

INTRODUCTION

L'enseignement du module de biologie, suivi au cours du premier trimestre, a permis de présenter les bases de la génétique des populations et de la génétique quantitative. Nous allons, dans le présent module technologique Filières des produits animaux, passer à l'étape suivante et montrer comment les faits, les concepts et les mécanismes de base présentés dans les enseignements précédents sont utilisés pour l'amélioration génétique des animaux.

L'amélioration des productions animales met en effet en oeuvre trois voies principales :

- L'amélioration des animaux eux-mêmes : c'est l'**amélioration génétique**
- L'amélioration des conditions de milieu dans lesquelles les animaux sont entretenus : conduite des élevages, alimentation, maîtrise sanitaire, etc.
- L'amélioration de l'efficacité d'ensemble des filières de production : liaisons entre les producteurs et les utilisateurs des animaux, de leurs produits ou de leur services.

Ces trois voies ne sont pas, à l'évidence, indépendantes. Le sélectionneur a en effet pour mission la production des types génétiques les mieux adaptés aux conditions de milieu physique, économique et social dans lesquels ils seront exploités tout au long de chaque filière de production, du producteur au consommateur, en passant par le transformateur et le distributeur. La notion d'objectif est donc fondamentale en amélioration des animaux. Or, les filières de production sont extrêmement variées et les objectifs poursuivis sont des plus divers : production de produit animaux de qualité standard à des prix compétitifs, production de produits animaux de haute qualité, production d'animaux en vue de la fourniture de divers services ou avec des préoccupations en matière d'aménagement du territoire, etc. On comprend alors que les choix génétiques puissent être, dans la plupart des situations, des plus diversifiés.

Dès lors, trois questions essentielles se posent au généticien et au sélectionneur :

- 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 oeuvre pour cela ?

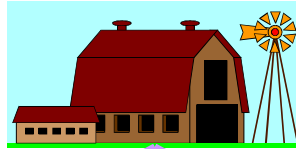
Place de la génétique dans les filières

Type d'animaux exploités

Hygiène et santé

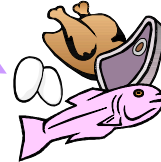
Conduite de la reproduction

Alimentation



Main d'œuvre
Bâtiments
Equipements

Procédés de transformation
Conditions de conservation
Préparation culinaire



Objet et moyens de l'amélioration génétique

Mettre à la disposition des filières un type d'animal
adapté à leurs besoins
en tirant parti des différences d'origine génétique
intra-population et/ou **entre populations** (voire espèces),

dans le sens d'**objectifs** définis à l'avance,

en développant des **outils** et en appliquant des **méthodes**
susceptibles d'entraîner un **progrès génétique**
dans le sens souhaité

Le choix des objectifs de sélection semble simple au premier abord : les objectifs de sélection sont représentés par la liste des caractères dont on cherche à améliorer ou à maintenir la valeur moyenne au sein d'une population. En général, « améliorer » est entendu dans le sens de ce qui est le plus pertinent dans le contexte économique et social ; par exemple, faire diminuer l'adiposité de l'espèce porcine a constitué une amélioration au cours du XXème siècle en Europe. En fait, cette étape du choix des objectifs est délicate. Tout d'abord, il faut en établir la hiérarchie afin de répartir au mieux les efforts de sélection. Ensuite, le sélectionneur travaille toujours pour le futur, et pour un futur d'autant plus lointain que les intervalles de génération de l'espèce concernée sont longs. Il est souvent difficile de prévoir avec précision de quoi demain sera fait et de quels types génétiques l'on aura alors besoin. Dès lors, une politique sage consiste à développer pour l'ensemble d'une espèce donnée une stratégie de paris diversifiés, chaque population « faisant », en fonction de ses propres atouts et de sa vision du futur, son propre pari. L'objet de la collectivité est alors de veiller à ce que les paris soient suffisamment diversifiés et de soutenir matériellement les populations qui, à l'instant présent, valorisent mal leur production en raison d'une mauvaise adaptation momentanée au marché. C'est là tout un volet de la préservation des ressources génétiques.

Le choix de méthodes d'amélioration occupe une place importante dans le présent enseignement. Comment utiliser les connaissances acquises en génétique des populations et en génétique quantitative pour définir les méthodes optimales d'amélioration des populations animales vis-à-vis des objectifs de chacune d'elles ? Ici, nous nous limitons volontairement à des cas relativement élémentaires, mais qui situent néanmoins de façon précise les avantages et les inconvénients de chacune des grandes méthodes employées à travers le monde.

Quant à ***l'organisation de l'amélioration des animaux***, nous n'en dessinons que les contours. Il est indispensable d'assimiler que ***l'amélioration génétique concerne des populations*** : on améliore une race, une souche, le cheptel d'un pays ou d'une région, pas un troupeau isolé. Les actions mises en oeuvre dans des élevages s'insèrent dans un plan d'ensemble. Une organisation est donc nécessaire. Il faut faire se rencontrer les points de vue des différents partenaires de la filière. Il faut organiser la collecte et le traitement de l'information zootechnique, données généalogiques et résultats des contrôles de performances, nécessaire au choix des meilleurs géniteurs. Il faut enfin faire en sorte que ces géniteurs soient utilisés de façon préférentielle pour assurer la production de la génération de renouvellement. L'insémination artificielle, lorsqu'elle est maîtrisée, constitue alors un outil de choix.

Les différences de coût d'entretien des animaux et de paramètres de la reproduction induisent d'importantes différences d'organisation entre familles d'espèces. Schématiquement, on peut distinguer les « gros » animaux (mammifères herbivores), peu féconds et se reproduisant lentement, d'une part, et les « petits » animaux (lapins, volailles, poissons), féconds et se reproduisant rapidement, d'autre part. Pour les premiers, il n'y a pas de séparation nette entre le secteur de la sélection et celui de la production : les producteurs sont également, au travers d'une organisation collective, sélectionneurs. Chez les seconds, les opérations de production et de sélection sont généralement dissociées : la sélection est aux mains d'opérateurs, peu nombreux, et les producteurs sont les clients des sélectionneurs. L'espèce porcine est intermédiaire entre ces deux groupes d'espèces et les deux formes d'organisation coexistent.



Le présent document présente, avec un texte rédigé les accompagnant, toutes les diapositives du cours. Des compléments sont disponibles en ligne (site AgroParisTech du réseau GENET, voir page suivante).

