

## L'amélioration génétique des animaux : objet, principes et organisation

Fiche **QUESTIONS SUR...** n° 03.04.Q02

mars 2025

**Mots clés : génétique, objectifs, organisation**

**Les différents opérateurs du secteur de l'amélioration des animaux ont pour mission la fourniture des types génétiques les mieux adaptés aux conditions de milieu physique, économique et social dans lesquels ils seront élevés tout au long de leur filière. Dès lors, trois questions essentielles se posent :**

- **Quels choix faire en matière d'objectifs de sélection ?**
- **Quelles sont les méthodes les plus adéquates pour atteindre rapidement et au moindre coût ces objectifs ?**
- **Quelle organisation est-il nécessaire de mettre en œuvre pour cela ?**

### **De la domestication aux programmes d'amélioration génétique**

Depuis les débuts de la domestication – il y a des millénaires, sur la base d'observations simples, avec des pratiques de tri empiriques et sans vision claire des mécanismes de transmission héréditaire – les humains ont fait évoluer les populations animales afin qu'elles répondent mieux à leurs besoins. Au cours des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles, des pratiques méthodiques de sélection se mirent en place en Europe, et les éleveurs s'organisèrent pour sélectionner et diffuser des reproducteurs. Ainsi apparut la notion de race animale telle que nous l'entendons aujourd'hui : un ensemble d'animaux présentant un certain nombre de points en commun, et autour duquel un collectif d'éleveurs s'accorde sur les objectifs et les méthodes de sélection.

Dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, sur fond d'un fort développement de l'élevage en Europe, les éleveurs s'organisèrent :

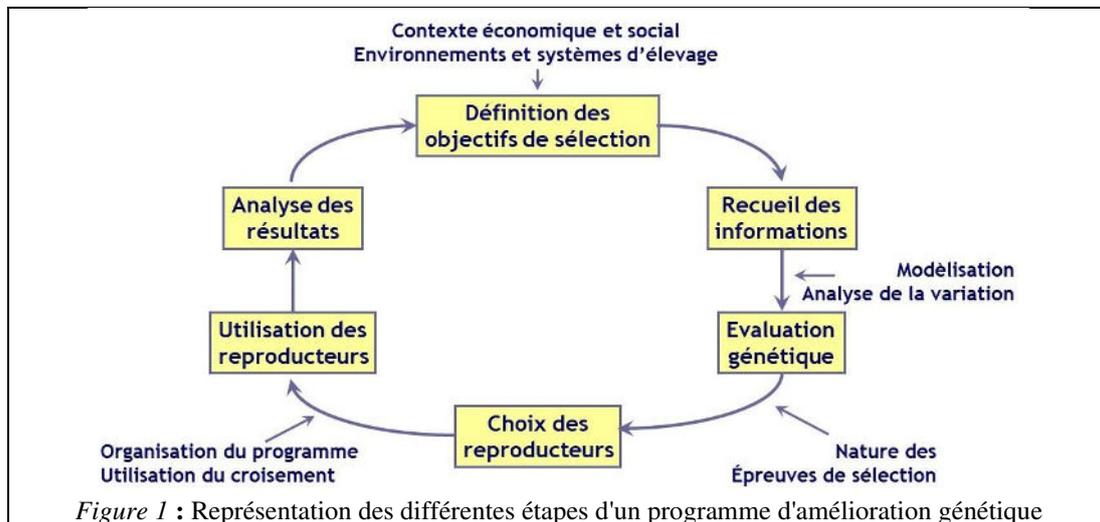
- d'une part, au sein d'associations tenant des livres généalogiques et visant à garantir la conformité des animaux à leur standard de race,
- d'autre part, en *sociétés* pour mesurer, en ferme, les aptitudes des animaux ; les aptitudes laitières des vaches et celles de ponte des poules furent les premières concernées.

L'application des concepts de la génétique (discipline scientifique née au début du XX<sup>e</sup> siècle, avec la redécouverte des lois de Mendel) permit un accroissement substantiel de l'efficacité de la sélection : génétique quantitative et des populations à partir des années 1940, puis génétique moléculaire à partir de la fin des années 1980. Parallèlement, certaines techniques de maîtrise de la reproduction favorisèrent la diffusion des gènes des reproducteurs sélectionnés : l'accoupage en incubateur des volailles à partir du début des années 1950, l'insémination artificielle à partir de la fin de cette même décennie.

