



Stefan Rieder | 20 septembre 2016

## Rapport

---

# Possibilités d'application de la sélection génomique dans l'élevage des franches-montagnes

---

### INTERNE

Référence: RIST

## Situation initiale

Lors de la séance du groupe de travail «R&D franches-montagnes» du 9 mai 2016, le président de la FSFM, Monsieur B. Beuret, a exprimé le désir de recevoir un document retraçant les possibilités, les développements et les recommandations à court, moyen et long terme en matière de sélection génomique dans l'élevage des franches-montagnes. Le présent document a été élaboré en réponse à cette demande. Il ne s'agit pas d'une réflexion détaillée sous la forme d'un rapport, mais plutôt d'une synthèse et d'une énumération de facteurs essentiels en lien avec la sélection génomique. Ce texte est intentionnellement court.

Au total, six thèmes sont abordés:

- Analyses de laboratoire
  - Données et phénotypes
  - Conditions relatives à la sélection génomique
  - Analyse de génomes et tests génétiques
  - Nouvelles technologies
  - Nouveaux caractères
- 
- Résumé et recommandations

Toute tendance est en lien avec l'évolution de la société. La synthèse qui suit part du principe qu'aura lieu au cours des prochaines années une centralisation des forces et du savoir-faire dans l'élevage des animaux de rente agricoles destinés à la chaîne alimentaire. Cette évolution est déjà en cours dans le secteur de l'élevage de volailles et de porcs. Dans le cas de ces deux espèces animales, l'élevage par les agriculteurs est devenu pratiquement insignifiant. En revanche, l'élevage de bovins est et reste traditionnellement une activité paysanne. Cependant, en raison des développements technologiques, les éleveurs individuels perdent du terrain au profit des organisations d'insémination artificielle et de certaines associations d'élevage importantes. L'internationalisation de l'élevage avec seulement quelques races utilisées à l'échelon mondial joue aussi un rôle considérable dans ce contexte en pleine évolution. Or, pour les animaux de loisirs et les animaux domestiques, le scénario est inversé. L'élevage dans ces deux catégories est entre les mains de petites structures associatives disposant

de faibles capitaux et travaillant uniquement avec des bénévoles. Par exemple, dans la filière du cheval, on observe un déplacement de l'élevage autrefois paysan vers un élevage en mains privées. Cette évolution est due au fait que l'élevage de chevaux au sens strict n'est plus aujourd'hui une branche de production agricole rentable. En outre, de nos jours, les privés - qui financent eux-mêmes leurs activités de loisirs et leurs hobbies - désirent décider librement. Dans ce contexte, les nouvelles technologies et les connaissances issues de la génomique peuvent permettre aux éleveurs privés de bénéficier dans leur activité d'élevage et sur le marché des chevaux d'une longueur d'avance en matière de qualité et de connaissances par rapports à leurs concurrents. Vu les structures des fédérations d'élevage et les données à disposition aujourd'hui, cette catégorie d'éleveurs pourraient gagner en importance. En raison de la dimension spéculative du commerce de chevaux, le désir de transparence dans l'élevage chevalin est limité. Pour des raisons de coûts, les chevaux avec des dispositions génétiques moins bonnes doivent aussi être commercialisés. Or, leur utilisation à des fins alimentaires étant de plus en plus controversée dans la société et dépendant aussi de la race (coûts taxe de saillie, insémination, transfert d'embryons, élevage), le commerce de viande de cheval est globalement déficitaire, le cas du FM étant peut-être une exception.

### Thème 1 Analyses de laboratoire

L'analyse de l'ADN d'un cheval devient toujours meilleur marché. Deux techniques principales sont aujourd'hui à disposition :

- Le génotypage au moyen de la technologie des puces. Cette technologie permet d'identifier quelques locus à plusieurs milliers de locus pour n'importe quel cheval. Par la comparaison des locus entre chevaux, il est possible de mettre en évidence des différences et des caractères génétiques communs: par exemple le contrôle de l'ascendance, l'appartenance à une race, la diversité génétique, les porteurs de divers caractères favorables ou pas. Le génotypage par puces est utilisé par les laboratoires dans le cadre de la sélection génomique. Actuellement, des puces avec 70 000 et 670 000 locus variables sont disponibles sur le marché. Les coûts de laboratoire s'élèvent à environ CHF 250.- par animal.
- Le séquençage du génome d'un cheval («next generation sequencing NGS») et donc la détection de l'ensemble des locus variables actuellement connus d'un cheval (environ 13 millions). Un séquençage complet coûte aujourd'hui à peu près CHF 5000.- par cheval et les prix ont tendance à baisser. En génétique humaine, on trouve des offres en-dessous de CHF 1000.-.
- À côté de certains laboratoires universitaires (par exemple l'Institut de génétique de l'Université de Berne), de nombreux autres laboratoires privés proposent des analyses génétiques pour chevaux (cf. liste de sites Internet – sans garantie).