Le document se compose de 8 chapitres. Le premier évoque le processus de domestication des animaux et ses conséquences sur la constitution de ressources génétiques, ainsi que l'évolution récente de la diversité génétique des cheptels. La place de la sélection dans le fonctionnement des populations, la définition des objectifs de sélection, le cadre organisationnel de l'amélioration génétique et les outils à mettre en place sont décrits au deuxième chapitre. Le troisième chapitre montre, sur l'exemple de la résistance à une maladie, comment un gène identifié peut être utilisé en sélection et quels éléments de réponse l'amélioration génétique peut apporter à des problèmes touchant les filières de production, la santé des animaux et la qualité sanitaire des aliments. Les quatrième et cinquième chapitres sont consacrés à l'évaluation génétique des reproducteurs (indexation) et à l'efficacité des méthodes de sélection fondés sur les index de valeur génétique tels qu'ils sont calculés en pratique. Dans le sixième chapitre, on évoque les bases théoriques du croisement en élevage et on présente les principaux plans de croisement mis en oeuvre dans la pratique. Ce document s'achève par une rapide présentation des métiers de l'amélioration génétique des animaux (septième chapitre) et par un guide d'observation en génétique pour le stage de première année (huitième chapitre).

D'autres **ressources pédagogiques**, auxquelles les auteurs du présent document ont contribué, sont disponibles **sur Internet** et peuvent compléter utilement cet enseignement.

Réseau GENET – L'enseignement en ligne de la génétique, depuis la génétique formelle jusqu'à la génétique évolutive et les applications de la génétique en sélection, en passant par le les outils d'analyse du polymorphisme et la structure et le fonctionnement du génome.

<http://www.univ-tours.fr/genet/>

Le site des races domestiques françaises – Les caractéristiques génétiques et zootechniques, illustrées, des races bovines, ovines, caprines, porcines et équines.

<http://www.inapg.fr/dsa/especes/>

La base de données du Bureau des Ressources Génétiques (BRG) – Des statistiques descriptives des races bovines, ovines, caprines, porcines, de lapins et de poules.

<http://www.brg.prd.fr/brg/ecrans/animalesBd.htm>

Rumimédia – Un site consacré aux races de ruminants domestiques, avec un grand nombre de photographies et des jeux de reconnaissance.

<http://www.rumimedia.com/>

Compléments plus ciblés (font partie du réseau GENET signalé ci-dessus)

Éléments de génétique des populations appliqués à l'élevage

<http://www.inapg.fr/dsa/uvf/GP/GPintro.htm>

Génétique quantitative

<http://www.inapg.fr/dsa/uvf/GQ/GQintro.htm>

Identification des gènes et leur utilisation en élevage

<http://www.inapg.fr/dsa/uvf/AG/genes/genintro.htm>

Ressources génétiques et amélioration des animaux

<http://www.inapg.fr/dsa/uvf/AG/AGintro.htm>

I. LA DOMESTICATION DES ANIMAUX, LA CONSTITUTION ET L'EVOLUTION DES RESSOURCES GENETIQUES

A. Le processus de domestication des animaux

Sur ce sujet, des informations actualisées (et en français) sont fournies dans plusieurs numéros de la revue *Ethnozootecnie*¹, notamment les travaux de J.P. Digard (CNRS), et on peut trouver une synthèse dans l'ouvrage de Jussiau et al. (1999)². Le contenu de cette section est tiré de ces différentes sources.

1. La difficulté d'une définition du statut d'espèce domestiquée

Dans la relation entre l'homme et l'animal domestique, l'homme garde l'essentiel du pouvoir de décision, notamment en ce qui concerne les étapes essentielles de la vie : il s'agit d'un « *pacte passé entre l'homme et l'animal, dénoncé par la mise à mort* »³. La zoologie retient l'existence d'une trentaine d'espèces animales domestiques. La liste des espèces exploitées par l'homme et sur le cycle biologique desquelles il intervient de plus ou moins près est cependant beaucoup plus longue⁴.

2. Les époques et les lieux de la domestication

Deux écueils à éviter : (1) le bouleversement soudain, la « révolution néolithique », alors que le processus a été continu ; (2) un seul centre de domestication, le « croissant fertile », alors qu'il y a eu plusieurs foyers de domestication, y compris pour une espèce donnée.

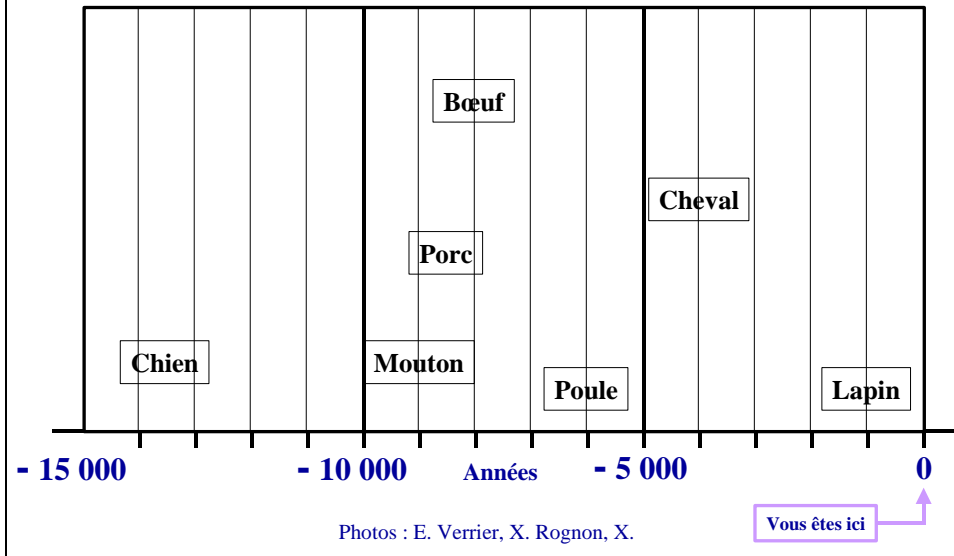
¹ *Ethnozootecnie*, revue semestrielle. Voir notamment, sur la domestication en général, les n^{os} 42 et 71, et pour une espèce en particulier, les n^{os} 16, 21, 25, 27, 32, 37, 39, 40, 41, 49, 56, 62, 75, 78, 79.

² Jussiau R, Montméas L, Parot JC (1999) L'élevage en France, 10 000 ans d'histoire, *Educagri, Dijon*.