Aujourd'hui, on désigne par programme d'amélioration génétique l'ensemble coordonné des opérations qui, à l'échelle d'une population d'animaux (une race, une lignée, une souche...), conduisent au choix raisonné des reproducteurs et à leur utilisation (*Figure 1*, page 2).

### **La définition des objectifs de sélection**

Les objectifs de sélection constituent la liste des caractères que l'on souhaite faire évoluer, ainsi que la hiérarchie que l'on fait entre eux. Leur définition requiert une approche pluridisciplinaire, et nécessite de prendre en compte un certain nombre de contraintes. Il est notamment essentiel de se projeter dans l'avenir, car le délai entre une décision de sélection et ses répercussions à l'échelle de la production (lors de l'expression des caractères chez les descendants des reproducteurs sélectionnés) se compte en années, jusqu'à une dizaine chez les équidés. Il faut ensuite tenir compte des liaisons génétiques entre caractères, afin d'éviter toute évolution défavorable de la moyenne de certains, comme, chez la poule, une baisse du poids moyen des œufs suite à une sélection qui ne porterait que sur le nombre d'œufs pondus sur une période donnée.



Il est impossible de définir dans l'absolu ce qu'est un animal "amélioré". Tout d'abord, cette notion dépend des attentes, différentes d'un acteur à l'autre tout au long de la filière, du producteur au consommateur : la définition des objectifs de sélection relève ainsi de l'art du compromis. Dans les pays à marchés segmentés, comme la France, les objectifs dépendent des filières et des cahiers de charges : standard, label, AOP. Enfin, les objectifs dépendent des conditions de milieu dans lesquelles les descendants des reproducteurs sélectionnés seront élevés : plus le milieu d'élevage est contraignant, plus les caractères d'adaptation à ces contraintes ont de poids, et moins l'on peut porter d'attention à la productivité.

Dans la plupart des espèces, les objectifs de sélection ont fortement évolué dans le temps. En Europe, durant les *Trente Glorieuses*, dans un contexte de forte spécialisation des élevages, les objectifs ont principalement porté sur la productivité des animaux. Cependant, dès les années 1980, la qualité des produits a été prise en compte : teneur en matière grasse et en protéines du lait, solidité de la coquille d'œuf, composition corporelle des porcs, etc. Dès les années 1990, les aptitudes dites fonctionnelles ont été intégrées : fertilité, résistance à certaines maladies, longévité, etc. Aujourd'hui le poids relatif accordé au produit (productivité et qualité) est généralement plus faible que celui accordé aux aptitudes fonctionnelles. La tendance à venir est encore à la diversification des objectifs, avec des traits de comportement ou l'émission de méthane par les ruminants. Enfin, l'hyperspécialisation de certains types génétiques et les conséquences indésirables induites (par exemple, troubles de la respiration chez certaines races de chien au faciès très aplati) doit nous interroger : jusqu'où nous autorisons-nous à modifier le vivant ?

### La collecte des informations zootechniques

Il est nécessaire de collecter des informations, dites zootechniques, afin d'éclairer le choix qui sera effectué par les sélectionneurs. Le préalable est l'identification des animaux, qui constitue la base d'autres actions d'intérêt général comme la prévention sanitaire ou l'établissement de la traçabilité des produits.

Outre l'identification, les informations nécessaires à la sélection sont :

- l'état civil des animaux, c'est-à-dire l'enregistrement de l'identité de leur père et de leur mère,
- leurs performances (ou valeurs phénotypiques) pour différents caractères,
- leur génotype pour certains gènes à fonction connue, ou pour des marqueurs moléculaires sans fonction connue.

Le recueil de l'état civil, qui repose le plus souvent sur les déclarations des éleveurs, peut s'accompagner de protocoles de vérification à l'aide de marqueurs moléculaires. Le contrôle des performances s'effectue soit en ferme (contrôle laitier, contrôle de croissance...), soit dans des stations où des animaux contemporains sont rassemblés. Afin de minimiser les inévitables erreurs de mesure, les protocoles doivent être très précis et appliqués de la même façon à l'ensemble des animaux. Les gènes à fonction connue – qu'ils expliquent tout ou partie de la variation observée – font l'objet d'un typage ciblé sur certaines catégories d'animaux, par exemple les jeunes mâles potentiels futurs reproducteurs d'insémination artificielle. Aujourd'hui, les marqueurs moléculaires utilisés en sélection sont des SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*), très nombreux partout dans le génome et dont le typage est automatisable. Cela permet, dans le cadre de la sélection dite

génomique, de géotyper des animaux sur, typiquement, 50 000 marqueurs, fournissant un balisage extrêmement dense du génome.

