

**Université de Biskra –  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de  
l'Univers  
Département des Sciences Vétérinaires**

# **Amélioration Génétique et Biotechnologie AGB**

**Préparé par:**

**Dr. Houfani Asma**

**Année universitaire 2025/2026**

The background of the slide is a light gray gradient. In the top-left and bottom-right corners, there are several realistic-looking water droplets of various sizes, rendered with soft shadows and highlights to give them a three-dimensional appearance.

# **CHAPITRE IV : Sélection et progrès génétique**

## La sélection génétique

est une méthode d'amélioration des espèces utilisée en agriculture et en élevage. Elle repose sur le choix et la multiplication des individus porteurs de caractéristiques héréditaires avantageuses (productivité, résistance...). Initialement basée sur l'empirisme, elle a progressivement évolué vers des approches plus précises, telles que la sélection génomique, qui s'appuie sur l'analyse de l'ADN.

# Concepts clés de la sélection génétique

## 1. Sélection classique

La sélection classique repose sur l'observation directe des performances des individus, c'est-à-dire leur phénotype (croissance, production laitière, résistance apparente aux maladies, etc.), ainsi que sur l'étude de leur généalogie. Cette approche permet d'identifier les meilleurs reproducteurs en se basant sur leurs résultats et ceux de leurs ascendants. Bien qu'efficace, elle présente des limites : elle est souvent longue, car il faut attendre que l'animal ou la plante exprime ses caractéristiques, et elle ne permet pas de prédire avec certitude la transmission des gènes d'intérêt.

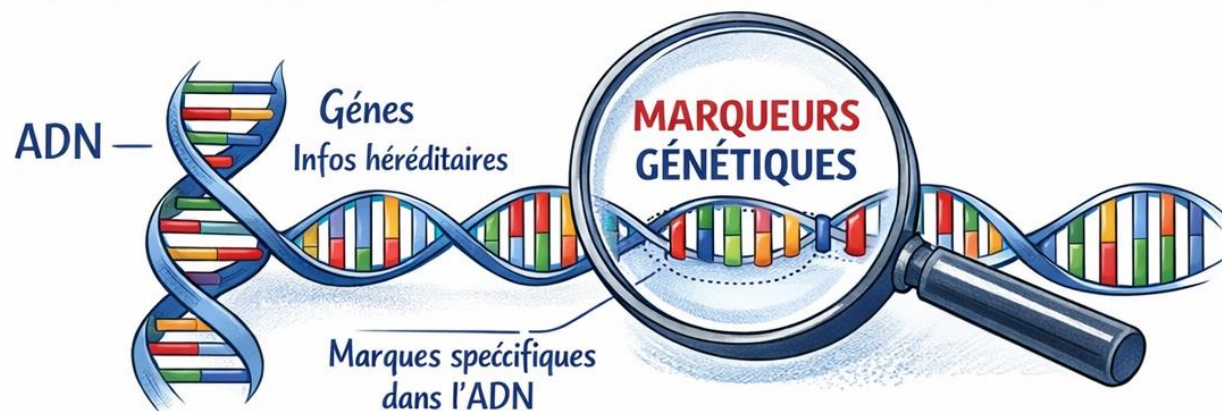
## 2. Sélection génomique

La sélection génomique constitue une avancée majeure. Elle repose sur l'analyse de l'ADN dès la naissance (voire avant, par des tests sur embryons ou semences).

En identifiant des marqueurs génétiques répartis sur l'ensemble du génome, elle permet d'estimer très précocement le potentiel génétique d'un individu, souvent sous la forme d'une valeur génomique prédite.

Cette méthode accélère considérablement le gain génétique en réduisant la durée des cycles de sélection et en augmentant la précision du choix des reproducteurs, même pour des caractères difficiles à mesurer directement.