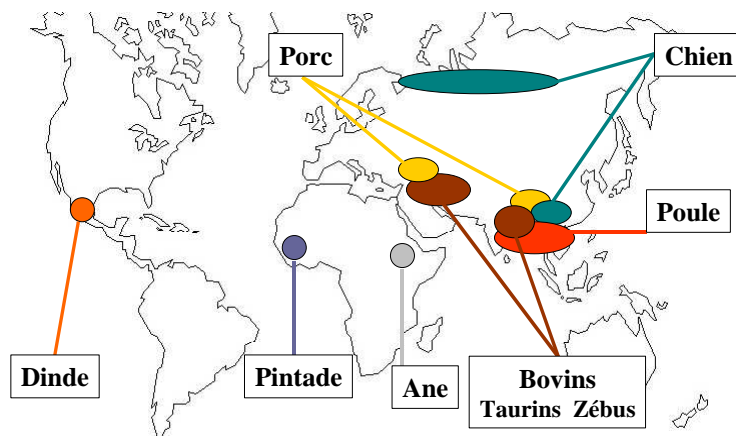
³ Margueritte Yourcenar (1977), Archives du Nord, Gallimard.

⁴ Ces questions sont développées dans l'UV de 2^{ème} année "Animal sauvage, animal domestique".

Dates de domestication



Lieux de domestication



Un ou plusieurs centres de domestication → Expansion

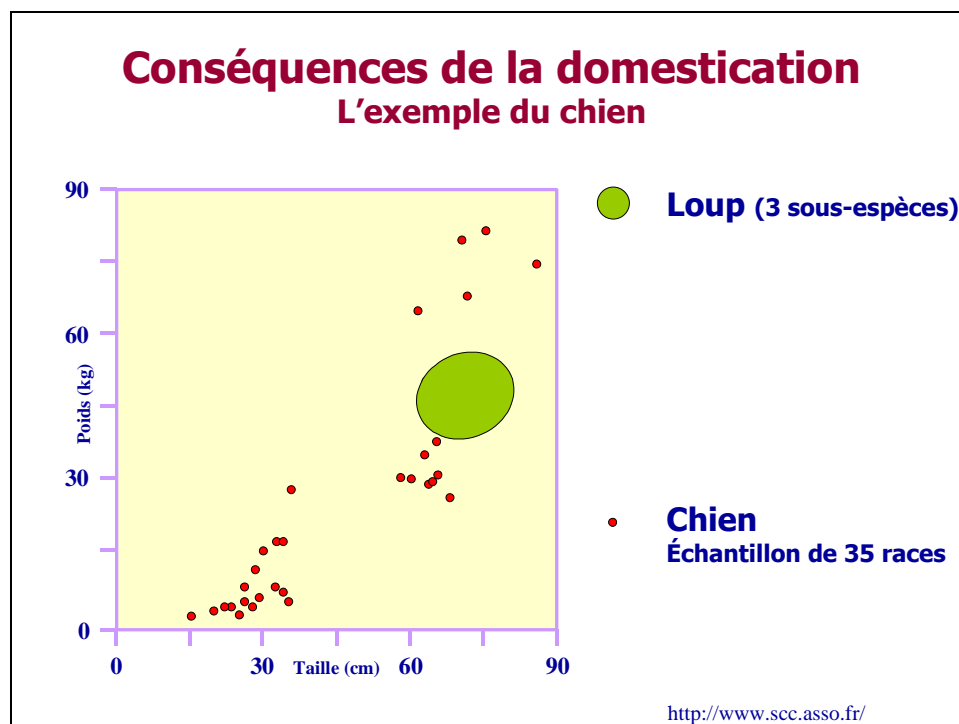
Photos : E. Verrier, X. Rognon, J.M. Duplan, X.

B. Les conséquences génétiques de la domestication

La domestication a contribué à une augmentation substantielle de la variabilité génétique des espèces concernées. Les principaux moteurs de cette évolution ont été :

- Le temps accumulé depuis les premières étapes de domestication.
- L'expansion démographique permise par l'association avec l'homme.
- La protection par l'homme des individus présentant une nouveauté phénotypique due aux mutations, voire l'encouragement voulu de leur succès reproducteur.
- L'expansion territoriale et le plus ou moins strict isolement géographique, ainsi que la diversité des modes d'utilisation des animaux.

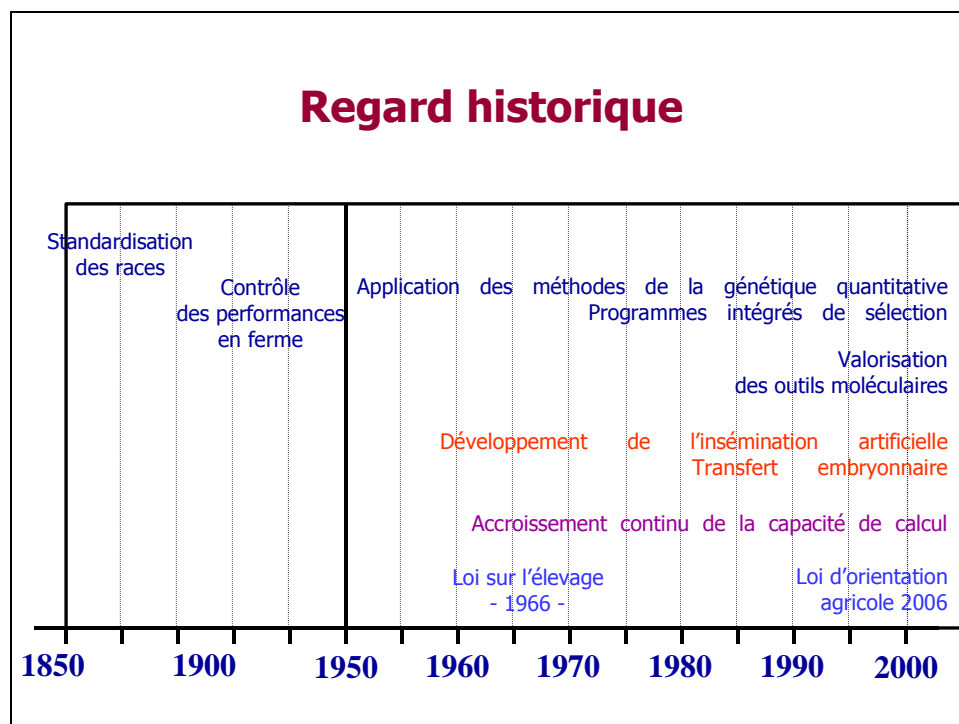
Aucune espèce sauvage ne présente autant de variabilité que les espèces domestiques⁵. Cet accroissement spectaculaire de la diversité génétique peut concerner des caractères discrets, correspondant à des gènes à effets visibles : exemple de la couleur et de l'aspect du plumage chez la poule. Il peut concerner des caractères continus, à déterminisme complexe : exemple de caractéristiques morphologiques chez le chien.