Pour les analyses de laboratoire, on utilise généralement des cellules prélevées sur la racine des poils, du sang ou des semences. En principe, on peut extraire l'ADN de n'importe quel tissu formé de cellules. Dans la routine cependant, ce sont les cellules des racines de poils et le sang complet, éventuellement les semences et la salive, qui sont le plus souvent utilisés. Les autres tissus entraînent un surcroît de travail et donc des coûts supplémentaires. Les cellules de la racine des poils et celles présentes dans le sang peuvent être prélevées relativement facilement et à moindre frais ; en outre, elles se conservent longtemps (congélateur). En plus de certains groupes universitaires (par exemple l'Institut de génétique de l'Université de Berne), Swissgenetics ainsi que les fédérations d'élevage bovin disposent avec leur société Qualitas SA d'une longue et solide expérience dans ce domaine.

Conclusion : en termes d'analyses, la génétique est de moins en moins limitée et les coûts deviennent de plus en plus abordables. Si une fédération d'élevage investit dans des programmes d'élevage basés sur la sélection génomique, elle doit disposer de la logistique (conservation) et des droits d'utilisation du matériel d'échantillonnage prélevés sur les animaux de même que des données de laboratoire (entre autres ordonnance de Nagoya).

## Thème 2 Données et phénotypes

Dans les programmes d'élevage classiques, on génère des données pour les caractères et les performances les plus diverses (phénotypes) des chevaux. En général, elles se limitent aux performances sportives et aux caractères morphologiques (évaluation de l'extérieur et description linéaire). Dans certains programmes d'élevage, les données relatives à la santé, en particulier pour les candidats étalons, par exemple à l'occasion d'approbations, de tests en terrain ou de tests en station, sont désormais aussi relevées. À partir des phénotypes et des informations du Livre généalogique (relations de parenté entre animaux), les composantes de la variance (héritabilités, corrélations génétiques et phénotypiques; évaluations REML) sont évaluées et ensuite les valeurs d'élevage pour les caractères enregistrés dans le programme d'élevage en sont dérivées (actuellement 43 caractères pour le FM). Depuis les années 1980, le modèle animal selon le procédé BLUP est considéré comme le standard international.

Comme mentionné sous le point 1, d'énormes quantités de données sont générées par animal, aussi bien sur le terrain que dans les laboratoires (données brutes d'une séquence entière environ 0,5 TB par cheval). La disponibilité à long terme (archivage), la préparation et la mise en valeur des données pour des applications pratiques, la performance des ordinateurs et les réseaux de transmission des données (laboratoire – centre de calcul – clients) de même que la conservation à long terme du matériel biologique prélevés sur les animaux représentent un énorme défi, en particulier pour une petite organisation d'élevage. Il faut en outre tenir compte de certains aspects juridiques en matière de propriété et d'utilisation du matériel biologique et des données phénotypiques (par exemple obligation de déclarer selon le protocole Nagoya ; nouvelle législation européenne de protection des animaux). L'analyse et l'exploitation des données n'est pas une activité de routine, mais nécessite un personnel spécialisé, formé dans les domaines de la bio-informatique et de la bio-statistique.

Conclusion : le relevé des données sur le terrain, leur archivage à long terme, les questions juridiques relatives à leur utilisation et l'analyse des données à des fins d'élevage représente un défi de taille, en particulier pour les petites organisations d'élevage qui disposent de peu de personnel qualifié. La qualité (par exemple précision de mesure, reproductibilité); la distribution statistique des phénotypes revêtent également une grande importance.

## Thème 3 Conditions pour la sélection génomique

Impacts principaux de la sélection génomique:

- Augmentation de la sécurité des valeurs d'élevage à un stade précoce dans la vie de l'animal et donc sélection précoce et planification de la carrière des candidats à la sélection – succès d'élevage ↑
- Raccourcissement de l'intervalle entre les générations – succès d'élevage ↑
- Abandon partiel des tests de performance - coûts ↓

- Valeurs d'élevage plus sûres pour les femelles, qui souvent n'ont que peu de descendants – succès d'élevage ↑

Sans programme d'élevage classique et bien établi avec des épreuves de performance et des valeurs d'élevage basées sur les performances propres à l'animal, sur celles des parents et des descendants, une sélection génomique n'est pas envisageable. La sélection génomique n'est pas un «outil magique». Elle demeure une estimation de la valeur d'élevage, qui n'est plus basée directement sur les épreuves de performance, mais sur les effets des marqueurs SNP. L'évaluation exacte de l'impact de ces marqueurs présuppose dans une première phase la constitution d'un échantillonnage d'apprentissage spécifique à la population et suffisamment vaste (appelé également échantillonnage d'entraînement). Il comporte des données sur la performance et des valeurs d'élevage pour les caractères pris en compte dans le programme d'élevage. Les effets des marqueurs SNP doivent être évalués dans un premier temps à partir de ces informations. Il est indispensable que l'échantillon d'apprentissage soit le plus vaste possible afin que l'évaluation de l'impact soit la plus précise possible et la variation génétique de la population suffisamment représentée. Dans l'idéal, une population devrait disposer d'une dimension effective relativement basse ( $N_e$ ) et d'un nombre important d'animaux vivants dotés de performances (exemple: les vaches Holstein). Dans le cas du franches-montagnes, on trouve une  $N_e$  relativement faible, mais également une population vivante proportionnellement petite. Des travaux préliminaires portant sur la sélection génomique dans l'élevage de franches-montagnes ont été réalisés dans le cadre des travaux de thèse de Heidi Signer-Hasler et de Mirjam Frischknecht. Quelques études comparables ont été entre-temps réalisées en France et au Danemark (cf. bibliographie).