# Marqueurs génétiques : C'est quoi ?



— Des “**BALISES**” dans le génome —



Marqueur A



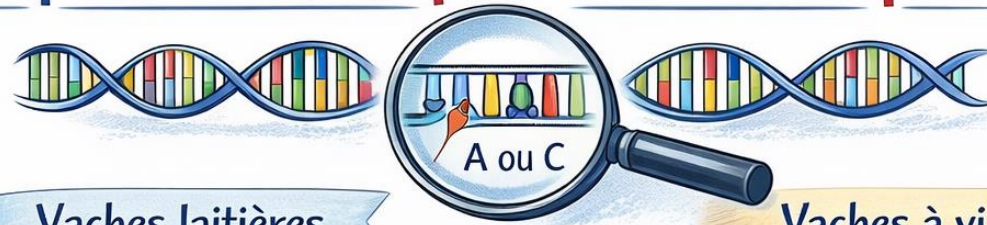
Marqueur B



Marqueur C

Des repères pour identifier des caractéristiques

# Exemples de Marqueurs Génétiques

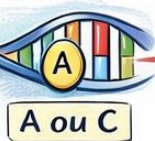


Vaches laitières

Vaches à viande

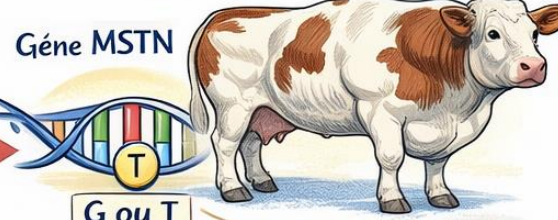


Gène DGAT1



A ou C

- Plus de lait,  
plus de matière grasse  
dans le lait (MG)



Gène MSTN



G ou T

- Croissance musculaire ++
- Double musculature

Sélectionner les meilleurs  
reproducteurs dès le plus jeune âge



### 3. Objectifs de la sélection génétique

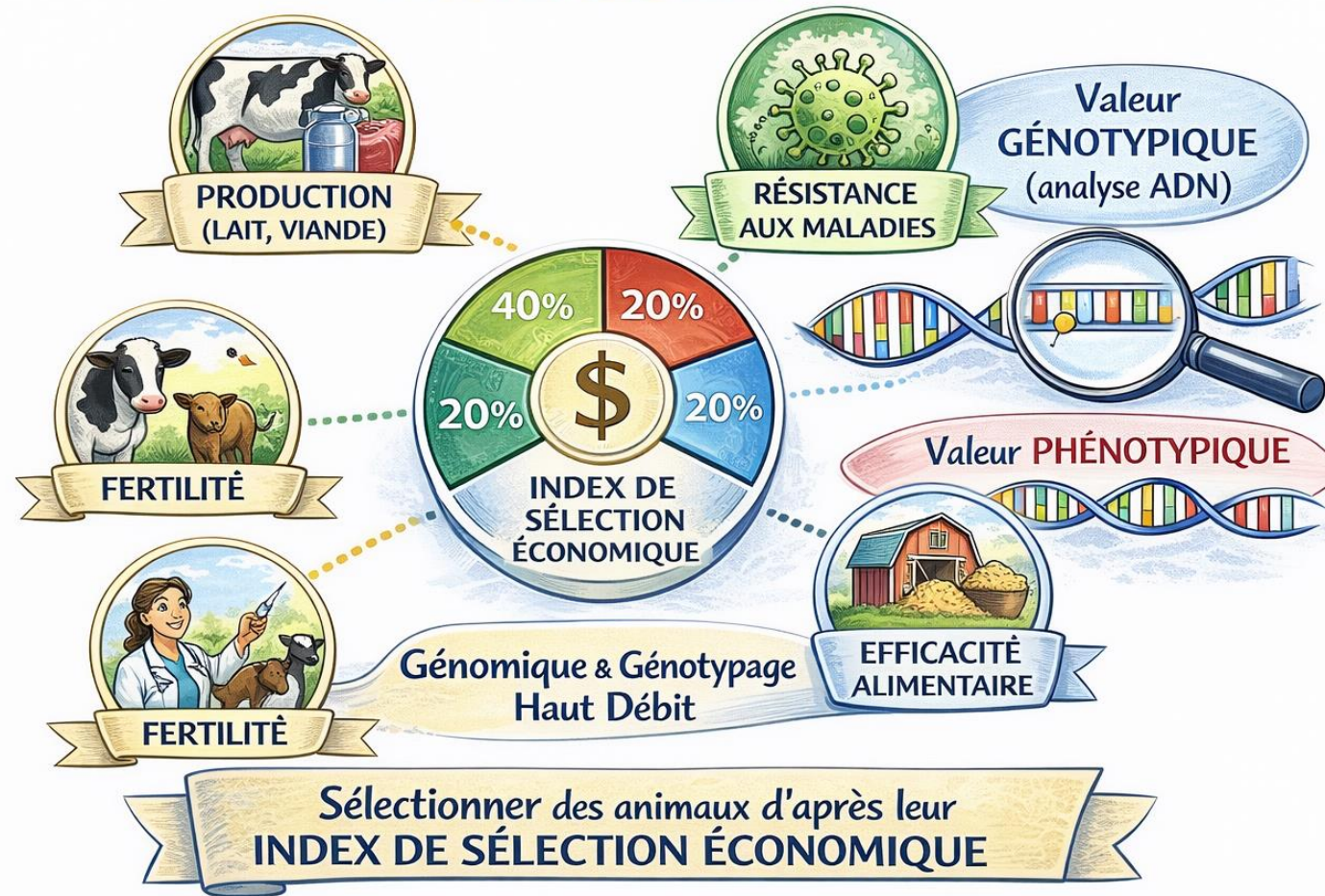
Les objectifs visés par la sélection génétique, qu'elle soit classique ou génomique, évoluent pour répondre aux enjeux contemporains :