⁵ Ce phénomène avait été constaté par Darwin, qui consacre le premier chapitre de son ouvrage "l'origine des espèces" (1859) à la variation des espèces à l'état domestique, en développant notamment le cas du pigeon.

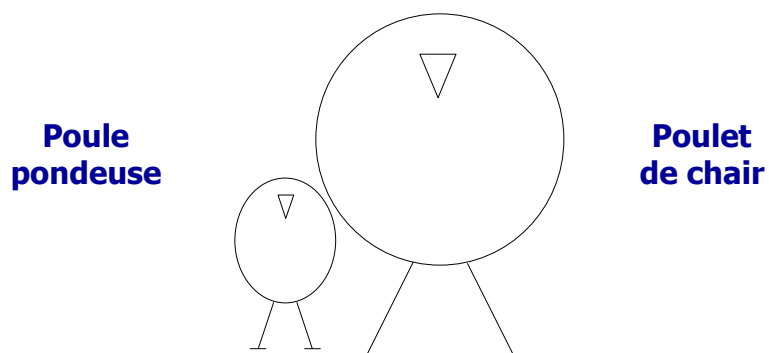
C. Evolution récente des ressources génétiques

Sur une échelle de temps beaucoup plus courte, dès le milieu du XVIIIème siècle mais surtout à partir du milieu du XIXème, les éleveurs des pays de l'hémisphère Nord ont orienté les populations animales vers un idéal, la « race pure ». Cette notion était définie par un standard correspondant généralement à des caractéristiques extérieures (couleur, cornage, plumage, ...) à déterminisme génétique simple. Ensuite, le développement des contrôles de performances a fourni la base d'une sélection rationnelle. La modernisation et l'intensification de l'agriculture qui ont suivi la seconde guerre mondiale ont ensuite provoqué l'expansion de quelques races, particulièrement bien adaptées à la demande du marché, et le déclin, voire la disparition, de beaucoup d'autres. A partir des années 1980, on a assisté à une intensification des opérations de sélection tout particulièrement au sein des races numériquement les plus importantes. Le gain d'efficacité des programmes de sélection a été permis par la maîtrise des méthodes artificielles de reproduction, d'une part, et l'accroissement des capacités de calcul numérique, d'autre part, les méthodes d'analyse génétique des performances devenant de plus en plus sophistiquées. La fin du XXème siècle a vu le développement spectaculaire des outils de la biologie moléculaire et leurs premières applications à grande échelle en sélection.



Des évolutions génétiques « spectaculaires »

