

La « révolution » génomique : impact des changements institutionnels et technologiques sur les filières de génétique bovine en France

Mourad Hannachi¹

Résumé

La découverte des techniques d'insémination artificielle a constitué, dans les années soixante, une révolution pour les filières d'amélioration génétique. Pendant quarante ans, la loi sur l'élevage de 1966 a organisé le dispositif collectif de sélection animale et permis de hisser le potentiel génétique français au meilleur niveau international. En 2006, la loi d'orientation agricole a marqué une inflexion dans l'organisation institutionnelle de la filière avec la fin des monopoles de zone des centres d'insémination et le passage d'une cogestion État-profession à une gestion collective professionnelle. Dans le même temps, les progrès en bio-informatique et en génie génétique ont permis le développement d'une nouvelle technique d'amélioration génétique : la sélection génomique. Cet article, centré sur le cas des races bovines en France, s'intéresse à cette révolution technologique et à ses impacts institutionnels. Comment les filières et les acteurs s'organisent-ils et s'adaptent-ils à ce nouveau contexte ? Quels sont les défis et risques pour le secteur de l'amélioration génétique ?

Mots clés

Génomique, biotechnologie, innovation, coopération, concurrence, génétique bovine, sociétés coopératives

**Le texte ci-après ne représente pas nécessairement les positions officielles
du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.
Il n'engage que son auteur.**

1. Chargé de recherche, Inra, UMR SAD-APT, Avenue Lucien Brétignières, 78850 Thiverval-Grignon.

Introduction

Dans les années 1960, la découverte des techniques d'insémination artificielle (IA) a constitué une révolution pour les filières d'amélioration génétique du cheptel. Suite aux progrès en bio-informatique et en génie génétique, une nouvelle technique d'amélioration génétique s'est développée à la fin des années 2000 : la sélection génomique. Alors que l'amélioration génétique des animaux était jusqu'ici basée sur la génétique quantitative, c'est-à-dire sur des observations morphologiques et des mesures des performances des descendants et ascendants, la génomique permet d'évaluer la valeur génétique des individus à travers les informations contenues dans leur génome. À partir d'un échantillon de tissu biologique, il s'agit de détecter des marqueurs génétiques moléculaires, *i.e.* des morceaux d'ADN dont la présence est fortement corrélée avec l'expression d'un caractère productif ou morphologique.

Même si la science ne permet toujours pas de comprendre comment fonctionne le code génétique porté par l'ADN, le séquençage du génome permet de lire le code génétique, *i.e.* de suivre l'enchaînement des paires de base sur l'ADN. La bio-informatique permet de croiser les séquences ADN de plusieurs animaux avec les informations sur leurs morphologie et productivité, afin de repérer des marqueurs génétiques moléculaires pour certains caractères d'intérêt. Une fois ces marqueurs définis, on fabrique des « puces à ADN », c'est-à-dire des petits appareils qui détectent quasi instantanément leur présence ou absence. C'est ainsi que les avancées en génie génétique (séquençage du génome) et en bio-informatique (traitement des *big data*) se rejoignent, permettant la naissance d'une nouvelle méthode de sélection.

En France, les premières évaluations génomiques ont été faites en 2008 sur des taureaux Prim'Holstein. En 2009, des semences de taureaux évaluées à travers la génomique ont commencé à être diffusées, et en 2012 ces semences représentaient 60 % des inséminations artificielles en Prim'Holstein (Hocdé et Joly, 2013). La génomique est donc déjà utilisée dans l'industrie de sélection bovine. Alors que les chercheurs parlent de « révolution génomique » (Idele et Inra, 2011) et que des études prospectives classent la génomique parmi les innovations qui vont bouleverser le monde (Manyika *et al.*, 2013), le présent article explore les impacts de la génomique sur le secteur de la sélection animale et son effet sur l'industrie française d'amélioration génétique.