- **Amélioration de la productivité** : augmenter les rendements (lait, viande, œufs, grains, etc.) tout en maintenant ou en améliorant la qualité des produits.
- **Renforcement de la robustesse** : développer des individus plus résistants aux maladies et aux parasites, ce qui réduit le recours aux traitements médicamenteux et améliore le bien-être animal. La robustesse inclut également une meilleure capacité d'adaptation aux conditions d'élevage ou de culture variées.
- **Adaptation aux changements climatiques** : sélectionner des organismes capables de supporter des contraintes environnementales croissantes, telles que la sécheresse, les températures extrêmes, ou de nouvelles pressions sanitaires liées au climat.

## **Les critères de sélection génétique**

Les critères de sélection génétique visent à améliorer des caractères phénotypiques (production, santé, morphologie) en s'appuyant sur leur valeur génotypique. Ils incluent la production (lait, viande), la fertilité, la résistance aux maladies et l'efficacité alimentaire, souvent combinés dans un index de sélection économique. La sélection moderne utilise la génomique et le génotypage haut débit.

# Critères de Sélection Génétiques



## **Principaux éléments des critères de sélection**

Les critères de sélection sont les caractéristiques mesurables sur lesquelles le sélectionneur se base pour choisir les individus qui se reproduiront. Leur choix est essentiel car il oriente l'évolution génétique du troupeau ou de la population.

## 1. Production

La production constitue souvent le critère principal en sélection animale et végétale, car elle détermine directement **la rentabilité économique**.

**Quantité :** Il s'agit du volume de production, qu'il s'agisse de litres de lait, de kilos de viande, du nombre d'œufs, ou encore du rendement en grains pour les cultures. Cet objectif est mesurable objectivement et répond aux exigences de productivité des filières.

**Qualité :** Au-delà de la quantité, la qualité des produits est devenue un enjeu majeur, tant pour l'industrie agroalimentaire que pour les attentes des consommateurs. En production laitière par exemple, on sélectionne sur les taux protéiques et les taux gras, qui influencent le rendement fromager et la valeur nutritionnelle. En production bovine, on peut sélectionner le marbrure de la viande ou la tendreté.

## 2. Santé et morphologie

La durabilité des animaux repose en grande partie sur leur capacité à rester en bonne santé et à bien fonctionner dans leur environnement.

**Résistance aux maladies :** La sélection peut cibler des animaux naturellement moins sensibles aux maladies infectieuses (mammites, maladies respiratoires) ou parasitaires. Cette approche contribue à réduire l'usage des antibiotiques et s'inscrit dans une démarche d'élevage plus durable.

**Conformation des membres :** La solidité des aplombs et la qualité des articulations sont essentielles pour la longévité et le bien-être animal. Des membres défectueux peuvent entraîner des boiteries, une réduction de la mobilité et une réforme prématurée.

### 3Fertilité :

La capacité à se reproduire efficacement est un pilier de toute production animale. Les critères de fertilité incluent la facilité de vêlage (vêlage facile), la précocité sexuelle, la régularité des cycles ou encore le taux de réussite à l'insémination. Une bonne fertilité limite les renouvellements non désirés et améliore la rentabilité.

### 3. Efficacité

L'efficacité regroupe des critères qui relient la production aux ressources consommées, un enjeu crucial pour la compétitivité et la réduction de l'empreinte environnementale.

- **Aptitude à la boucherie :** Ce critère évalue le rendement carcasse (proportion de viande par rapport au poids vif) et la qualité de la découpe. En production bovine, ovine ou porcine, on sélectionne des animaux qui produisent une carcasse bien conformée, avec un bon rapport muscle/os.
- **Consommation moyenne résiduelle (CMR) :** Il s'agit d'un critère d'efficacité alimentaire qui mesure la quantité d'aliment consommée par un animal au-delà de ses besoins théoriques pour la production et l'entretien. Une CMR faible indique un animal plus efficient, qui produit autant (lait, viande) avec moins d'aliment.