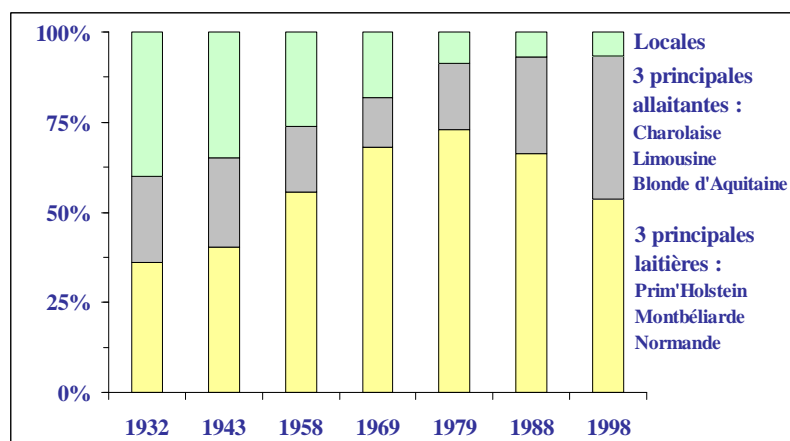
L'exemple de la poule



Animaux âgés de 6 semaines

Spécialisation des élevages et des races

L'exemple des bovins en France

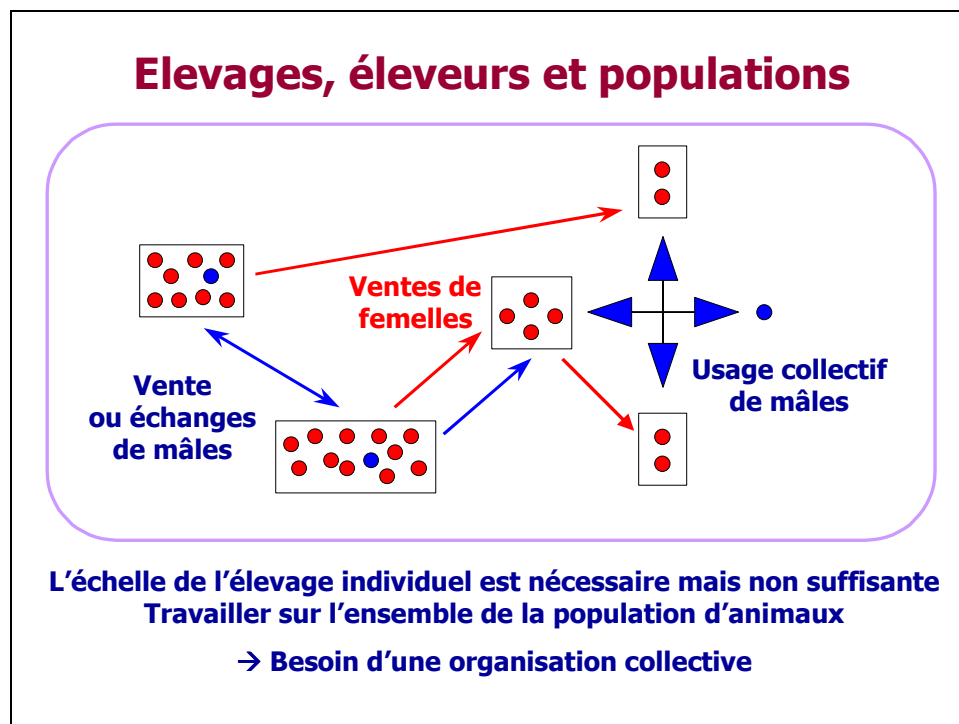


Sources : Statistiques Ministère de l'Agriculture, RGA

II. LE CADRE, LES OBJECTIFS ET LES OUTILS DE LA SÉLECTION

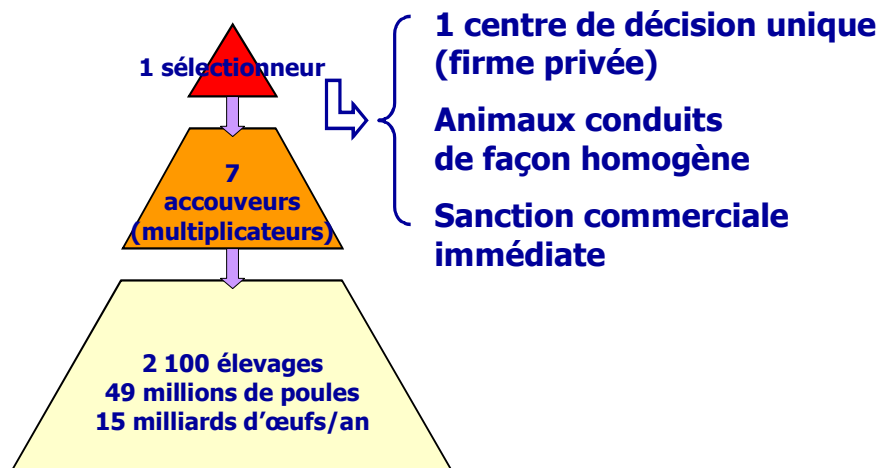
A. Le cadre structurel de la sélection

Les actions de sélection concernent des populations dans leur ensemble. Chez les volailles, des firmes privées détiennent seules et sélectionnent des souches aux aptitudes spécifiques. A l'opposé, chez les gros herbivores, chaque population est structurée en élevages qui peuvent être nombreux et ne détenir chacun qu'un nombre relativement faible de reproducteurs. Dans les deux cas, *la sélection se raisonne à l'échelle de la population dans son ensemble et non pas à l'échelle de troupeaux individuels*. Même si les éleveurs ont à prendre des décisions de sélection concernant leur propre élevage, ces décisions s'insèrent dans un programme. Un programme de sélection comporte par ailleurs des étapes stratégiques, pour lesquelles les décisions à prendre et les moyens à mettre en oeuvre se situent à une échelle collective. Ainsi, dans ce qui suit, nous placerons nous essentiellement à l'échelle des populations.



Cadre structurel de la sélection

Volailles - Cas des poules pondeuses en France (2006)



Source : ITAVI

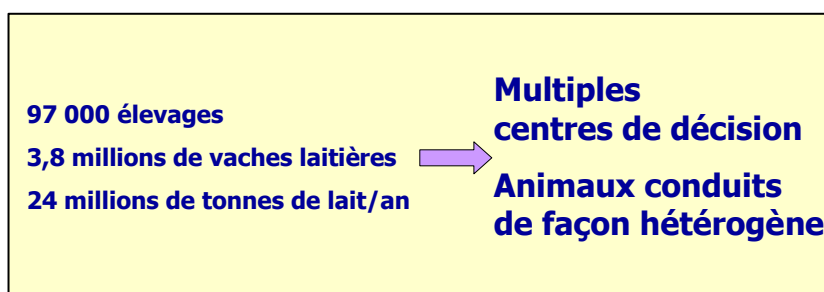
Cadre structurel de la sélection

Ruminants - Cas des bovins laitiers en France (2007)

Organisation collective de la sélection

Actions techniques collectives

Mutualisation des coûts, des risques et des bénéfices



B. La définition des objectifs de sélection

La définition des objectifs de sélection constitue la première étape d'un programme de sélection. Outre les organismes de sélection, elle fait intervenir différents acteurs des filières de production. Les objectifs dépendent des conditions d'élevage, du marché des produits, des attentes des consommateurs, etc : seule une approche pluridisciplinaire, incluant les sciences économiques et sociales, permet de définir rationnellement la liste des caractères que l'on souhaite améliorer et d'établir une hiérarchie entre eux. Ici, nous nous bornerons à souligner les contraintes qui pèsent sur la définition des objectifs et qui, d'une part, limitent le champ des possibilités et, d'autre part, rendent relative la notion même d'animal amélioré

1. Nécessité de se projeter dans l'avenir

Les délais entre une décision de sélection et ses répercussions à l'échelle de la production, c'est-à-dire lors de l'expression des caractères chez les descendants des reproducteurs sélectionnés, dépendent de la biologie de l'espèce (intervalle entre générations), du temps nécessaire aux épreuves de sélection et de la manière dont la diffusion des gènes des reproducteurs est organisée (présence ou non d'un étage de multiplication entre sélectionneurs et producteurs).

2. Nécessité de tenir compte des liaisons génétiques entre caractères

Les caractères zootechniques ne sont pas toujours indépendants entre eux (cf. GQ § III.E.3). Une sélection portant uniquement sur un caractère donné entraîne une évolution concomitante de tout caractère qui lui est lié, évolution dont le sens et l'intensité dépendent de la corrélation génétique entre les deux caractères. Ainsi, afin d'éviter des évolutions génétiques indésirables, il est nécessaire de faire porter l'effort de sélection sur plusieurs caractères à la fois, y compris lorsque les caractères sont antagonistes (il existe des méthodes de sélection permettant de s'accommoder de ce type de situation, voir plus loin).

Nécessité de se projeter dans l'avenir

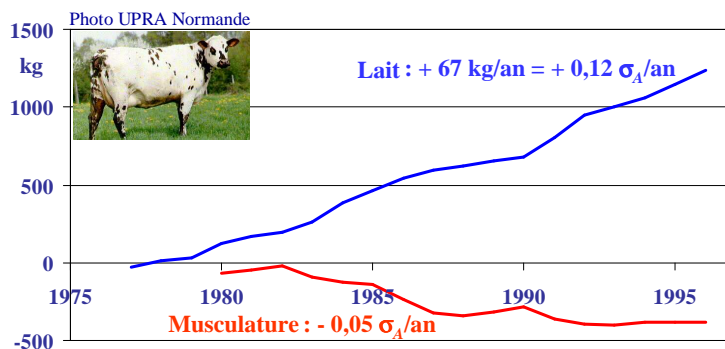
Relative lenteur du renouvellement des générations
Epreuves de sélection plus ou moins longues