Les différentes informations collectées sur le terrain sont informatisées et rassemblées dans des bases de données, privées ou publiques. L'inter-opérationnalité de ces bases de données assure une valorisation optimale des informations et leur plus-value pour la sélection. Ainsi, le génotype à des marqueurs moléculaires sans fonction connue n'est d'aucune utilité si l'on n'est pas capable de faire le lien avec des phénotypes.

### **L'évaluation génétique des animaux**

Les informations zootechniques sont traitées en vue de l'évaluation génétique des animaux, qui consiste à prédire leur valeur génétique pour une série de caractères. Cette valeur génétique est intimement liée à l'aptitude à la transmission, chaque descendant recevant en moyenne la moitié de la valeur génétique de ses deux parents. Quand on sélectionne un reproducteur, ce n'est pas à lui que l'on s'intéresse mais à sa descendance future !

Au cours de l'évaluation génétique – pour un caractère donné –, toutes les informations dont on dispose au sujet d'un animal vont être agglomérées pour fournir un prédicteur unique ; désigné sous le terme d'index de valeur génétique, il sert à classer les candidats à la sélection. Aujourd'hui, la méthode reconnue sur le plan international est celle du BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*) appliquée à un modèle dit "animal". Parmi ses nombreuses propriétés intéressantes, la méthode du BLUP se prête particulièrement bien au traitement de données de nature différente (cf. plus haut). L'emploi de cette méthode à large échelle suppose la résolution d'un vaste système d'équations, dont le nombre d'inconnues se compte généralement par millions, ce qui requiert des capacités de calcul extrêmement importantes.

### **Le choix et la diffusion des reproducteurs**

La sélection est par essence un tri au sein d'un ensemble d'aspirants reproducteurs, et procède par le remplacement, en bloc ou par tranches, d'une génération d'anciens reproducteurs par une génération plus jeune. C'est donc le choix des reproducteurs de renouvellement qui est décisif et qui permet de dégager une évolution génétique dans le sens des objectifs fixés.

Il est possible de prédire le rythme avec lequel la moyenne d'un caractère va évoluer au cours du temps, et qui dépend de quatre paramètres (cf. fiche [03.04.Q03 : Les méthodes de la sélection animale](#)) :

- la variabilité génétique au sein de la population ;
- la sévérité du choix ;
- la précision du critère de sélection ;
- l'intervalle de génération, c'est-à-dire le temps séparant deux générations successives de reproducteurs.

La diffusion des reproducteurs prend des formes différentes, d'une espèce à l'autre, selon les paramètres biologiques et le développement des biotechnologies de la reproduction. Sur le plan génétique, cette diffusion recouvre deux réalités : d'une part, le recyclage du progrès génétique au sein de la population sélectionnée, d'autre part, la diffusion du progrès en dehors de celle-ci (élevages ne pratiquant pas le contrôle des performances en ferme, élevages commerciaux dans le cas des volailles et des porcs, etc.).

En matière d'utilisation des reproducteurs, on a le choix entre deux systèmes :

- l'élevage en race pure – faire se reproduire entre eux des reproducteurs issus de la même population (race, lignée, souche) ,
- le croisement – faire se reproduire entre eux des reproducteurs issus de populations différentes.

L'élevage en race pure a le mérite de la simplicité, et permet de maintenir et de renouveler les populations : ainsi, lorsqu'une race est utilisée en croisement, il est toujours nécessaire de pratiquer aussi de l'élevage en race pure avec une partie des reproducteurs de cette race.

Le croisement offre de nombreux avantages (cf. fiche [03.04.Q03 : Les méthodes de la sélection animale](#)). Son usage dépend des paramètres biologiques de l'espèce concernée (mise en place plus aisée dans des espèces dont les femelles sont très fécondes), des possibilités d'organisation et de segmentation des métiers au sein d'une filière, et de l'importance accordée à l'image du reproducteur, mâle notamment.