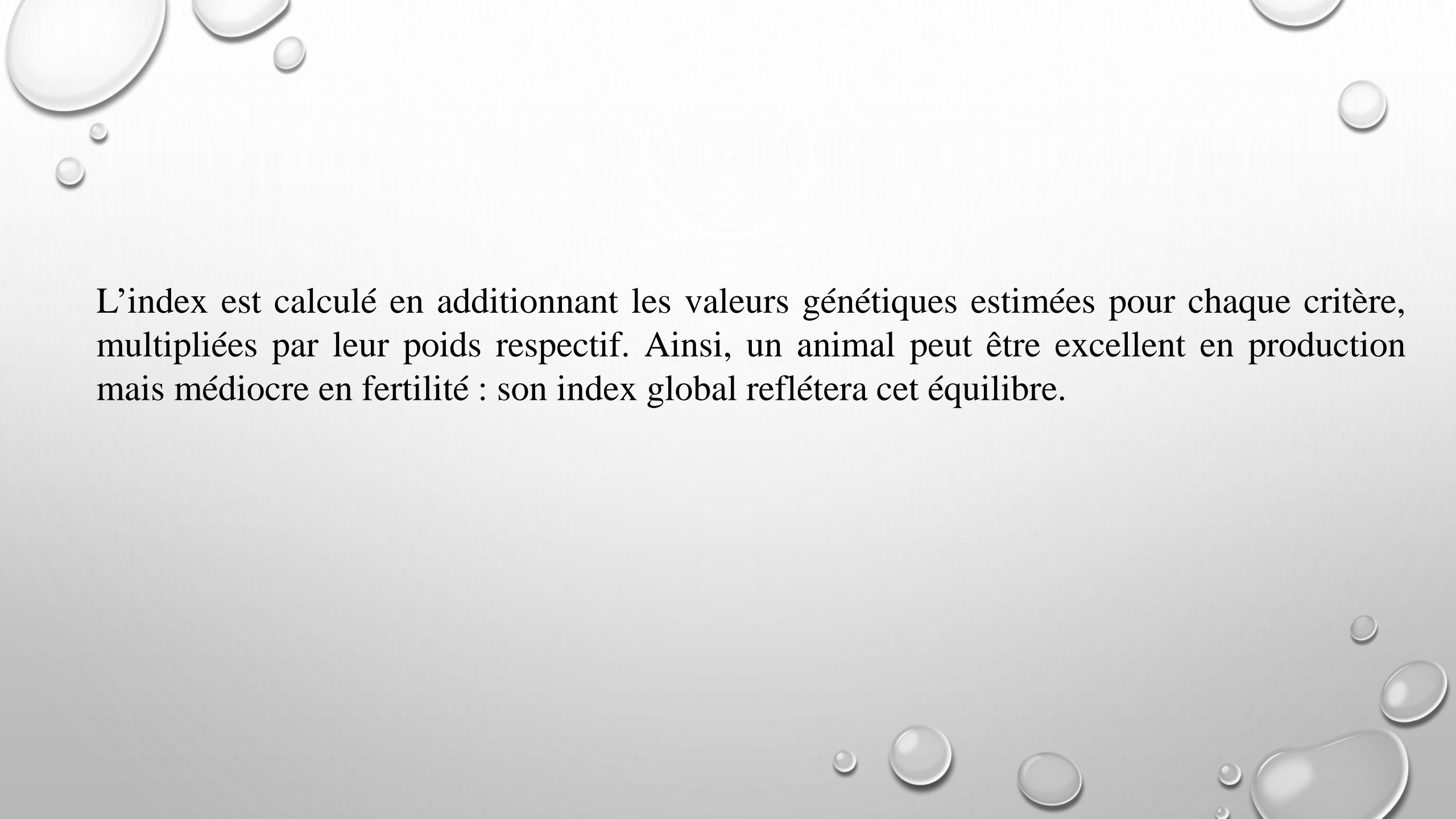
## 4. Index de sélection (IS)

L'index de sélection est un outil mathématique qui permet de combiner plusieurs critères de sélection en une seule valeur synthétique.

**Principe** : Chaque critère (production laitière, fertilité, résistance aux maladies, etc.) se voit attribuer **un poids économique ou une importance relative**.

Ces poids sont définis en fonction des objectifs de l'éleveur ou du programme de sélection (exemple : 50 % pour la production, 30 % pour la santé, 20 % pour l'efficacité alimentaire).