La sélection génomique réduit le nombre d'épreuves de performance nécessaires, ce qui représente un potentiel d'économies. Toutefois, il ressort de programmes d'élevage bien établis qu'il est impossible de renoncer totalement aux épreuves de performance. Celles-ci génèrent des données phénotypiques qui, à leur tour, constituent la base pour l'évaluation de l'impact des marqueurs SNP. Une fois la sélection génomique introduite, l'évaluation de l'impact doit être effectuée régulièrement, afin que les éventuels progrès d'élevage enregistrés sur le génome puissent être pris en considération dans l'estimation de la valeur d'élevage. Selon l'état des connaissances actuelles, il semble qu'une combinaison optimisée entre données, épreuves de performance, valeurs d'élevage traditionnelles et valeurs d'élevage génomiques permette de réaliser le meilleur succès d'élevage.

Dans de nombreuses populations de chevaux, l'échantillon d'apprentissage peine à atteindre la dimension critique en raison d'une population restreinte de chevaux dans le pays. De ce fait, la sûreté des valeurs d'élevage génomiques ne dépasse guère celle des valeurs d'élevage traditionnelles. Par ailleurs, dans les races représentées à l'échelle internationale, comme les chevaux de sport demi-sang ou le trotteur, la  $N_e$  est relativement élevée. En conséquence, ces facteurs rendent difficile l'évaluation précise de l'impact des marqueurs SNP ou influencent la sûreté des valeurs d'élevage génomiques qui en sont dérivées. La coopération entre le studbook international est requise dans ces cas-là. Les recherches préliminaires effectuées dans les travaux de thèse de Signer-Hasler et de Frischknecht ont montré que la structure actuelle de la population du franches-montagnes permet en principe, du point de vue technique, une sélection génomique qui renferme un potentiel d'amélioration de la sûreté des valeurs d'élevage par rapport aux valeurs d'élevage actuelles basées sur l'ascendance.

Un programme de sélection basé sur la sélection génomique génère annuellement des coûts de génotypage, d'analyse des données, de conservation du matériel biologique et des données d'analyse. Pour cela, une organisation d'élevage doit disposer des ressources et du savoir-faire nécessaires, éventuellement en commun avec d'autres organisations (exemple élevage bovin en Suisse: société commune Qualitas SA).

Les organisations d'insémination artificielle, actives à l'échelle internationale, sont à la base du succès des programmes d'élevage bovin fondés sur la sélection génomique. Celle-ci réduit de façon substantielle les coûts des programmes de contrôle effectués par les organisations d'insémination artificielle et offre en outre un solide instrument de marketing pour la commercialisation des semences des jeunes taureaux qui disposent de cette manière de valeurs d'élevage plus sûres que les valeurs d'élevage traditionnelles. L'internationalisation de l'élevage bovin et le rôle de leader des organisations d'insémination artificielle entraînent la centralisation et au final l'industrialisation de l'élevage bovin. Or, dans la branche équine, il n'y a aucun acteur comparable aux organisations d'insémination artificielle telles qu'on les rencontre dans l'élevage bovin. Comparé au marché des semences de taureaux, le marché des semences d'étalons demeure très modeste en termes de volume, même si dans certains cas les taxes de saillie des étalons sont nettement plus élevées que les coûts d'insémination des bovins. Le nombre de juments à inséminer n'est de loin pas aussi important que le nombre de vaches! En outre, même si l'insémination chez les chevaux est une pratique bien établie, pour des raisons de coûts (franches-montagnes) et en partie aussi pour des raisons d'exclusivité et de marché (pur-sang), elle n'est que partiellement utilisée.

Conclusion : la sélection génomique n'apportera aucune véritable amélioration dans les programmes d'élevage chevalin aussi longtemps que les données de performance et les valeurs d'élevage traditionnelles ne sont pas utilisées de façon conséquente dans la sélection ou ne sont même pas du tout disponibles. Les éleveurs percevront d'abord les coûts de la sélection génomique, mais pas les gains en matière d'élevage pour leur écurie. Les coûts de revient pour les chevaux ne sont pas négligeables. La vente de chevaux à l'industrie alimentaire est un canal de commercialisation déficitaire, vu l'utilisation croissante de technologie et donc les coûts de production sont en hausse dans l'élevage chevalin. Ces pertes sont à peine amorties par les gains d'élevage escomptés. Par ailleurs, les chevaux avec de faibles valeurs d'élevage sont de plus en plus difficiles à vendre. Pourtant, en dépit de ces inconvénients, la sélection génomique recèle tout même un potentiel pour l'élevage chevalin; grâce à des valeurs d'élevage plus sûres, disponibles tôt dans la vie du cheval, il est possible de planifier la carrière d'un cheval de façon précoce et optimiser ainsi les investissements à engager dans l'entraînement, les concours et l'utilisation du cheval à des fins d'élevage. Des valeurs d'élevage plus sûres, obtenues plutôt dans la vie d'un cheval pourraient aussi être utiles dans la vente, respectivement dans le choix d'un client adéquat, et produire une valeur ajoutée. Cependant, les organisations d'insémination artificielle fortes en capitaux, à l'instar de celles que l'on trouve dans l'élevage bovin, font défaut dans la branche équine. Sans ces organisations, la sélection génomique ne peut pas déployer complètement son potentiel, entre autres économique.

