population équine.

Ainsi, à court terme, cette solution peut aider l'exploitation à être plus résiliente en cas d'inflation et, à long terme, grâce à la recherche, nous pouvons espérer que certains gènes seront identifiés pour aider les équidés à être plus résilients face à certaines maladies infectieuses ou à des événements climatiques extrêmes.

Génotypage SNP (Single Nucleotid Polymorphism) des équidés

Analyse coût-bénéfice

Coût

Performance socio-économique:

- Frais de génotypage par cheval (en fonction du nombre de puces sur le marché).
- Si le génotypage révèle des marqueurs défavorables, la valeur marchande du cheval ou de sa saillie peut diminuer.
- Une formation peut être nécessaire pour interpréter correctement les résultats.
- Besoin de conseil possiblement nécessaire pour l'interprétation des résultats.
- Certains éleveurs pourraient s'opposer à la diffusion complètes des résultats, s'ils sont négatifs.
- La rétention d'informations génétiques de certains équidés pourrait soulever des questions d'ordre éthique ou juridique, notamment pour les équidés reproducteurs.

Santé et bien-être des chevaux:

- Pas de coûts en termes de santé et de bien-être (la procédure n'est pas invasive).



Bénéfices

- Rentabilité à long terme : réduction des pertes liées aux équidés porteurs de maladies génétiques et aux mauvais croisements.
- Transparence pour les clients.
- Les éleveurs peuvent adapter leurs stratégies commerciales et marketing en fonction du profil génétique de chaque cheval.
- Informations regroupées : un seul échantillon suffit à fournir des informations sur la filiation, les risques de maladie, les gènes de performance, etc. Cela peut réduire les visites auprès du vétérinaire et les prélèvements répétés.
- Compétitivité accrue : les éleveurs faisant génotyper leurs équidés peuvent gagner en crédibilité et accéder à un marché international.
- Les populations génotypées permettent d'étudier de nouveaux gènes, ce qui favorise le développement des différentes races et de la recherche et du développement.



- Détection précoce des maladies héréditaires, même chez les poulains.
- Amélioration de la santé animale : soins préventifs facilités.
- Réduction de la transmission héréditaires de maladies telles que le WFFS ou la PSSM1.
- Favorise l'élevage d'animaux plus sains et mieux adaptés, réduisant ainsi le recours aux traitements médicamenteux.
- Conforme aux normes modernes en matière de bien-être animal en réduisant les souffrances évitables.

Coût

Durabilité environnementale:

- Le traitement des données a une certaine empreinte environnementale (serveurs, stockage), mais celle-ci est considérée comme négligeable dans le contexte d'un programme d'élevage.



Coopération entre exploitations:

- Si les résultats des génotypages SNP sont rendus publics par les organismes de sélection, certains éleveurs pourraient craindre des désavantages concurrentiels.
- Les préoccupations relatives à la propriété des données et au partage d'informations peuvent entraîner une réticence à collaborer.



Bénéfices

- Moins de gaspillage de ressources pour l'élevage d'équidés inaptes ou invendables.
- Des animaux en meilleure santé nécessitent moins de soins, ce qui réduit les traitements médicamenteux et donc le rejet de molécules dans l'environnement.
- Peut contribuer à la préservation des races locales adaptées à leur écosystème.
- Peut contribuer à la gestion des chevaux sauvages en améliorant le contrôle de la consanguinité et en préservant la diversité génétique.

- Des bases de données génomiques partagées favorisent une meilleure transparence et une meilleure sélection des étalons. Les croisements s'en trouvent améliorés, certains gènes rares peuvent être préservés.
- L'identification des équidés se retrouve renforcée par l'utilisation de « cartes d'identité » ADN.



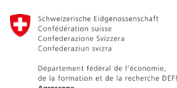
Ressources complémentaires

Sites web / entreprises modèles

- <https://equipedia.ifce.fr/elevage-et-entretien/genetique/genes-majeurs-sante/laboratoires-danalyses-genetiques>
- <https://equine.le-nouveau-praticien-veterinaire.org/articles/npvequi/abs/2023/02/npvequi240010/npvequi240010.html>
- Vidéo – JSIE 2025 – Table ronde : Quelles perspectives pour la génomique des équidés? <https://www.youtube.com/watch?v=MMY-PUG8rVc>