Combinaison pondérée : L'index est calculé en additionnant les valeurs génétiques estimées pour chaque critère, multipliées par leur poids respectif. Ainsi, un animal peut être excellent en production mais médiocre en fertilité : son index global reflétera cet équilibre.



L'index est calculé en additionnant les valeurs génétiques estimées pour chaque critère, multipliées par leur poids respectif. Ainsi, un animal peut être excellent en production mais médiocre en fertilité : son index global reflétera cet équilibre.

## Formule générale de l'IS 1

$$IS = \sum_{i=1}^n (w_i \cdot x_i)$$

: où

- nombre de critères sélectionnés (traits) =  $n$
- valeur de l'animal pour le critère  $i$  (par exemple : % de viande, CMR, fertilité...) =  $x_i$
- poids attribué à chaque critère  $i$  selon son importance =  $w_i$

## Exercice

Un éleveur souhaite sélectionner un animal en se basant sur trois critères : la production laitière, la santé (résistance aux maladies) et l'efficacité alimentaire (CMR). Pour ce programme de sélection, les poids économiques attribués à chaque critère sont : 50 % pour la production laitière, 30 % pour la santé et 20 % pour l'efficacité alimentaire.

Les valeurs mesurées pour un animal sont les suivantes : la production laitière est de 0,7, la santé de 0,8 et l'efficacité alimentaire de 1,5.

### Questions :

1. Calcule la contribution de chaque critère à l'Index de Sélection (IS) en multipliant la valeur de chaque critère par son poids.
2. Calcule l'IS total de l'animal en additionnant toutes les contributions.
3. Interprète le résultat : est-ce que cet animal est considéré comme performant selon ce programme de sélection ?

## Données de l'exercice

: Critères et poids •

$w_1 = 0,5$  Production laitière •

$w_2 = 0,3$  Santé •

$w_3 = 0,2$  Efficacité alimentaire (CMR) •

: Valeurs de l'animal •

$x_1 = 0,7$  Production laitière •

$x_2 = 0,8$  Santé •

$x_3 = 1,5$  Efficacité alimentaire •

: La contribution de chaque critère à l'IS se calcule ainsi

$$\textit{Contribution} = \textit{Poids} \times \textit{Valeur}$$

: Calculs

: Production laitière .1

$$0,5 \times 0,7 = 0,35$$

: Santé .2

$$0,3 \times 0,8 = 0,24$$

: Efficacité alimentaire (CMR) .3

$$0,2 \times 1,5 = 0,3$$

: On a donc les contributions suivantes

**"Production : 0,35"**

**"Santé : 0,24"**

**"Efficacité : 0,3"**

## Calcul de l'IS total

$$IS = 0,35 + 0,24 + 0,3 = 0,89$$

## Interprétation du résultat

.L'IS combine tous les critères selon leur poids économique

.Plus l'IS est élevé, plus l'animal est performant selon les objectifs de sélection

Dans ce cas, 0,89 est une valeur correcte mais pour savoir si l'animal est performant, il faut comparer

.avec les autres animaux du troupeau

.Si d'autres animaux ont un IS inférieur à 0,89 → cet animal est préférable pour la sélection

## Objectif :

L'index de sélection vise à maximiser le progrès génétique global sur l'ensemble des objectifs d'élevage, plutôt que de progresser sur un seul caractère au détriment des autres.

Il permet d'éviter les déséquilibres (par exemple, une hausse de la production accompagnée d'une dégradation de la fertilité) et d'orienter la sélection vers des animaux plus polyvalents et plus durables.

## Les méthodes traditionnelles d'amélioration génétique des populations

Les méthodes de sélection classique en génétique animale et végétale visent à améliorer une population en choisissant les meilleurs reproducteurs.

Elles incluent la sélection massale (sur performances propres), et la sélection familiale basée sur la parenté : ascendance (parents), descendance (enfants) ou collatéraux (frères/sœurs), optimisant le progrès génétique selon l'héritabilité du caractère

# MÉTHODES DE SÉLECTION CLASSIQUE

## SÉLECTION MASSALE (Sur performances propres)



- Basée sur les performances individuelles.