#### Thème 4 Analyse du génome et tests génétiques

Il faut faire une distinction claire entre tests génétiques destinés à détecter des caractères très spécifiques et sélection génomique. Les tests génétiques réalisés pour dépister les maladies héréditaires, les couleurs de robe ou d'autres propriétés font déjà partie des analyses de routine dans l'élevage de certaines races (franches-montagnes, Quarter Horse, Frison, Pur-sang arabe, Thoroughbred, chevaux Islandais, etc.). Compte tenu des connaissances croissantes sur les propriétés fonctionnelles des gènes chez le cheval, les laboratoires commerciaux offriront à l'avenir toujours davantage de tests génétiques (cf. sites Internet). Chaque éleveur peut en principe faire procéder à une analyse des caractères de ses chevaux qui lui paraissent importants et utiliser cette connaissance à son profit ou la partager, s'il le désire, avec d'autres personnes. Une liste des caractères héréditaires actuellement connus chez le cheval se trouve sur le site Internet „Online mendelian inheritance in animals OMIA“. En

théorie, un éleveur pourrait procéder à un séquençage complet de ses animaux et mettre en évidence le résultat en fonction de tous les locus (génotype) de même - si cet élément est connu à ce moment-là - l'effet fonctionnel sur le phénotype. En génétique humaine, des offres de ce type existent déjà (cf. sites Internet). Certaines sociétés comme Neogen/Geneseek offrent des puces «custom» pour diverses races animales qui contiennent par exemple les marqueurs les plus importants relatifs à la production de viande ou de lait (cf. sites Internet). De telles puces ne sont pas encore disponibles pour les chevaux, mais ce n'est qu'une question de temps. À l'avenir, les animaux d'élevage disposant d'informations issues d'une puce pourront être accouplés de façon très précise et ainsi des caractères spécifiques pourront être favorisés ou évités (par exemple maladies héréditaires, couleurs de robe, garrot et morphologie, propriété de sprinter ou de stayer, allure latérale, etc.). Disposer de connaissances sur les différents génotypes offrira certainement des avantages pour la vente d'animaux d'élevage et en particulier des étalons. Aujourd'hui déjà, des informations relatives aux génotypes de la couleur de robe sont disponibles pour les étalons FM de la Confédération. Des tests génétiques ou des séquençages complets peuvent procurer aux éleveurs ou aux propriétaires de chevaux une longueur d'avance en matière d'informations par rapport à leurs concurrents. À l'avenir, ce type d'informations ne sera pas forcément connu des organisations d'élevage, au contraire des valeurs d'élevage traditionnelles qui, selon la législation actuelle (ordonnance sur l'élevage), doivent être accessibles à tout un chacun, étant indirectement financées par des contributions publiques. Sans plan concret pour contrer cette tendance, l'élevage et les informations phénotypiques sur les animaux (par exemple données issues de la surveillance des animaux, des automates alimentaires, données sanitaires, y compris données sur l'utilisation de médicaments issues du journal des traitements, etc., „Precision Livestock Farming“), jusqu'alors apanage des organisations d'élevage, devrait passer en mains privées, voire selon le cas en mains industrielles. En ce qui concerne les espèces animales – en particulier les animaux domestiques – qui ne disposent pas de structures d'élevage industriel, les éleveurs individuels pourraient tirer leur épingle du jeu, car ils posséderaient ainsi une longueur d'avance en matière d'informations aussi bien au niveau du phénotype que du génotype et disposeraient en plus de la souveraineté sur leurs données. Dans l'élevage de volailles et de porcs, les entreprises internationales sont intéressées à disposer de ces données pour continuer à développer leurs propres programmes d'élevage et produits. Dans l'élevage des bovins, les organisations d'insémination artificielle fortes en capitaux assument un rôle de leader, aussi en tant que propriétaires des principaux animaux reproducteurs mâles. Les conditions auxquelles à l'avenir un propriétaire mettra ses données à disposition du programme d'élevage d'une fédération ou d'une entreprise (nouvelle législation européenne concernant l'élevage des animaux) et au profit d'une race/population entière devront être renégociées.

Conclusion : les éleveurs ont de plus en plus la possibilité de faire analyser génétiquement et de façon détaillée leurs animaux d'élevage. Les développements dans le domaine du relevé des données issues de systèmes de détention automatisés permettent de générer de nouvelles données phénotypiques précises relatives à la production, au comportement, à la santé ou au traitement thérapeutique des animaux. Selon la structure des fédérations, des acteurs industriels ou des éleveurs privés pourront se développer dans l'élevage d'une espèce ou d'une race particulière. Les conditions futures de partage et de mise à disposition d'un programme d'élevage des informations relatives aux animaux devront être revues et coordonnées.