Publications

- <https://www.ifce.fr/wp-content/uploads/2025/10/DIR-WBC-genomique-genes-majeurs.pdf>
- Blott, S.C., Swinburne, J.E., Sibbons, C. et al. A genome-wide association study demonstrates significant genetic variation for fracture risk in Thoroughbred racehorses. BMC Genomics 15, 147 (2014). <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-147>
- Haberland, A. M., König von Borstel, U., Simianer, H., & König, S. (2012). Integration of genomic information into sport horse breeding programs for optimization of accuracy of selection. Animal : an international journal of animal bioscience, 6(9), 1369–1376. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000626>
- McCue, M. E., Bannasch, D. L., Petersen, J. L., Gurr, J., Bailey, E., Binns, M. M., Distl, O., Guérin, G., Hasegawa, T., Hill, E. W., Leeb, T., Lindgren, G., Penedo, M. C., Røed, K. H., Ryder, O. A., Swinburne, J. E., Tozaki, T., Valberg, S. J., Vaudin, M., Lindblad-Toh, K., ... Mickelson, J. R. (2012). A high density SNP array for the domestic horse and extant Perissodactyla: utility for association mapping, genetic diversity, and phylogeny studies. PLoS genetics, 8(1), e1002451. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1002451>
- Schaefer, R.J., Schubert, M., Bailey, E. et al. Developing a 670k genotyping array to tag ~2M SNPs across 24 horse breeds. BMC Genomics 18, 565 (2017). <https://doi.org/10.1186/s12864-017-3943-8>



Funded by
the European Union

This project has received funding
from the European Union under
Grant Agreement No. 101086551.



Idées pour animer un atelier sur la solution

- Inviter une association d'élevage, un laboratoire de génétique ou une entreprise de biotechnologie (par exemple, un fournisseur de puces SNP ou de logiciels d'élevage) à parrainer l'événement.
- Trouver une exploitation modèle utilisant déjà le génotypage SNP.
- Réaliser les tâches suivantes et faire participer les participants à ces démonstrations pour qu'ils découvrent le système par des activités pratiques, comme:
 - la collecte d'échantillons de crins ou de sang,
 - la simulation de l'évaluation des données,
 - l'interprétation de rapports de génotypage SNP,
 - la planification de croisements basés sur les profils génétiques.

Structure proposée pour l'atelier sur le génotypage SNP dans une exploitation agricole équine

1. Introduction au génotypage SNP

- Qu'est-ce que le génotypage SNP ?
 - Bases de génomique, explication des marqueurs SNP, etc.
 - Différences avec les microsatellites ou le séquençage complet.
- Composants clés et fournisseurs :
 - Différentes tailles de puces SNP (par exemple, 54k, 70k, 600k), options de laboratoire, outils logiciels.
- Exemples de systèmes disponibles sur le marché :
 - Collaborations avec des universités, laboratoires (Eurofins, Laboklin, etc.).

2. Avantages du génotypage SNP dans l'élevage équin

- Sélection plus précise, identification précoce des animaux adaptés à l'élevage.
- Prévention des maladies : détection des porteurs de maladies héréditaires (par exemple, WFFS).
- Efficacité économique : réduction des coûts vétérinaires, croisements plus performants.
- Transparence : une « carte d'identité » ADN permet de rassurer les acheteurs potentiels
- Évitement de la consanguinité : meilleures décisions de croisements grâce aux données génomiques.

3. Applications pratiques dans les exploitations équines

- Intégration dans les plans d'élevage, par exemple pour la sélection des étalons ou les croisements avec des poulinières.
- Permet la détection des poulains avec des prédictions précoces sur la performance ou la santé.
- Collaboration avec les associations d'élevage pour gérer la diversité et surveiller les populations.



4. Comment choisir le fournisseur le plus adapté

- Évaluation des besoins de l'élevage : quelles données sont pertinentes (santé, performance, pédigrée) ?
- Choix du bon fournisseur (taille de la puce, couverture des traits, système de rapport). Dans certains pays, le choix du fournisseur est imposé par les organismes de sélection.
- Prise en compte de la confidentialité des données et de leur publication.
- Comparaison des coûts et des services de support.

5. Démonstration pratique

- Démonstration en direct: collecte d'échantillons de crins ou de sang, stockage et expédition appropriés.
- Lecture et interprétation des rapports: exemples concrets avec des gènes de performance ou de santé.
- Exercice interactif: planifier un croisement en utilisant les profils de génotypage de deux chevaux.

6. Maintenance et résolution des problèmes

- Que faire si les résultats sont flous ou contradictoires ?
- Gestion des résultats sensibles, comme le statut de porteur.
- Stockage sécurisé des données et utilisation conforme au RGPD.

7. Études de cas et exemples concrets

- Interview d'un éleveur utilisant le génotypage SNP.
- Résultats avant/après : quelle évolution sur les croisements et la performance de leur production?
- Conseils pratiques pour travailler avec les laboratoires et utiliser efficacement les résultats.

8. Analyse des coûts et retour sur investissement (ROI)

- Comparaison : coûts de génotypage vs diagnostics traditionnels et ressources d'élevage mal utilisées.
- Économies sur les soins de santé, les erreurs de sélection et les croisements infructueux.
- Calculs de ROI pour les petites, moyennes et grandes exploitations.

9. Session de questions-réponses

- Discussion ouverte sur les questions et défis des participants.
- Thèmes courants :
- « Que faire si un étalon de haut niveau s'avère être porteur d'un allèle non désirable ? »
- « Quelles sont mes obligations légales de publication de résultats du génotypage de mes chevaux reproducteurs ? »

10. Conclusion et ressources

- Récapitulatif : principaux avantages, risques et prochaines étapes.
- Fournir des ressources : liens vers les fournisseurs, rapports types, guides d'interprétation.