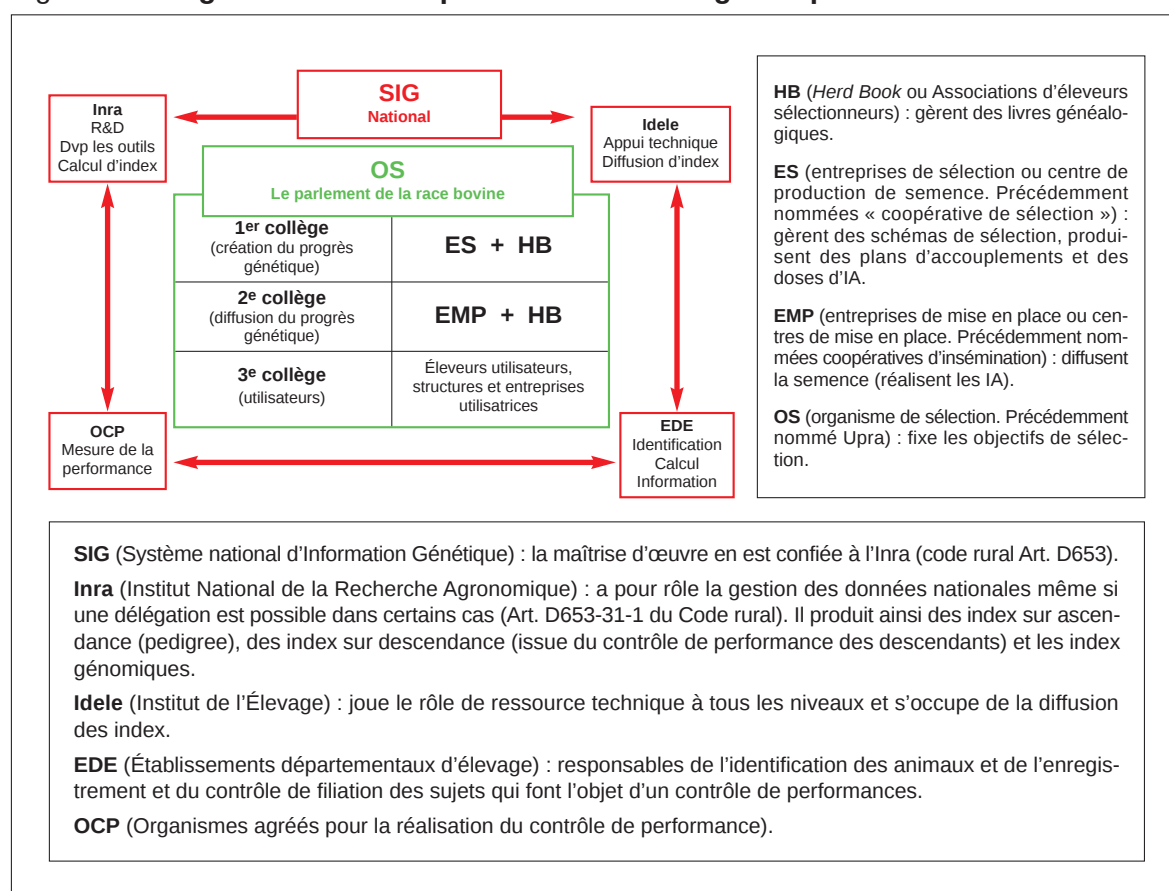
1. Trajectoire de l'industrie de la sélection animale en France

1.1. Des monopoles territoriaux à l'économie de marché

Pendant près de 40 ans, la sélection des animaux d'élevage a été régie par la loi sur l'élevage de 1966. Cette loi faisait suite à l'arrivée de l'insémination artificielle (un taureau pouvant féconder des dizaines de milliers de femelles) et des techniques de congélation du sperme (donnant le temps de tester et d'évaluer la qualité de la semence). Le principal objectif de cette loi était d'améliorer la qualité et les conditions d'exploitation du cheptel français en favorisant l'insémination artificielle et, ce faisant, de mettre fin à la domination de quelques éleveurs de renom et à des critères de sélection trop orientés vers des apparences (ex : forme des tâches de la robe).