Les tests génétiques devraient à l'avenir davantage intéresser les éleveurs (en fonction des caractères recherchés) et jouer un rôle plus important dans la vente, en particulier des animaux d'élevage. Avec des coûts en baisse, les offres de séquençage complet du génome, y compris l'exploitation des données, devraient à l'avenir susciter davantage l'intérêt des éleveurs et des propriétaires de chevaux, de façon analogue à une analyse médicale complète ou à une évaluation globale d'un cheval (par exemple en vue d'un achat). Ces informations pourraient être utilisées de façon ciblée pour la

commercialisation des animaux. À long terme, la tendance vers une souveraineté industrielle ou privée des données devrait influencer les programmes d'élevage. Les propriétaires d'animaux pourront disposer - indépendamment d'une association d'élevage - de plus en plus d'informations génétiques et phénotypiques sur leurs animaux, données qu'ils pourront échanger avec leurs collègues ou utiliser dans l'élevage et la vente. Le changement de contexte va soulever de nombreuses questions portant sur le rôle futur et le portefeuille des associations d'élevage. Cette évolution devrait aussi influencer le rôle des pouvoirs publics, surtout en ce qui concerne le soutien de l'élevage dans le futur (par exemple au lieu du contrôle des performances, soutien du génotypage).

### Thème 5 Nouvelles technologies

À l'avenir, les nouvelles technologies influenceront aussi le secteur de l'élevage. Actuellement a lieu un débat important sur le «Genome Editing». Cette technique permet de désactiver des gènes indésirables, de réparer des gènes défectueux, de les adapter ou de les remplacer par des variantes de meilleure qualité (entre autres procédé CRISPR/Cas9). On pourrait ainsi rendre des animaux ou des plantes plus résistants contre les maladies ou introduire de façon ciblée des caractères souhaités au sein d'une population ou encore les éliminer et ce, sans procéder à des croisements et tout en évitant que, par les croisements, des gènes indésirables parviennent dans une population (propagation rapide d'un allèle dans une race). Un autre avantage de cette méthode est qu'une modification génétique, comme mentionné auparavant, avec de l'ADN, qui à l'origine n'est pas propre à l'animal traité, est détectable seulement dans certaines étapes intermédiaires. Le produit final contient le nouvel allèle: par exemple, l'introduction de la résistance de la pomme sauvage dans une variété de pomme de table moderne. La technique est prometteuse, mais elle soulève le problème de l'interprétation du résultat par le législateur et la société en général: le «Genome Editing» sera-t-il qualifié de transfert de gènes au sens habituel du terme? Actuellement, en Suisse, les applications pratiques de la transgénèse font l'objet d'un moratoire. Les académies suisses des sciences ont publié une fiche d'information sur le thème du «Genome Editing» (cf. bibliographie). Cette fiche contient les attentes et les préoccupations les plus importantes face à cette technique, à l'exemple de la sélection des plantes. Le secteur de l'élevage animal aimerait évidemment lui aussi pouvoir utiliser le «Genome Editing» de façon ciblée et à l'échelle mondiale. Des premières applications ont déjà eu lieu dans l'élevage des bovins, des porcs et des volailles (cf. bibliographie et prise de position relative aux nouvelles technologies en matière d'élevage de l'European Forum of Farm Animal Breeders, EFFAB).

En plus des développements dans la génétique et le phénotypage, les techniques de reproduction évoluent elles aussi. L'une des étapes déterminantes dans l'élevage chevalin serait par exemple l'utilisation conséquente de semences qui déterminent le sexe (cf. sites Internet). Les éleveurs qui possèdent seulement une ou quelques juments auraient ainsi le choix entre la production d'un étalon ou d'une jument. Ils pourraient ainsi réaliser un progrès d'élevage dans le chemin de sélection mère-fille et auraient à disposition davantage de filles de leurs juments et donc un plus grand réservoir de remontes pour, le moment venu, remplacer les mères. À l'inverse, on pourrait produire un candidat étalon de manière plus ciblée qu'on ne le fait aujourd'hui au moyen des accouplements contractuels et, selon l'objectif d'élevage, accoupler les meilleures juments avec les meilleurs étalons. Dans l'élevage bovin, on observe actuellement la tendance suivante: 50 % des inséminations se font avec des semences déterminant le sexe ou semences sexuées (informations personnelles de Swissenetics). On recherche tout d'abord des animaux femelles dans la production laitière et des animaux mâles dans la production de viande. Compte tenu d'un plus grand nombre de femelles et donc d'un choix plus élevé pour sélectionner les filles de vaches, le chemin de sélection mère-fille dans le domaine des vaches laitières gagne en importance. En résumé, il s'agit d'une nouvelle technique de reproduction qui

semble s'imposer. La séparation des semences en fonction du sexe fonctionne de façon analogue pour le cheval. L'entreprise Sexing Technologies est la seule entreprise à offrir à l'échelle internationale un procédé de séparation des semences unique au monde. Pour des raisons économiques, l'accent est clairement mis, dans les quelque 30 laboratoires de séparation de l'entreprise Sexing Technologies, sur les animaux de rente, raison pour laquelle l'élevage de chevaux, à l'exception de quelques inséminations expérimentales, n'a pas encore pu profiter de cette nouvelle technologie (cf. sites Internet). Les entrepreneurs de poids faisant défaut dans la filière équine, il manque un «business model» adapté pour rendre cette technologie rentable et accessible financièrement aux éleveurs de chevaux; des experts travaillent cependant au développement d'une solution (informations personnelles Sexing Technologies). Des semences sexuées renforcent la position sur le marché des organisations d'insémination artificielle et des propriétaires de taureaux. Pour certains taureaux, dont les semences sont vendues dans le monde entier, seules des semences pour la production de descendants femelles sont disponibles. Le propriétaire du taureau procède lui-même à l'élevage des fils au moyen d'accouplements contractuels. Il s'agit en fait d'une forme de protection du produit. Il évite ainsi une concurrence mâle indésirable (chemin de sélection père-fils) et l'offre en pères est déterminée en premier lieu par les organisations d'insémination artificielle. Une telle évolution risque de changer le rôle des agriculteurs-éleveurs dans l'élevage.