Délai entre la phase amont d'un programme de sélection
et ses répercussions à grande échelle en élevage :
3 ans (poulet de chair) - 10 ans (bovins laitiers)

Antagonismes entre caractères

Evolutions génétiques observées en race bovine Normande



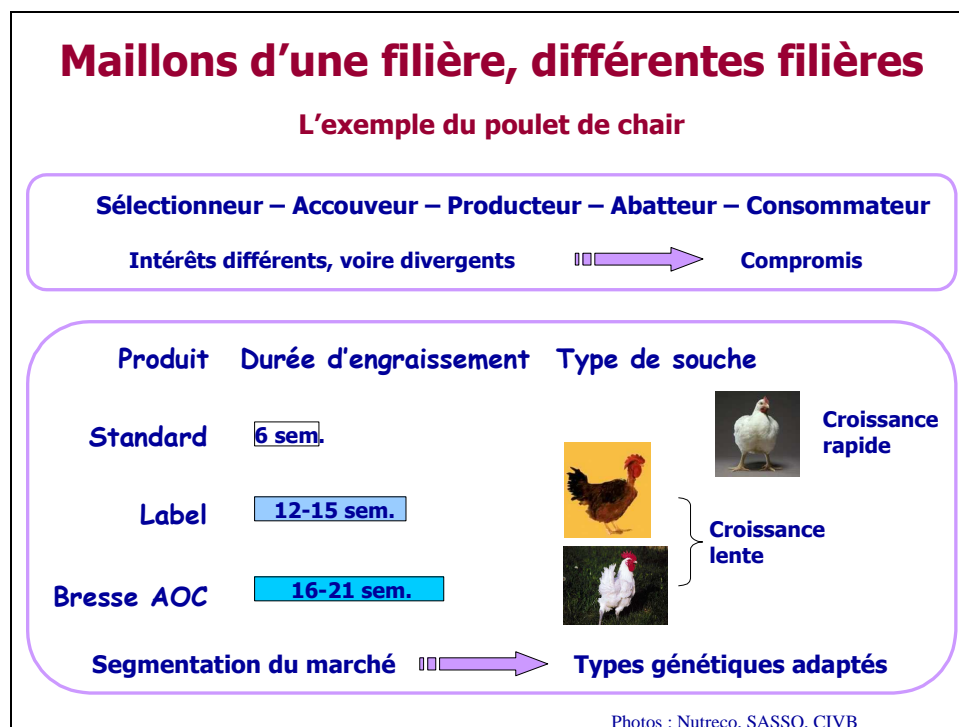
Eviter les réponses corrélées défavorables

- Prise en compte de plusieurs caractères
- Dispersion (nécessaire) des efforts de sélection

3. Relativité de la notion d'animal amélioré

Il n'est en général pas possible de définir dans l'absolu ce qu'est un animal amélioré. Cette notion dépend, entre autres :

- des attentes vis-à-vis des animaux, qui sont différentes selon que l'on est sélectionneur, producteur, consommateur, etc. ou selon le marché visé (exemple de la production de poulet de chair).
- des conditions de milieu dans lesquelles les animaux, issus des reproducteurs sélectionnés, sont élevés. Les phénomènes d'interaction génotype x milieu sont essentiels à considérer (cf. GQ, chapitre II, § D.2). Dans ces cas, en effet, selon les conditions de milieu, les différences entre génotypes sont plus ou moins importantes, voire peuvent s'inverser. Il convient donc de choisir des types génétiques adaptés au milieu, surtout si celui-ci est contraignant pour les animaux, et d'organiser les épreuves de sélection dans un milieu qui ne s'éloigne pas trop du milieu habituel d'élevage.



Prise en compte des contraintes de l'environnement



Charolaise



Aubrac



Créole de Guadeloupe

Contraintes de l'environnement



Productivité

Adaptation, rusticité

Photos : Rumimedia, S. Roussel, M. Naves

Contraintes sur le choix des objectifs

Limitation de l'étendue des possibles



Définition pour un avenir plus ou moins proche

Nombre de caractères et liaisons génétiques entre eux

Différentes filières, différents maillons

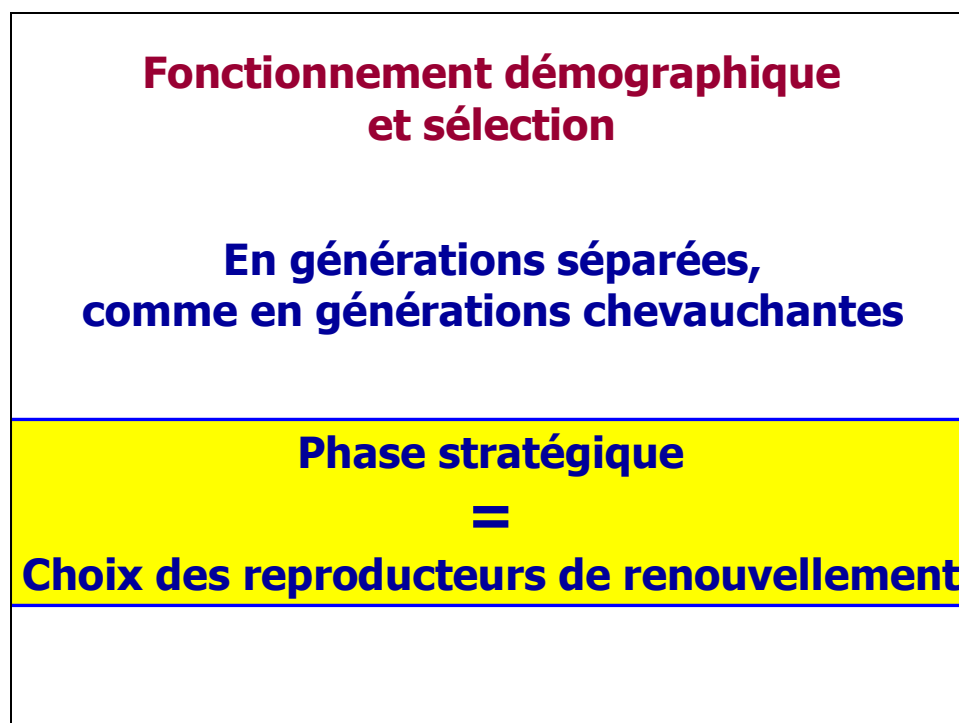
Différences d'objectifs selon le milieu d'élevage