### Exemple :

- Vaches à forte production laitière
- Plantes à haut rendement



## SÉLECTION FAMILIALE (Basée sur la parenté)

### Ascendance (Parents)

- Ex : Évaluer les parents



- Taureau issu d'une mère laitière performante

### Descendance (Enfants)

- Ex : Test de descendance



- Évaluer les filles d'un taureau



- Collatéraux (Frères / Soeurs)

- Ex : Observer les collatéraux
- Frères avec bonne croissance



# Sélection massale (ou individuelle)

## Définition et principe

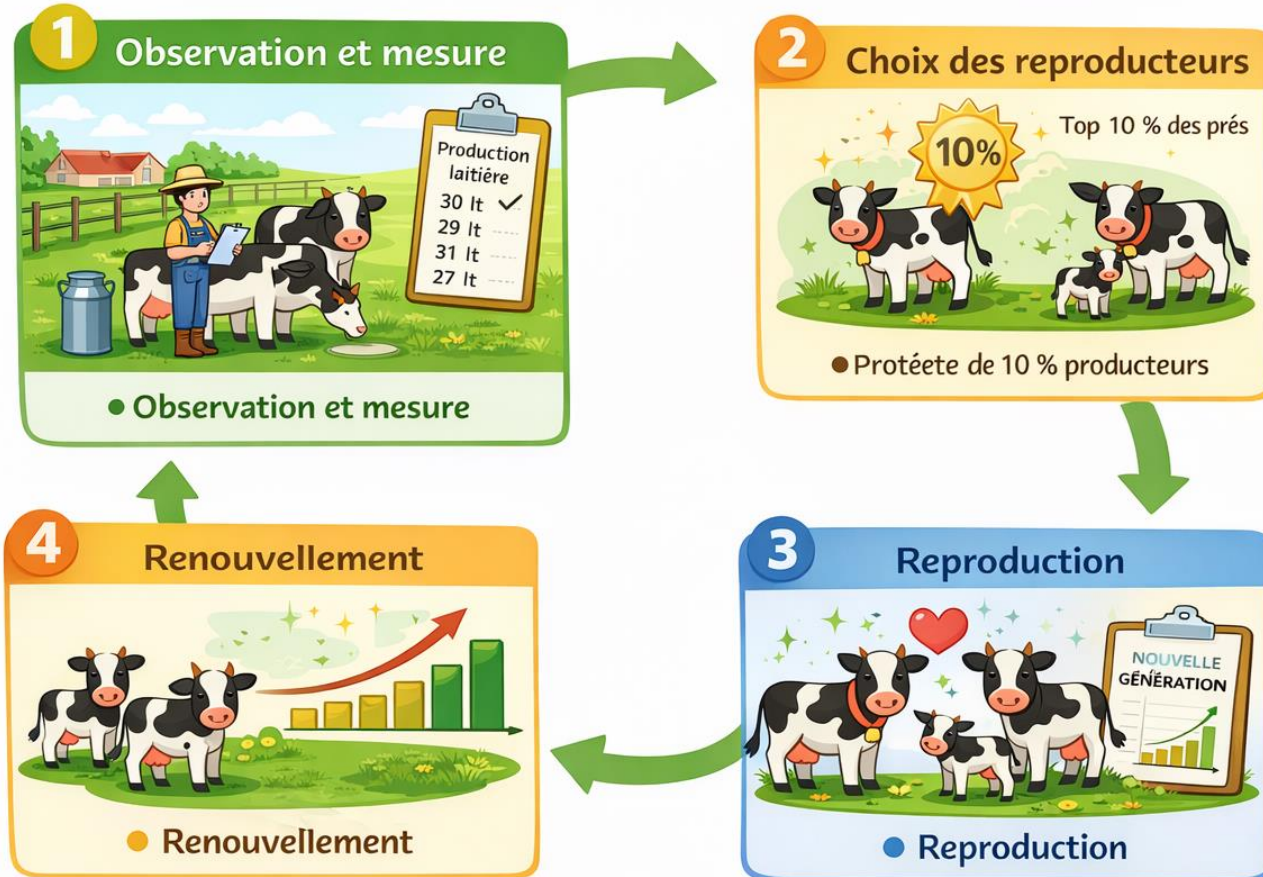
La sélection massale est la forme la plus ancienne et la plus intuitive de sélection génétique. Elle consiste à choisir les individus reproducteurs uniquement sur la base de leurs propres performances, c'est-à-dire leur phénotype, sans tenir compte de leur ascendance, de leur descendance ou de leur parenté avec d'autres individus.

Le terme « massale » vient du fait que l'on sélectionne en masse, au sein d'une population, les sujets qui présentent les caractéristiques recherchées (croissance rapide, forte production, résistance, etc.), et on les utilise pour reproduire la génération suivante.