Il est difficile de dire quelles technologies s'imposeront sur le marché. Les éléments suivants donnent cependant quelques pistes pour répondre à cette question: les innovations en matière de technologie doivent faire leurs preuves sur le marché et être acceptées par la société. Elles doivent être bon marché et apporter une nette plus-value à l'élevage. Si ces points ne sont pas remplis, il est fort possible qu'une technologie ne s'impose pas. Un élément particulièrement important est l'acceptation par la société; dans le passé et aujourd'hui encore, ce critère a eu un impact considérable sur le succès de nombreuses innovations (par exemple clonage, transgénèse, Marker Assisted Selection MAS ; cf. bibliographie).

Conclusion : le progrès technologique et les innovations en la matière vont fortement influencer l'élevage au cours des prochaines années. Les techniques émergentes comme le «Genome Editing» ou l'utilisation de semences sexuées pourraient aussi être utilisées dans l'élevage chevalin. La question de l'évaluation du «Genome Editing» par le législateur sera un élément déterminant dans l'utilisation de cette nouvelle technologie. Dans le cas où le produit final serait taxé d'«OGM», ce procédé a peu de chances de s'imposer en Suisse ou dans l'Union européenne. Les cercles intéressés et actifs dans la sélection animale et végétale opposent évidemment leurs arguments. L'acceptation par la société est certes un facteur central pour l'application des nouvelles technologies dans l'élevage animal, mais le profit pour l'éleveur et les coûts générés lors de leur utilisation sont aussi déterminants. Le progrès technologique a contribué, dans le cas des animaux de rente agricole, à la centralisation et à l'industrialisation de l'élevage. Dans le cas des animaux de loisirs comme le cheval, les promoteurs industriels font défaut et donc ce secteur devrait évoluer différemment. L'éleveur privé ou des groupes d'éleveurs, éventuellement des prestataires, pourraient gagner en importance au détriment des fédérations d'élevage actuelles.

## Thème 6 Nouveaux caractères

En raison de la demande de types de chevaux et de types d'utilisation des chevaux en constante évolution, les nouveaux caractères, qui jusqu'à présents n'étaient pas relevés de façon systématique, gagnent en importance dans les programmes d'élevage. Il s'agit en particulier de caractères relatifs à la santé de même qu'à la personnalité des chevaux, ou au tempérament, et de façon générale au comportement. Pour une fédération d'élevage, des questions se posent en relation avec le relevé de tels phénotypes et les coûts qui y sont liés. Des phénotypes complexes et chers ne peuvent être relevés avec efficacité et qualité que par un personnel formé. Des phénotypes insuffisants du point de vue qualitatif, dus à des mesures insatisfaisantes, ne peuvent pas être évalués avec une qualité suffisante et donc les résultats ne correspondent pas aux attentes des éleveurs et des clients. Générer des phénotypes de bonne qualité, fiables et reproductibles coûte cher et nécessite des investissements, si l'on désire atteindre un progrès en matière d'élevage, surtout dans le cas de caractères complexes avec une influence importante de divers facteurs environnementaux (par exemple détention, entraînement, site, etc.). Dans de nombreux pays, le trafic d'animaux est soumis à l'obligation d'annoncer et, pour des raisons sanitaires ou de traçabilité, est réglementé par la loi (en Suisse BDTA, Identitas SA). La banque de données sur le trafic des animaux (BDTA) enregistre et archive, en parallèle aux banques de données sanitaires, des informations hautement intéressantes pour l'élevage. Il est certain que le potentiel de ces données pour l'élevage (par exemple sites, informations du propriétaire sur l'animal, données sanitaires, etc.) n'est de loin pas épuisé.

Conclusion : il ressort de différentes enquêtes auprès d'acheteurs, mais aussi auprès d'éleveurs, que les caractères relatifs à la santé et au comportement jouent un rôle décisif lors de l'achat d'un cheval. Or actuellement, de tels caractères ne sont pris en compte dans les programmes d'élevage de chevaux que de façon marginale, indirecte ou seulement ponctuellement. Ces caractères sont d'une complexité élevée. Il est probable que de tels caractères ne peuvent pas être relevés à large échelle, mais seulement dans le cas d'un nombre limité d'animaux et dans des conditions contrôlées. En ce qui concerne les franchises-montagnes, le Haras national suisse offre une station qui dispose des connaissances et des infrastructures nécessaires. Des connaissances génomiques peuvent ouvrir des possibilités de transfert des résultats d'un nombre restreint d'animaux à l'ensemble de la population vivante. Le potentiel pour l'élevage de la banque de données sur le trafic des animaux devrait être mieux pris en compte à l'avenir.