Relativité de la notion d'animal amélioré

C. La place de la sélection dans le fonctionnement des populations

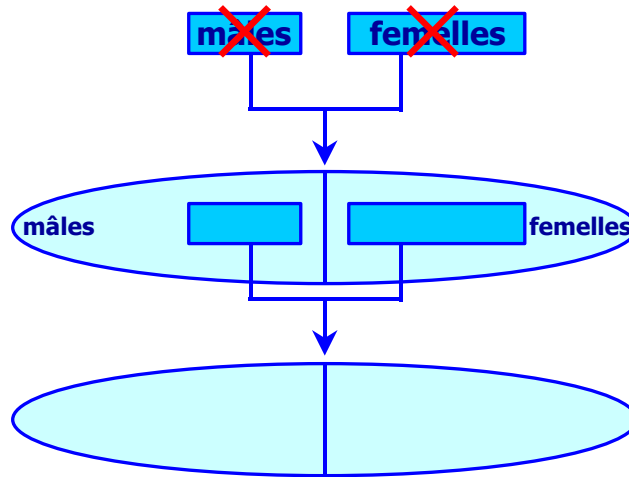
Une population est composée d'animaux qui se reproduisent entre eux, *les reproducteurs*, et qui donnent naissance à des jeunes. Certains animaux reproducteurs à un cycle donné ne le seront plus au cycle suivant, soit du fait de leur décès, soit, le plus souvent, du fait de leur élimination décidée par leur détenteur (*réforme*). Pour assurer le maintien de la population, il est indispensable de prévoir le *renouvellement* des animaux réformés ou disparus. Les animaux de renouvellement sont choisis parmi l'ensemble des jeunes animaux nés à un cycle donné. Ces derniers étant toujours plus nombreux que nécessaire, c'est au cours de cette étape du choix des reproducteurs de renouvellement que peut donc se situer une opération de sélection⁶. L'ensemble des animaux potentiellement futurs reproducteurs constituent les *candidats à la sélection* et les animaux sélectionnés sont ceux que l'homme « autorise » à entamer une carrière de reproducteur. Le processus de sélection, qui tire parti du remplacement d'anciennes générations de reproducteurs par des nouvelles, est donc fortement lié au fonctionnement démographique des populations.



⁶ Dans son ouvrage de 1859 cité plus haut, Darwin souligne ce phénomène dans le cas des populations naturelles et utilise ce constat pour étayer sa théorie de la sélection naturelle.

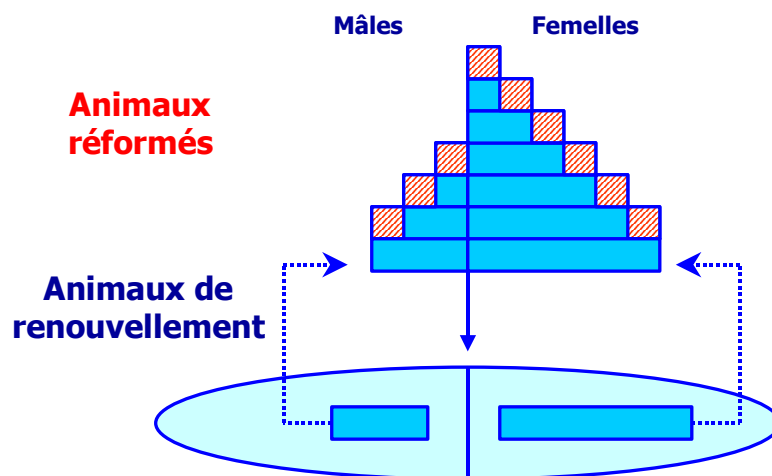
Démographie : générations séparées

Volailles, poissons



Démographie : générations chevauchantes

Porcs, herbivores



D. Les outils de la sélection

1. L'identification des animaux

L'identification des animaux est la base fondamentale

- de toute action technique collective : prévention sanitaire (prophylaxie), sélection, ...
- de la traçabilité des produits animaux
- de l'attribution de primes


Elle revêt des aspects que l'on retrouve dans la vie courante (voir figure ci-dessous) : immatriculation auprès de la sécurité sociale, immatriculation des véhicules, etc.

En France, l'identification de tous les animaux de tous les cheptels est obligatoire pour toutes les espèces de mammifères de ferme.

Outils - 1. L'identification

- Attribution d'un numéro unique à chaque animal
- Etablissement d'un « passeport »
- Apposition précoce d'une marque sur l'animal

Tatouage



Bague

Boucles

Puce électronique

**Problèmes pratiques chez certaines espèces (poissons)
et dans certains systèmes d'élevage (plein-air intégral)**

Photos : X., E. Bourgeat, X.

2. L'état civil

Les opérations d'établissement de l'état civil (filiation) reposent sur les déclarations des intervenants concernés : éleveurs dans tous les cas et, en cas de monte publique, inséminateur, étalonnier etc. En France, hormis les cas des chevaux, l'établissement de l'état civil n'est obligatoire que pour les animaux soumis au contrôle des performances (voir plus loin). En matière d'état civil, il est nécessaire de valider le contenu des déclarations :

- Vérification de la cohérence des informations : identité des parents déclarés, compatibilité de l'intervalle entre les dates indiquées pour la mise à la reproduction et la naissance avec la durée de gestation de l'espèce et de la race considérées.
- Contrôle de la filiation par marqueurs biologiques. Celui-ci peut être systématique dès lors que les enjeux génétiques et/ou financiers sont importants : jeunes mâles devant faire l'objet d'un contrôle individuel en station, ou d'une mise à l'épreuve de la descendance, jeunes poulains dans les races de course ou de sport, etc. Il est également réalisé par sondages, afin d'établir le taux d'erreur qui subsiste avec le système actuel d'établissement de l'état civil.

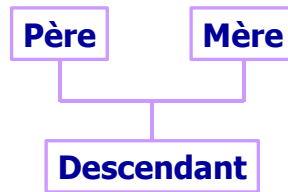
3. Le contrôle des performances

L'expression « contrôle des performances » désigne la mesure, en ferme ou en station, de certaines caractéristiques zootechniques des animaux. Dans un souci d'objectivité et de fiabilité, le contrôle de performances en ferme est confié à des organismes qui emploient du personnel spécialisé dans la réalisation des contrôles, sauf en ce qui concerne les caractères de reproduction qui sont réalisés par les éleveurs eux-mêmes. Les organismes de contrôle sont des groupements professionnels d'éleveurs (il ne s'agit pas d'organismes publics).