Afin de réussir l'amélioration génétique du cheptel français, l'État a soumis toute la filière à un schéma (figure 1) conçu par l'Inra, et organisé un monopole par zone pour l'insémination des femelles d'élevage. Plus précisément, ont été institués des centres de production de semence (sans monopole) et des centres de mise en place (avec monopole), les uns et les autres ayant entre eux des accords. Pour reprendre la métaphore de Jacques Pluvillage (directeur de recherche à l'Inra et éleveur) : « *C'est un peu comme si la France était découpée en zones de monopole pour Renault, Citroën, Peugeot... Celui qui se trouve dans une zone Peugeot est obligé d'acheter chez Peugeot, mais peut cependant exiger une Citroën, qui lui sera alors facturée le prix qu'en décidera Peugeot* » (Pluvillage, 1991). Les parties prenantes ont toutes accepté le coût supérieur de l'insémination artificielle et de cette nouvelle organisation, et ce même si cet investissement ne devait produire des retombées que cinq à dix ans plus tard. L'instauration du monopole visait à éviter que la concurrence commerciale entre les différents centres d'insémination se fasse au détriment d'une sélection « sérieuse »¹, en pratiquant l'insémination au moindre prix.

Figure 1 - L'organisation du dispositif de sélection génétique en France avant 2007



Source : auteur

Dans les années 1970 à 1990, le paradigme de l'élevage bovin en France reposait sur une logique appelant à « l'action collective » et à l'intervention de l'État, les logiques de marché et la concurrence étant perçues comme négatives pour cette industrie. Le mode de fonctionnement institué par la loi sur l'élevage de 1966 a permis de hisser le potentiel génétique

1. Le testage d'une large gamme de taureaux coûte cher et la sélection rigoureuse des meilleurs implique des pertes de production lourdes alors qu'une sélection plus laxiste permet un meilleur amortissement mais au détriment du progrès génétique de la race.

français au niveau international (Colleau, 1992) et, sous réserve d'une mobilisation des acteurs concernés (Audiot, 1995), de préserver certaines races en voie de disparition – Bretonne, Flamande ou Vosgienne, par exemple (Lauvie et Couix, 2012). Cependant, ce dispositif avait un coût financier élevé : en plus des cotisations des éleveurs et des taxes interprofessionnelles, des dotations de l'État venaient alimenter un fonds national soutenant le système.

1.2. Une rupture institutionnelle : la LOA de 2006

Afin de tenir compte des règles communautaires et des évolutions de l'élevage, la Loi d'Orientation Agricole (LOA) de 2006 a largement modifié l'organisation du dispositif de sélection animale. Dans le domaine de l'insémination artificielle, cette loi a mis fin aux monopoles de zone des centres d'insémination artificielle et institué un service universel de distribution et de mise en place de la semence des ruminants. Un fonds de compensation pour charges de service universel, financé par les professionnels avec abondement de l'État, est créé afin de couvrir le coût des obligations liées à la desserte de zones éloignées ou difficilement accessibles ou des obligations liées à la gestion de la diversité génétique raciale². Le pilotage du dispositif génétique national, auparavant partagé entre l'État et les professionnels, évolue vers une autogestion collective professionnelle. Le pilotage, la coordination et l'amélioration du dispositif génétique national sont en effet confiés à France Génétique Élevage³, qui regroupe les organisations techniques et les organisations représentatives des éleveurs qui contribuent à la mise en œuvre des programmes d'amélioration génétique.

Ces nouvelles dispositions marquent un retrait relatif de l'État, après 40 ans de politiques volontaristes. Derrière ce changement de paradigme, se profile l'hypothèse que les stratégies collectives des acteurs vont perdurer et seront suffisantes pour permettre une prise en charge des coûts des activités de sélection génétique.

Ces changements institutionnels se sont mis en place alors qu'apparaissait une innovation technologique majeure : la sélection génomique.