## Résumé et recommandations

- Le développement des technologies dans le domaine du génotypage et du séquençage est rapide, les prix deviennent toujours plus accessibles et les offres des laboratoires privés de plus en plus attractives pour les propriétaires de chevaux. Il est probable que cette tendance entraînera un déplacement des bases de données génétiques des fédérations d'élevage vers les propriétaires et les éleveurs de chevaux privés ou vers de nouveaux prestataires. Certains éleveurs devraient à l'avenir profiter de la mise en valeur des constellations génétiques favorables pour développer leurs activités sur le marché des chevaux. La vente de chevaux avec des caractères génétiques indésirables deviendra probablement plus difficile.
- La logistique en matière d'échantillonnage, le génotypage, la conservation à long terme et l'archivage des données de même que les questions de nature juridique qui y sont liées sont complexes et leur mise en application n'est possible qu'avec un développement important des structures existantes ou au moyen de l'outsourcing, voire de coopérations. Or, l'outsourcing coûte aussi. La communauté des éleveurs est-elle prête à supporter ces coûts ?
- L'investissement dans un programme de sélection génomique représente un obstacle pratiquement infranchissable pour une petite race de chevaux locale et surtout nationale, dont la population est assez restreinte, de même que pour une organisation coopérative avec des ressources financières et un personnel qualifié limités. L'association/les éleveurs perçoivent en premier lieu les coûts récurrents. Des gains dus à la sélection génomique ne devraient pas être compensés par la hausse des prix de vente, tout au moins pas à court ni à moyen terme, mais aussi en raison du fait qu'il n'existe pas d'informations sur les prix concrets et réalisables sur le marché pour les chevaux et certains caractères. Des canaux commerciaux organisés et garantis font largement défaut.
- Il faut accorder la plus haute priorité au relevé des phénotypes dans chaque programme d'élevage. Seuls des phénotypes de bonne qualité, fiables (précision de la mesure, reproductibilité, variance dans la population, etc.) sont utiles pour le travail de sélection. Il est déconseillé d'introduire la sélection génomique avec des phénotypes mal relevés. L'échantillon d'apprentissage doit englober quelques milliers d'animaux et la race ne devrait pas présenter une  $N_e$  trop élevée. Si ces critères ne sont pas respectés, il ne faut pas s'attendre à ce que la sélection génomique livre des valeurs d'élevage plus précises que les valeurs d'élevage traditionnelles. Etant donné que les épreuves de performance servent aussi de plate-forme de vente, la question se pose de savoir dans quelle mesure il est possible d'y renoncer partiellement dans un programme basé sur la sélection génomique. Or, si l'on ne peut pas y renoncer tout au moins partiellement, on ne tire aucun profit d'un élément clé de la sélection génomique pour baisser les coûts des programmes d'élevage. Le manque d'organisations d'insémination artificielle fortes en capitaux et actives à l'échelle internationale qui commercialisent des semences de reproducteurs contrôlées par la sélection génomique est un autre aspect qui limite le succès de la sélection génomique dans l'élevage chevalin.
- La tendance générale à l'individualisation dans notre société laisse présager que les éleveurs ne seront plus disposés à l'avenir à accepter des programmes d'élevage stricts avec de nombreuses exigences et règles, ceci également en raison du changement d'acteurs en cours : moins d'éleveurs-agriculteurs, davantage de propriétaires de chevaux privés. La féminisation de l'élevage chevalin est un autre facteur sociétal important. Par ailleurs, les éleveurs poursuivent de plus en plus des objectifs personnels et portent eux-mêmes le risque financier inhérent. A l'avenir, des données phénotypiques propres à l'exploitation, combinées à des tests génétiques et à un séquençage complet du génome, pourraient offrir des aides à la décision sans que la participation à un programme d'élevage spécifique avec des prescriptions strictes soit obligatoirement nécessaire. En plus des associations d'élevage actuelles, on pourrait voir

apparaître sur le marché de nouveaux prestataires (sociétés) offrant de prestations en matière d'élevage (livre généalogique, mise en valeur des données, génotypage) ; les structures existantes pourraient donc se modifier considérablement, ce qui représente un défi stratégique d'adaptation pour les fédérations actuelles.