Principaux types de contrôles (cas des mammifères) :

- Le contrôle des aptitudes d'élevage (caractères dits fonctionnels) et de reproduction.
- Le contrôle des aptitudes laitières des femelles traites (contrôle laitier).
- Le contrôle des aptitudes bouchères, dit « contrôle de croissance », mais incluant d'autres contrôles que les seules pesées.

Outils - 2. L'état civil



- **Maîtrise possible**
1 seul mâle par enclos
monte en main
insémination artificielle
- **Problèmes pratiques**
systèmes très extensifs
- **Mammifères**
pas de difficulté majeure
- **Oiseaux, poissons**
contrôle du lieu de ponte

Enregistrements → Fichiers généalogiques (informatiques)

Responsabilité des opérations d'identification et d'état civil

Volailles	Entreprise de sélection elle-même
Ruminants	Etablissement de l'Élevage (EDE) <i>Organisme professionnel</i>
Chevaux	Haras Nationaux (fichier SIRE)

Dispositif reposant sur des déclarations d'éleveurs,
incluant des procédures de contrôle a posteriori
avec emploi de marqueurs biochimiques ou moléculaires

Le contrôle de filiation

Emploi de marqueurs génétiques

Microsatellites (anciennement, emploi des groupes sanguins)

Typage du produit, de son père et de sa mère supposés

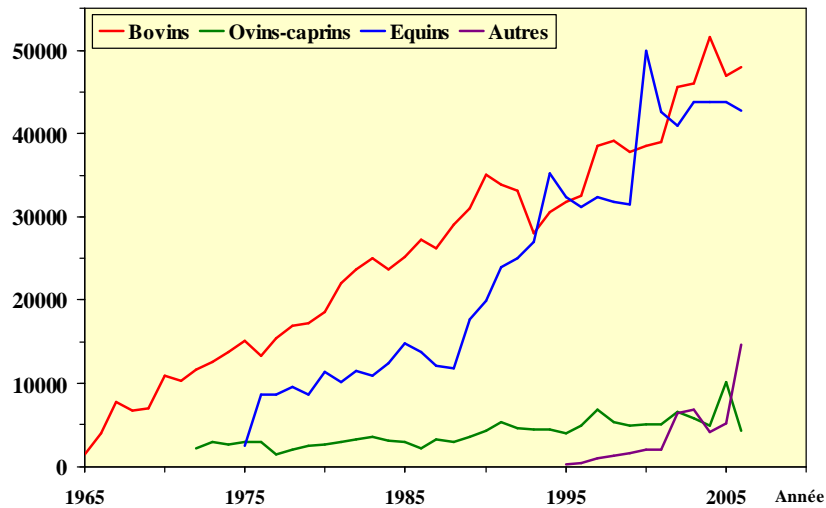
Vérification de la compatibilité avec une transmission Mendélienne

Protocoles d'analyse mis au point par un laboratoire de référence : Labogéna

Contrôles effectués à la demande ou pour :

- Mâles de monte publique : étalons nationaux ou privés, taureaux d'IA, ...
- Chevaux : tout produit des races Pur-Sang, Arabe et Trotteur Français, tout produit issu d'IA, de saillie étrangère ou de transfert embryonnaire
- Bovins : sondages aléatoires

Evolution du nombre de contrôles de filiation



Source : Labogéna

Outils - 3. Le contrôle de performances

- En station publique ou privée (firmes)
- En ferme

Mesure systématique des performances
de tous les animaux d'un ensemble de troupeaux

Les contrôles en ferme doivent :

- Porter sur des caractères économiquement importants et pouvoir être valorisés pour la conduite des troupeaux
- Etre simples, rapides et peu coûteux
- Etre effectués par du personnel spécialisé, extérieur aux élevages, selon un protocole unique et avec du matériel normalisé

Importance du contrôle de performances en ferme (France – chiffres 2005 ou 2006)

Contrôle Laitier	2 610 000 Vaches (70 %)
	800 000 Brebis (75 %)
	264 000 Chèvres (32 %)
Contrôle de Reproduction	764 000 Vaches (19 %)
	350 000 Brebis (7 %)
	332 000 Truies (30 %)
Contrôle de Croissance	450 000 Veaux
	275 000 Agneaux
	120 000 Porcs

Source : Institut de l'Elevage, Institut du Porc

4. Les typages moléculaires

Les outils de la biologie moléculaire ont connu fort développement depuis les 2 dernières décennies du XXème siècle. Les conséquences pour les espèces animales d'élevage ont été :

- Le développement de nombreux marqueurs moléculaires, d'abord majoritairement de type microsatellite puis, depuis le milieu des années 2000, à la faveur du séquençage du génome entier de certaines espèces d'élevage, de type SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*).
- L'établissement de cartes génétiques plus ou moins denses.
- La mise en évidence des mutations causales de certains gènes majeurs ou induisant des anomalies (voir chapitre III) et la mise au point de protocoles de détermination (avec certitude) du génotype aux gènes correspondants.
- La détection de QTL, c'est-à-dire de portions de chromosomes induisant des variations sur certains caractères mesurés (cf. GQ, chapitre VI).
- La mise en évidence des mutations causales de certains des QTL détectés.

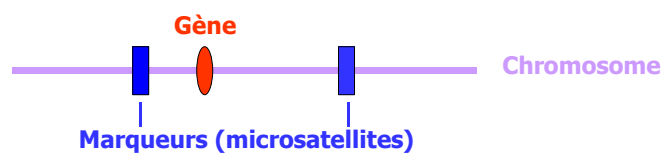
Outils - 4. Les typages (a) gènes connus

Maladies	BLAD - Bovin PrP (tremblante) - Ovin
Caractère « culard »	Myostatine - Bovin Halothane - Porc
Caséines	κ-Cn - Bovin α_{S1}-Cn - Caprin

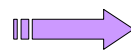
Chapitre III du polycopié

<http://www.inapg.inra.fr/dsa/uvf/AG/genes/genintro.htm>

Outils - 4. Les typages (b) marqueurs de QTL



Analyse conjointe :
Génotypes aux marqueurs,
Généalogies, Performances



Détection de QTL
(Quantitative Trait Locus)

Depuis
2001

Sélection Assistée par Marqueurs (SAM)
chez les bovins laitiers :

typage de certains animaux

(jeunes mâles, potentielles mères à taureaux, ...)

sur 45 marqueurs situés dans 14 zones QTL,
pour 8 caractères d'intérêt économique