1.3. Une rupture technologique : la génomique

Mise en œuvre en France depuis 2009, l'innovation génomique (Boichard *et al.*, 2012) modifie fortement l'organisation des activités de sélection. Auparavant, les outils de la sélection génétique ne pouvaient être que collectifs car ils nécessitaient la collecte, le traitement et l'entretien d'informations mutualisées, portant sur l'ascendance (pedigree) et la descendance (contrôle de performance). Avec la génomique, les outils peuvent à présent être individuels car basés sur l'information portée par le génome d'un animal. Il suffit de disposer d'une base de données (plus ou moins actualisée) référençant les informations sur un certain nombre d'animaux d'une race donnée pour pouvoir évaluer (avec plus ou moins de précision) la valeur d'un animal à partir d'un échantillon de tissu biologique et d'une puce à ADN.

2. Ce service universel est assuré par des opérateurs agréés par le ministre chargé de l'agriculture à l'issue d'un appel d'offres concurrentiel, pour une période de cinq ans et pour des zones géographiques déterminées. À titre transitoire, les centres de mise en place de la semence antérieurement autorisés sont agréés pour une période de trois ans (2007-2009), sans recours à l'appel d'offres.

3. France Génétique Élevage (FGE), créée suite à la LOA de 2006, est le lieu de coordination pour l'ensemble des acteurs et des utilisateurs de la génétique pour les trois espèces de ruminants (bovins, ovins, caprins). En 2012, l'ensemble du dispositif génétique français représente ainsi un chiffre d'affaires de 350 millions d'euros. Le financement est principalement assuré par les contributions des éleveurs à leurs organismes (97 % du total), par les pouvoirs publics (pour 2 %) et par les fonds interprofessionnels gérés par FGE pour le 1 % restant. Voir : http://fr.france-genetique-elevage.org/IMG/pdf/btia_special_fge.pdf

Cette évaluation est quasi instantanée : plus besoin d'attendre l'entrée en production de sa descendance puisqu'on peut évaluer la valeur d'un animal dès le stade du fœtus (Fritz *et al.*, 2013).

Dans les faits, la fiabilité de l'outil dépend toutefois de son utilisation et en particulier de la taille et de l'actualisation de la base de données⁴. Sa précision paraît d'autant plus forte que la génomique est combinée aux outils préexistants (pedigree et contrôle de performance). En effet, l'estimation des valeurs génétiques repose sur des modèles statistiques. Or, si la sélection repose uniquement sur des index utilisant l'information génomique sans mobiliser aussi les index « classiques » calculés après testage sur descendance, il pourra y avoir des informations manquantes, ce qui pourra conduire à des estimations moins précises pour les jeunes taureaux (Patry, 2011).

Or, entretenir une large population de référence et assurer son suivi afin de collecter les informations nécessaires à la constitution d'une base de données fiable a un coût très élevé, qui peut mettre hors marché un outil génomique dans un secteur à présent concurrentiel. Ces outils de prédiction sont plus ou moins précis, mais en situation de concurrence accrue, leur coût devient un facteur tout aussi déterminant que leur précision, car il s'agit de prédire la valeur d'animaux dont le choix va façonner la productivité de la population bovine à venir. Les logiques de coût collectif/bien-être social entrent en tension avec les logiques de coûts/bénéfices individuels, et c'est toute l'industrie de la sélection animale qui connaît des bouleversements.

2. Les enjeux de l'essor de la génomique dans le nouveau contexte institutionnel

2.1. Impact sur les corps de métier et les organisations collectives

L'évaluation génomique a des effets déjà perceptibles sur les relations horizontales au sein des entreprises de mise en place comme au sein des entreprises de sélection. Avant la génomique, ces dernières sélectionnaient des jeunes mâles, sur la base du pedigree et des performances de leurs ascendants, et les mettaient dans des taurelleries. La sélection génomique permet, en théorie (c'est-à-dire avec des bases de données regroupant des informations fiables sur un grand nombre d'animaux), d'avoir à la naissance du taureau la même qualité d'information que celle que l'on avait au bout de cinq ans avec la sélection génétique traditionnelle (une fois les filles du taureau entrées en production). L'outil génomique fait qu'il n'est plus nécessaire d'entretenir et de tester une large gamme de taureaux pendant cinq ans avant de faire le tri. C'est ainsi que plusieurs taurelleries ont récemment fermé.