La sélection massale se déroule en plusieurs **étapes simples** :

1. **Observation et mesure** : On évalue les individus pour le ou les caractères d'intérêt. Ces mesures doivent être précises, objectives et réalisables sur un grand nombre d'individus.
2. **Choix des reproducteurs** : On retient une proportion déterminée des meilleurs individus (par exemple, les 10 % les plus performants) pour former les parents de la génération suivante.
3. **Reproduction** : Les individus sélectionnés sont croisés entre eux, souvent de manière aléatoire ou selon un plan d'accouplement simple.
4. **Renouvellement du cycle** : Le processus est répété à chaque génération, ce qui permet d'accumuler progressivement **les progrès génétiques**.

# PROCESSUS DE SÉLECTION MASSALE



## Sélection familiale

La sélection familiale est une méthode de sélection génétique qui repose sur les performances des individus apparentés (famille) plutôt que uniquement sur l'individu lui-même. Elle est particulièrement utile lorsque le caractère étudié a une faible héritabilité, car elle permet d'obtenir une estimation plus fiable de la valeur génétique.

## 1. Sélection sur ascendance (parents)

### Principe

Cette méthode consiste à évaluer un individu en fonction des performances de ses parents.

L'idée est que les bons parents transmettent leurs qualités génétiques à leur descendance.

### Exemple :

- Choisir un taureau dont la mère est une vache à forte production laitière.
- Sélectionner une plante issue de parents à haut rendement.

## **Sélection sur descendance (test de descendance)**

### **Principe**

On évalue un reproducteur en observant les performances de ses descendants (enfants).  
C'est une méthode très fiable car elle reflète directement la transmission des caractères.