- De nouvelles technologies, encore peu connues, comme le «Genome Editing» ou l'utilisation de nouvelles techniques de reproduction telles que les semences sexuées représenteront d'autres défis de taille pour l'avenir de l'élevage chevalin.
- De nouveaux phénotypes basés sur des données relatives au comportement et à la santé gagnent en importance sur le marché. Des données issues des banques de données sur le trafic des animaux et de santé avec des entrées de données effectuées par des propriétaires renferment un potentiel pour l'élevage qui, jusqu'à aujourd'hui, a été peu exploité.
- La FSFM devrait traiter ces évolutions de façon ciblée et systématique, recourir à des experts et prendre des décisions sur la façon de réagir – dans le cadre de ses possibilités - aux défis et chances actuels et futurs pour l'élevage. Il est peu probable qu'un investissement dans la sélection génomique produise de la valeur ajoutée à court et à moyen terme. Le recours à certains tests génétiques promet en revanche un plus grand impact. Si la FSFM est pro-active, elle restera pour sa clientèle un interlocuteur important dans les questions technologiques et en matière de compétences. Cela présuppose cependant une stratégie à l'échelle de la fédération qui porte sur la façon de gérer toujours d'avantage de connaissances relatives aux caractères souhaitables, mais aussi indésirables (par exemple stratégie de lutte contre les tares génétiques, déclaration d'animaux porteurs de certains caractères indésirables, prescriptions d'accouplement entre animaux reproducteurs en fonction de caractères recherchés). Faire cavalier seul dans la sélection génomique est peu prometteur. La FSFM devrait plutôt rechercher une forme de collaboration intelligente avec les filières d'élevage des bovins, des porcs et des chèvres laitières et profiter ainsi de leur expérience et de leur infrastructure. En tant que race locale sans grande population mondiale, un partenariat en matière de sélection génomique avec d'autres organisations d'élevage chevalin n'est envisageable que sur le plan administratif et technique et dans le cas où il existe de la parenté génétique entre le FM et l'autre race, car en ce qui concerne le phénotype (spécifique à la race) et les buts d'élevage, il y a peu de points de ralliement.

## Bibliographie

Akademien der Wissenschaften Schweiz (2016) Neue Pflanzenzüchtungstechniken für die Schweizer Landwirtschaft – grosses Potenzial, offene Zukunft. Swiss Academies Factsheets 11 (4).

Bailey Ernie, Brooks Samantha A. (2013). Horse Genetics. Second ed. Oxfordshire, UK: CABI Int. ISBN: 978-1-84-593675-4.

Carlson DF., Lancto CA., Zang B., Kim ES., Walton M., Oldeschulte D., Seabury C., Sonstegard TS., Fahrenkrug SC. (2016) Production of hornless dairy cattle from genome-edited cell lines. Nature Biotechnology, 6:34(5):479-81. doi: 10.1038/nbt.3560.

Chowdhary B E. (2013). Equine Genomics. Wiley-Blackwell. ISBN: 978-0-8138-1563-3.

Danvy Sophie (Coordinatrice) (2014). Amélioration génétique des équidés. 2ème édition. Institut français du cheval et de l'équitation. ISBN: 978-2- 915250-35-0.

Doan Ryan, Cohen Noah D, Sawyer Jason, Ghaffari Noushin, Johnson Charles D and Dindot Scott V (2012). Whole-Genome Sequencing and Genetic Variant Analysis of a Quarter Horse Mare. BMC Genomics, 13:78, 1-11.

EFFAB - European Forum of Farm Animal Breeders (2016) New Animal Breeding Techniques (NABTs). Position Paper.

Frischknecht M. (2015) Genetic analyses in horses using high-density genotype data. Graduate School for Cellular and Biomedical Sciences. Universität Bern.

Groeneveld Linn F., Gregusson Sigbjørn, Gulbrandtsen Bernt, Hiemstra Sipke J., Hveem Kristian, Kantanen Juha, Lohi Hannes, Stroemstedt Lina, Berg Peer (2016) Domesticated Animal Biobanking: Land of Opportunity. PLOS Biology, DOI:10.1371/journal.pbio.1002523.

Ibanez-Escriche Noelia and Simianer Henner (2016) Animal breeding in the genomics era. Animal Frontiers, 6:1, 4-5.

Lindner Arno (Editor): Funktionelle Genomforschung für Gesundheits- und Leistungsmerkmale beim Pferd. FFP Spezialheft, 2015. ISBN: 978-3-00-050073-2.

Signer-Hasler H., Rieder S. (2011) Genomische Zuchtwertschätzung und Selektion beim Freiburger Pferd. Teil 1 und 2. Freiburger Magazin 115 und 116.

Signer-Hasler H. (2014) Analysis of large scale SNP data for breeding, diversity and selection purposes in the Swiss Franches-Montagnes horse breed. Graduate School for Cellular and Biomedical Sciences. Universität Bern.

Simianer Henner (2016) Genomic and other revolutions - why some technologies are quickly adopted and others are not. Animal Frontiers, 6:1, 53-58.

Stock Kathrin F., Jönsson Lina, Ricard Anne and Mark Thomas (2016) Genomic applications in horse breeding. Animal Frontiers, 6:1, 45-52.

## Webseiten:

<http://www.effab.info/>

<http://www.eurodressage.com/equestrian/2013/01/21/sexed-semen-set-take-equine-industry>

<http://www.genecontrol.de/>

<http://genomics.neogen.com/en/>

<http://www.haras-nationaux.fr/information/accueil-equipaedia/genetique-caracterisation/definition-de-la-genetique-et-de-la-caracterisation/genomique-et-selection.html>

<http://www.ifce.fr/ifce/sogen-1200-chevaux-mesures/>

<http://genomics.neogen.com/en/>

<http://omia.angis.org.au>

<http://pferde-genetik.de/en/>

<http://www.swissgenetics.ch/seleXYon.1524.0.html>

<http://www.sophiagenetics.com/home.html>

<https://www.23andme.com/en-int/>

<https://www.veritasgenetics.com/mygenome>

[www.vhlgenetics.com](http://www.vhlgenetics.com)