L'évolution de l'environnement institutionnel et technologique a contribué également à accélérer les restructurations de l'industrie de sélection génétique, dans un contexte de

4. Ces bases contiennent les données du séquençage génétique ainsi que l'information généalogique et les mesures de performances productives et morphologiques des descendants. À noter que depuis 2009, les principales entreprises européennes de sélection de la race Holstein se sont associées pour mettre en commun les données de leurs populations de référence (projet Eurogenomics). Plus de 18 000 taureaux Holstein à la fois génotypés et évalués sur descendance (19 millions de filles) constituent cette vaste population de référence. Voir http://fr.france-genetique-elevage.org/IMG/pdf/fge_brochure_genetique_francaise_bd.pdf

recul de l'élevage et de recherche de gains de productivité. Certaines entreprises ont ainsi été conduites à se rapprocher et à fusionner, dans une logique d'économies d'échelle et de maintien, voire de renforcement, de leur pouvoir de négociation vis-à-vis des autres opérateurs (concurrents, clients et fournisseurs). Ces entreprises ont en effet vu leur pouvoir de négociation affaibli par la disparition des monopoles territoriaux et les opportunités offertes par la génomique. Dans d'autres cas, les évolutions en cours ont au contraire conduit à l'explosion d'alliances et de structures communes (unions de coopératives d'insémination, entreprises collectives de sélection, interprofessions, etc.). En bouleversant les rapports de forces et en ouvrant des opportunités nouvelles, la génomique rend en effet caduques certaines règles de fonctionnement collectives. En cas d'échec de redéfinition de ces règles, les alliances et les structures collectives disparaissent, et des tensions apparaissent autour des taurelleries à fermer et l'ancrage territorial des opérateurs raciaux. En somme, c'est toute la carte de l'industrie de sélection bovine qui se trouve questionnée.

2.2. Impact sur les relations de filière

La génomique peut également bouleverser les relations entre éleveurs et entreprises de mise en place ou de sélection. Avec cette nouvelle technologie, certains éleveurs peuvent désormais obtenir précocement des informations sur la valeur génétique de leurs taureaux, ce qui modifie leurs opportunités de commercialisation. Un éleveur n'a pas la possibilité de génotyper (et donc évaluer) un taureau hors de la base de sélection sans passer par des organisations agréées. Cependant, sur le marché international, des offres de génotypage et d'indexation sont proposées. Un éleveur en dehors de la base de sélection (*i.e.* un éleveur dont les animaux ne sont ni déclarés au livre généalogique, ni inscrits au contrôle de performance) peut donc aujourd'hui génotyper son taureau et avoir des informations sur sa valeur avant de le céder à une coopérative d'insémination. Dans ce contexte, quel sera son choix de commercialisation ? Céder son taureau, donc son patrimoine génétique, à un centre de production de semences ou simplement lui sous-traiter la production de doses d'insémination ? Rechercher de la valeur marchande (par exemple en limitant le nombre de doses, tel que cela se fait dans le marché équin), ou rechercher la meilleure diffusion du progrès génétique ? Opter pour des marchés internationaux ou préférer le marché français ? Quel sera l'impact sur la compétitivité du secteur français de sélection animale et sur l'évolution du progrès génétique en France ? Beaucoup d'incertitudes demeurent à ce jour.

2.3. Impact sur la R&D : vers une dispersion des ressources mobilisées ?

Alors que pendant longtemps les activités de R&D dans ce secteur étaient mutualisées et centralisées par l'État, l'arrivée de la génomique et la baisse des soutiens publics ouvrent la voie au développement d'une R&D intégrée dans le jeu concurrentiel. La mutualisation avait permis de développer des économies de gamme, des rendements d'échelle et des économies de réseaux, qui risquent aujourd'hui de disparaître. À l'inverse, la R&D mutualisée présentait des limites, liées notamment à l'impossibilité de prendre en compte l'ensemble des besoins émanant de clients très diversifiés et à une relative inertie.