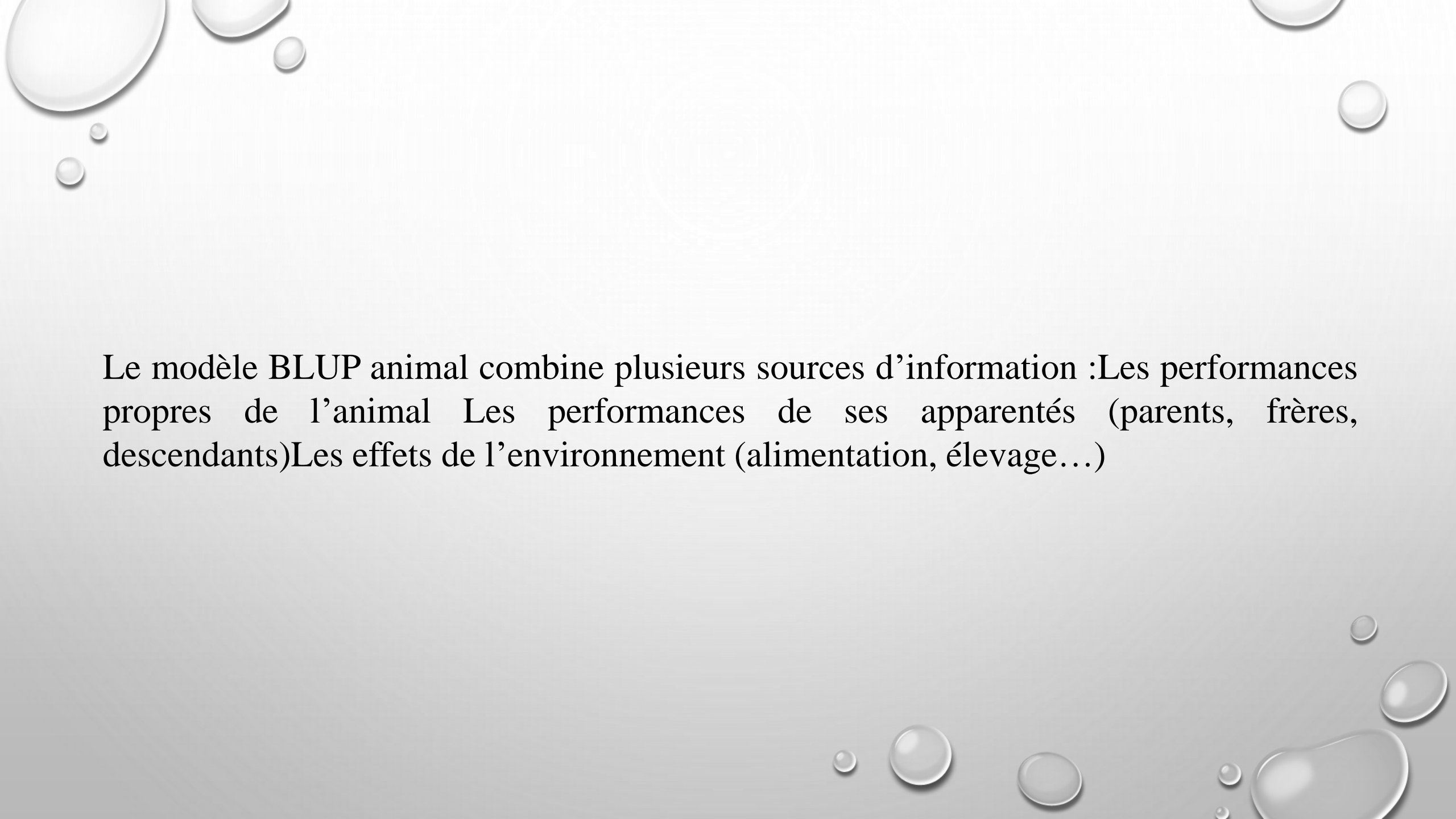
### **Exemple :**

- Évaluer un taureau en analysant la production laitière de ses filles.
- Choisir une variété végétale en fonction du rendement de ses plants descendants.

## Le BLUP test : modèle animal

Le BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) est une méthode statistique utilisée en génétique pour estimer la valeur génétique d'un animal avec la plus grande précision possible.

Le modèle animal est une forme avancée du BLUP qui prend en compte toutes les relations de parenté entre les individus (parents, descendants, collatéraux).



Le modèle BLUP animal combine plusieurs sources d'information :  
Les performances propres de l'animal  
Les performances de ses apparentés (parents, frères, descendants)  
Les effets de l'environnement (alimentation, élevage...)

## Sélection génomique par marqueurs génétiques (MAS)

La sélection assistée par marqueurs (MAS : Marker Assisted Selection) est une méthode moderne qui utilise des marqueurs génétiques (ADN) pour sélectionner les meilleurs individus.

Un marqueur génétique est une portion d'ADN liée à un caractère d'intérêt (production, résistance aux maladies...).

## Étapes de la MAS

1. Identification des marqueurs associés à un caractère
2. Analyse génétique des individus (test ADN)
3. Sélection des individus porteurs des bons marqueurs
4. Reproduction des meilleurs

### . Les microsatellites

Définition :Ce sont des séquences répétées courtes d'ADN (2 à 6 nucléotides répétés plusieurs fois, par ex. CACACACA...).

**Les QTL (Quantitative Trait Loci)**Définition :Ce sont des régions du génome associées à un caractère quantitatif (taille, poids, production de lait...).

### . Les SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms)

Définition :Ce sont des variations d'un seul nucléotide dans le génome d'une population.

## 2. Le progrès génétique

### 2.1 Définitions

Le progrès génétique est la modification positive des caractères héréditaires d'une population grâce à la sélection des meilleurs reproducteurs.

Il reflète l'efficacité d'un programme d'amélioration génétique.

Exemple : augmentation de la production laitière chez les vaches ou du poids vif chez les bovins de viande.

## 2.2 Paramètres du progrès génétique

Le progrès génétique dépend de plusieurs facteurs interconnectés, souvent représentés par la formule simplifiée :

$$\Delta G = \frac{i \times r \times \sigma_g}{L}$$

où :

- $i$  = intensité de sélection
- $r$  = précision de la sélection
- $\sigma_g$  = variabilité génétique
- $L$  = intervalle de génération

### 2.2.1 Variabilité génétique

C'est la diversité des gènes dans une population.

Rôle : Plus elle est grande, plus le potentiel de progrès génétique est élevé.

Exemple : Chez les porcs, la variation du poids à la naissance permet de sélectionner les meilleurs reproducteurs.

### 2.2.2 Pression de sélection

Proportion des animaux choisis comme reproducteurs par rapport à la population totale.  
Exemple : Sélectionner les 5% de vaches les plus productives pour la reproduction.

### 2.2.3 Précision de la sélection

Fiabilité de l'évaluation des reproducteurs basée sur leurs performances et/ou celles de leurs descendants.

Exemple: Utilisation de l'évaluation génomique ou de la performance individuelle pour prédire la valeur génétique d'une vache laitière.

## 2.2.4 Intervalle de génération

Temps moyen entre deux générations consécutives.

Exemple : Dans les poules pondeuses, l'intervalle est plus court que chez les bovins, ce qui permet un progrès plus rapide.