### **L'analyse des résultats et les conséquences à en tirer**

Dans le cadre des programmes d'amélioration génétique, les résultats qui focalisent l'attention sont les évolutions des moyennes génétiques des différents caractères d'intérêt. Ainsi, des bilans d'évolution des moyennes d'index de valeur, dans le temps, sont régulièrement établis et permettent de quantifier les évolutions

génétiques au sein des populations. La variabilité génétique propre aux populations (variabilité intra-population) fait également l'objet d'attention, car elle constitue la matière première de toute stratégie de sélection, et c'est elle qui permet aux populations animales de s'adapter graduellement à un contexte changeant. Des bilans d'évolution de la variabilité, sur la base de divers indicateurs, sont aujourd'hui disponibles dans la plupart des espèces.

L'analyse de ces évolutions, couplée à une analyse de l'évolution du contexte et des attentes des opérateurs, permet de modifier certaines composantes d'un programme. C'est typiquement le cas des objectifs de sélection, qui sont régulièrement revisités.

### **Les principales caractéristiques de l'organisation de l'amélioration génétique**

La mise en œuvre d'un programme d'amélioration génétique, pour être efficace, nécessite de travailler sur de grands effectifs d'animaux. La durabilité de cette activité est conditionnée d'une part par le coût et la durée des épreuves de sélection, d'autre part par les possibilités de diffusion des reproducteurs ou de leurs gènes. Ces deux facteurs ont des conséquences fondamentales sur l'organisation de la sélection et, de ce point de vue, le monde animal se divise en deux catégories.

- Les petits animaux (volailles, lapins, poissons) ont des coûts d'entretien relativement modérés, se renouvellent rapidement (intervalle de génération de neuf mois à deux ans) et leurs femelles sont très fécondes. Dans ces conditions, une même personne morale peut investir dans des cheptels nombreux pour conduire un programme de sélection, et les perspectives de retour sur investissement se situent à un horizon raisonnable. Aussi, dans ces espèces, la sélection est principalement le fait de firmes privées, peu nombreuses à l'échelle mondiale dans le cas des volailles. La diffusion des reproducteurs s'effectue selon une organisation pyramidale, depuis les entreprises jusqu'aux producteurs via des éleveurs-multiplicateurs, les producteurs n'ayant à prendre aucune décision de sélection. Sauf dans le cas des poissons, les animaux commerciaux sont issus de plans de croisement entre les lignées des entreprises de sélection, plans qui contribuent fortement à structurer les filières.

- Les gros animaux (ruminants, équidés) ont des coûts d'entretien élevés, se renouvellent lentement (intervalle de génération de 4 à 12 ans), et leurs femelles sont peu fécondes. Il est alors impossible, pour une même personne morale, d'investir dans des cheptels nombreux, d'autant que les perspectives de retour sur investissement sont trop lointaines. Les programmes reposent alors sur une mutualisation des moyens entre les nombreux éleveurs détenant les cheptels : la sélection est organisée de façon collective, les éleveurs étant impliqués dans les principales décisions.

Le porc relève à la fois des deux catégories, gros par ses coûts d'entretien, mais petit en matière de rapidité du renouvellement. Aussi, dans cette espèce, les deux formes d'organisation (privée et collective) cohabitent, avec une tendance actuelle à une prédominance du secteur privé.

La sélection collective impliquant de nombreux opérateurs est très réglementée. En France, le cadre réglementaire a été celui de la *Loi sur l'élevage* de 1966, puis de la *Loi d'orientation agricole* de 2006. Depuis 2018, un règlement européen s'impose à tous les pays membres de l'Union.

Étienne VERRIER, membre de l'Académie d'Agriculture de France

#### **Ce qu'il faut retenir :**

L'amélioration génétique des animaux comprend une série d'opérations qui se succèdent dans le temps et doivent être coordonnées. Elle se déroule soit dans le cadre d'entreprises privées, soit de manière collective dans un cadre réglementaire qui précise les droits et devoirs des divers opérateurs.

#### **Pour en savoir plus :**

- A. LAUVIE, A. AUDIOT, E. VERRIER (coord.) : *La biodiversité domestique : vers de nouveaux liens entre élevage, territoires et société*, Quae Éditions, 266 p., 2023.
- E. VERRIER, D. MILAN, C. ROGEL-GAILLARD (coord.) : *Génétique des animaux d'élevage : diversité et adaptation dans un monde changeant*, Quae Éditions, 288 p., 2020.
- E. VERRIER, A. DUCOS : *Aspects génétiques de l'évolution de l'élevage : une histoire de temps, de moyens et d'organisation sociale*, Bulletin de l'Académie vétérinaire de France, doi : 10.3406/bavf.2022.7098, 2022.