L'atomisation et la privatisation de la R&D pourraient permettre une meilleure réactivité face aux besoins des entreprises et favoriser l'émergence d'innovations de rupture (Christensen, 1997). Ces évolutions pourraient toutefois engendrer des surcoûts par rapport à une R&D collective nationale mobilisant en partie des fonds de recherche publics (chercheurs et moyens de l'Inra, financement de l'ANR, etc.). Ces surcoûts et la dispersion

des ressources pourraient alors restreindre l'ambition des projets de R&D et réduire les compétences mises au service du dispositif génétique français. On ne peut ainsi exclure que diverses contraintes (difficultés d'accès et de valorisation des données, manque d'envergure des projets, inertie collective, confidentialité des résultats pour raisons concurrentielles) incitent certains chercheurs à se réorienter vers la recherche fondamentale avec des développements *in silico* loin des attentes des professionnels français.

Par ailleurs, tout cela pourrait accentuer le « cannibalisme » organisationnel (Christensen, 2003), l'accès à des innovations devenant une incitation de plus pour des fusions/absorptions entre entreprises concurrentes. Les bienfaits d'une atomisation de la R&D ne sont donc pas garantis.

2.4. Impact sur le SIG : la ruée vers l'aval de la filière va-t-elle détruire l'atout de l'industrie française de sélection ?

Depuis l'arrivée de la génomique, plusieurs catégories d'acteurs essaient d'élargir la gamme de leurs activités et de se positionner en aval, sur les prestations à haute plus-value. Ainsi, plusieurs acteurs proposent ou envisagent d'investir dans une offre de conseil aux éleveurs. Dans un contexte de désengagement de l'État, cela pose la question du devenir des activités moins rémunératrices (en amont) et du Système d'Information Génétique. Ce SIG a fait la qualité et la compétitivité de l'industrie française de sélection animale. Il permet aux entreprises d'avoir accès à des sources d'informations fiables car mutualisées et certifiées.

Très logiquement, les acteurs se posent la question de savoir quelles données doivent faire partie des informations à mutualiser et quelles données doivent faire partie de l'avantage concurrentiel. Certains envisagent de mettre en place une section privative dans le SIG commun existant. D'autres optent pour des SIG privés déconnectés du SIG commun.

La question de l'entretien, de la fiabilité, et finalement du devenir du SIG est donc posée. La disparition ou la défaillance du SIG risquerait de générer des asymétries d'information (Akerlof, 1970), ce qui pourrait conduire à des phénomènes d'anti-sélection⁵ (par exemple : choix d'un mauvais taureau dans un schéma de sélection) et renforcer des comportements opportunistes (Akerlof, 2005) nuisibles au dispositif collectif, et *in fine* à l'évolution du progrès génétique en France.

2.5. Impact sur les pratiques de sélection et sur la diversité génétique : nouvelle technologie, nouvelles rationalités ?

La génomique permet de tester plus d'animaux, plus vite et sur plus de critères. Elle a donc ouvert la voie à de nouveaux objectifs de sélection, tels des critères d'intérêt économique (composition du lait, qualités maternelles) ou environnemental (réduction des émissions de gaz à effet de serre ou de nitrates). Elle donne aussi la possibilité de modifier les méthodes d'amélioration génétique et de mettre fin aux dérives du *star system*, c'est-à-dire aux usages découlant d'une surutilisation d'un faible nombre de taureaux améliorateurs.

5. L'anti-sélection est un phénomène économique qui se manifeste essentiellement par la difficulté pour le client à appréhender : 1) Le niveau de compétence et d'expérience des fournisseurs ; 2) L'adéquation du produit ou des compétences du fournisseur à ses besoins ; 3) Le contenu et la qualité effective du produit ou du service.

Ces taureaux d'élite devenaient les vedettes des catalogues des entreprises de sélection et assuraient à eux seuls la plupart des doses d'inséminations artificielles vendues (parfois plus d'un million de paillettes pour un seul mâle). Ils étaient souvent retenus comme « pères à taureaux », avec pour conséquences l'accroissement de la consanguinité.

Pour répartir les risques liés à l'imperfection des prédictions génomiques, l'Inra recommande aujourd'hui d'utiliser un large panel de jeunes taureaux et de faire un usage limité des jeunes taureaux indexés sur la base d'information génomique mais pour lesquels on ne dispose pas encore d'évaluation de leur descendance. Cette évolution des pratiques et des recommandations devait se traduire progressivement par une éradication du *star system*. En réaction, des entreprises de sélection ont fait évoluer leur offre et développé des packs de doses d'insémination regroupant des jeunes taureaux de même profil, à moindre coût, afin de limiter les risques liés à une utilisation exagérée d'un reproducteur évalué avec une précision moyenne.

Cependant, les taureaux sont toujours classés, les meilleurs sont toujours plus demandés et représentent des parts de marché importantes pour ces entreprises. C'est pourquoi, avec la concurrence sur l'offre commerciale faite aux éleveurs, l'usage de la génomique ne semble pas encore permettre une rupture complète avec le *star system*. Il faudra probablement du temps pour que les logiques d'utilisation de la génomique s'affranchissent des usages jusqu'ici en vigueur.

2.6. Impact de la multiplication des indicateurs génomiques : guerre de standards ou standardiser la guerre ?

Sur le marché français, en plus des évaluations génétiques et génomiques officielles (index), se développent aujourd'hui des « indicateurs » génomiques privés et des évaluations génomiques hétérodoxes proposées par des opérateurs basés à l'étranger. Certaines entreprises françaises souhaitent établir des évaluations génomiques privées sur des critères non inclus dans les index génomiques officiels français, dans une stratégie de différenciation. Tous ces points laissent envisager une guerre de standards (Shapiro et Varian, 1999).

Cela amène à s'interroger sur la réaction des éleveurs face à un tel flux d'informations, qui plus est affichées de façon hétérogène. Le *star system* avait pour avantage de susciter l'intérêt des éleveurs, de permettre une appropriation aisée des outils de sélection par ces derniers et de favoriser leur participation au dispositif d'amélioration génétique. Il importe aujourd'hui de veiller à la visibilité des nouveaux outils génomiques et d'éviter une prolifération d'outils opaques et complexes, sous peine de désintéresser les éleveurs de la génétique et de restreindre la base du dispositif français d'amélioration génétique⁶.

6. En 2012, on estime qu'environ 100 000 éleveurs sont impliqués dans la sélection génétique des diverses races de ruminants, ce qui contribue à la qualité du dispositif génétique français. <http://idele.fr/recherche/publication/idelesolr/recommends/dispositif-genetique-chiffres-cles-ruminants-2014.html>

Encadré - **Quelle gestion des enjeux concurrentiels par l'État ?** **Exemples dans plusieurs pays**

Lorsqu'il s'agit de coordonner les acteurs d'une industrie, l'État peut être un acteur clé. C'est également vrai pour la sélection génomique, où il peut choisir (ou non) de remplir des missions de prise en compte des enjeux de biens publics et de long terme (races menacées, etc.), de mobilisation des acteurs, de gestion des asymétries d'information, etc. Plusieurs exemples étrangers mettent en évidence la diversité des choix opérés par l'État.

Aux États-Unis, le département de l'agriculture a entériné la proposition d'une entreprise de droit privé, de géotyper des bovins américains, et a collaboré avec cette firme en lui fournissant toutes les informations collectives nécessaires au géotypage et tous les droits associés. En conséquence, dans tout le pays, les outils génomiques sont l'objet d'un monopole d'une entreprise qui est juge et partie puisqu'elle est la seule à certifier ces outils. Si

cette démarche a permis une adoption rapide de la génomique, la qualité des outils développés reste toutefois mal connue, l'entreprise bloquant en effet toute démarche d'étalonnage des évaluations à l'échelle internationale et refusant toute mutualisation ou transparence méthodologique.

En Nouvelle-Zélande, une firme locale a développé des outils génomiques mais l'État a décidé d'invalidier ces outils, au profit d'autres moins fiables, afin de préserver la concurrence sur le marché de la sélection.

Aux Pays-Bas, en janvier 2013, sous l'impulsion de l'État, des entreprises leaders ont signé un accord de consortium entre concurrents et avec l'université de Wageningen pour le développement et la mutualisation d'outils génomiques.

Conclusion

Le dispositif génétique français et ses outils ont contribué au cours des 40 dernières années à accroître la productivité de l'élevage français et à positionner le potentiel génétique français au meilleur niveau international. Il constitue aujourd'hui un levier pour assurer une différenciation internationale ou encore pour réduire les impacts environnementaux du secteur de l'élevage. L'arrivée de la génomique, dans un contexte institutionnel marqué par un renforcement de la concurrence et un retrait de l'État, le passage à une gestion professionnelle a amplifié, à la fin des années 2000, les bouleversements de l'industrie française de sélection génétique, avec des impacts sur le contenu des activités et sur les relations entre opérateurs. Les centres de production de semences et d'insémination ont connu et continueront à connaître d'importantes restructurations, qui modifient les stratégies entre coopératives (rapprochement ou éclatement selon les cas) et modifient les relations verticales au sein des filières.

D'autres mutations induites par ces évolutions sont porteuses d'interrogations pour l'avenir. La plus forte dispersion des ressources en R&D ne risque-t-elle pas de fragiliser le maintien des compétences ? Comment gérer la multiplication d'indicateurs génomiques difficilement maîtrisables par les éleveurs ? Quel sera l'avenir du Système d'information génétique avec le développement croissant d'outils privés ? Face aux interrogations soulevées par la « révolution génomique », l'industrie française de la sélection génétique a pour défi de construire une organisation collective lui permettant de maintenir un système compétitif et efficace.

Références bibliographiques

- Akerlof G., 1970, « The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and the Market Mechanism », *Quarterly Journal of Economics*, 84, 3, pp. 488-500.
- Akerlof G., 2005, *Explorations in Pragmatic Economics*, Oxford University Press.
- Audiot A., 1995, *Races d'hier pour l'élevage de demain*, Inra Éditions.
- Boichard D. et al., 2012, « [Genomic selection in French dairy cattle](#) », *Animal Production Science*, 52, pp. 115-120.
- Christensen C. M., 1997, *The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail*, Harvard Business School Press.
- Christensen C. M., 2003, *The innovator's solution: creating and sustaining successful growth*, Harvard Business Press.
- Colleau J.-J., 1992, « [L'amélioration génétique en France : le contexte et les acteurs. Les bovins laitiers](#) », *Inra Productions Animales*, hors série, pp. 7-10.
- Fritz S., Capitan A., Djari A., Rodriguez S. C., Barbat A., Baur A., Grohs C., Weiss B., Boussaha M., Esquerre D., Flopp C., Rocha D., Boichard D., 2013, « Detection of haplotypes associated with prenatal death in dairy cattle and identification of deleterious mutations in GART, SHBG and SLC37A2 », *Plos one*, 8(6), e65550.

- Hocdé A., Joly P.-B., 2013, « Analyse Socio-économique des Impacts de la Recherche Publique Agricole : La sélection génomique bovine », Executive Summary ASIRPA, 8 pages, 21 janvier.
- Idele et Inra, 2011, *La révolution génomique animale*, Éditions France Agricole.
- Lauvie A., Couix N., 2012, « Diversité des formes de valorisation des populations animales locales et gestion des ressources génétiques animales », *Inra Productions Animales*, 25 (5), pp. 431-440.
- Manyika J. et al., 2013, *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*, McKinsey Global Institute.
- Patry C., 2011, *Impacts of genomic selection on classical genetic evaluations*, thèse de doctorat AgroParisTech.
- Pluvinage J., 1991, « Une loi d'exception : la loi sur l'élevage et son application », *Économie rurale*, n° 204, pp. 35-40.
- Shapiro C., Varian H. R., 1999, « Standards wars », *California Management Review*, 41, 2, pp. 8-32.