**Chapitre 04 : Héritabilité**

* **mesure de la contribution génétique à la variation phénotypique :**

Une question récurrente posée par les généticiens travaillant avec des caractères multifactoriels concerne la part relative des facteurs génétiques par rapport aux effets de l’environnement sur la variation phénotypique observée entre les individus.

* **Notion d’héritabilité :** Le terme **héritabilité** est utilisé pour désigner la proportion de la variation phénotypique totale qui est due aux facteurs génétiques. Pour un caractère multifactoriel d’une population donnée, une héritabilité élevée indique que la variation phénotypique est majoritairement liée à des facteurs génétiques et que l’environnement a moins d’effet sur l’expression de ce caractère. Au contraire, une héritabilité faible traduit un impact important de l’environnement sur l’expression du caractère au sein de la population.

Le concept d’héritabilité est fréquemment mal compris et mal utilisé. Il est important de préciser qu’il n’indique pas quelle proportion d’un caractère est déterminée génétiquement ou quelle part du phénotype d’un individu est déterminée par son génotype. Ces dernières années, une mauvaise interprétation de l’héritabilité, pour des caractères quantitatifs humains, a conduit à des controverses, en particulier dans l’interprétation des mesures du quotient intellectuel ou Ql. Les variations dans les estimations d’héritabilité des Ql entre différents groupes raciaux ont conduit à des conclusions incorrectes qui tendaient à dire que des bases génétiques étaient à l’origine de différences de niveau d’intelligence mesurées entre les groupes raciaux. Ces insinuations interprètent mal le concept d’héritabilité et ignorent notamment l’impact de la relation génotype-environnement sur la variation phénotypique dans une population. De plus, l’héritabilité n’est pas constante pour un caractère donné. Par exemple, la valeur d’héritabilité de la production d’œufs dans un groupe de poules maintenues en cages individuelles peut s’avérer élevée, indiquant que les différences de productions d’œufs entre les individus sont largement dues à des différences génétiques dans la mesures ou les poules sont maintenues dans des environnements similaires. Pour un autre groupe de poules, élevée en plein, l’héritabilité de la production en œuf peut se révéler plus faible et ces différences peuvent refléter la variation d’environnement.Ces différences peuvent inclure la quantité de nourriture que les volatiles arrivent à trouver et la manière dont ils entrent en compétition pour trouver un bon perchoir afin d’y passer la nuit. L’héritabilité nous indique donc la proportion de la variation phénotypique qui peut être attribuée à des variations génétiques pour une population donnée dans un environnement donné. Si nous mesurons l’héritabilité pour le même caractère dans plusieurs populations vivant dans des environnements différents, nous trouverons fréquemment que les valeurs d’héritabilité calculées ont des écart-type élevée. Ceci est un point important dont il faut se souvenir, en particulier pour le calcul d’héritabilité au sein de populations humaines. Une valeur moyenne d’héritabilité de 0.65 pour la taille humaine ne signifie pas que votre taille est à 65% contrôlée par vos gènes, mais plutôt que dans l’échantillon de population étudié, en moyenne 65% de la variation de la stature peut être attribuée à des différences génotypiques entre individus.

1. **Composantes de la variance phénotypique:**

Nous pouvons considérer maintenant comment les généticiens séparent la variation phénotypique dans une population, en facteurs génétiques et environnementaux. Comme nous l’avons vu dans les parties précédentes, cette variation peut être quantifiée sous forme de variance d’échantillon : c'est-à-dire en prenant des mesures du caractère en question à partir d’un ensemble représentatif de la population et en déterminant la dispersion de ces mesures autour de la moyenne. Ceci nous donne une estimation de la variance phénotypique totale (*V*P). les estimations de l’héritabilité sont obtenues en utilisant différents dispositifs expérimentaux et des tests statistiques pour diviser *v*p en **variance génotypique** (*V***G)** et **variance environnementale** (*VE*).

Un troisième facteur qui contribue à des variations phénotypiques provient de la manière dont un génotype se traduite par un phénotype différent suivant l’environnement dans lequel il se réalise. Par exemple, la variété de blé A peut produire en moyenne 1260 kg/ha sur un sol pauvre alors que la variété B en produira en moyenne 1071 kg/ha. Sur un bon sol, la variété a produira 1386 kg/ha tandis que la variété B produira 1575 kg/ha. Il existe des différences de rendement entre les deux variétés génétiquement différentes donc la variation de production a une composante génétique. Les deux variétés produisent plus sur un sol de bonne qualité donc la production est aussi influencée par l’environnement. Cependant, nous voyons que les deux variétés ne répondent pas de la même manière à l’amélioration du sol. Les génotypes de la variété B ont une progression de rendement beaucoup plus forte et produisent plus que la variété A lorsque le sol est bon. Nous avons ainsi des différences d’interactions entre génotype et environnement qui contribuent aux différences de rendements. Cette troisième composante de la variation phénotypique est la **variance d’interaction génotype-environnement** (*VGxE*)( figure 2.4).

Nous pouvons maintenant résumer toutes les composantes de la variance phénotypique totale *VP* par l’équation suivante :

VP = VG + VE + VGxE

En d’autres termes, la variation phénotypique totale peut être subdivisée en variance génotypique, variance environnementales et variance d’interaction génotype-environnement. Pour mesurer l’héritabilité d’un caractère multifactoriel, les chercheurs estiment souvent que la variance d’interaction génotype-environnement est faible ou assez faible pour être soit ignorée soit incluse dans la variance environnementale.





**Figure 2.4.** Exemple de la varianced’interaction génotype-environnement

Cependant, il faut se souvenir que ce type d’approximation justifie que l’héritabilité est estimée pour une population donnée et ne constitue pas en attribut fixe pour un caractère.

Les sélectionneurs d’animaux ou de plantes utilisent une palette de techniques expérimentales pour évaluer les héritabilités en décomposant les mesures des variances phénotypiques en leurs composantes génotypiques et environnementales. Une des approches consiste à utiliser des souches pures ne contenant que desindividus génétiquement homogènes avec des génotypes très largement homozygotes pour tester l’impact de différentes conditions environnementales sur la variabilité phénotypique. Les variations entre individus provenant de souches différentes élevées dans un environnement équivalent proviennent probablement de facteurs génétiques. Au contraire, les variations entre individus d’une même lignée élevés dans des environnements différents sont plus probablement dues à des facteurs environnementaux. D’autres approches impliquent des analyses de variance pour un caractère quantitatif entre descendants de différents croisements, ou la comparaison de l’expression de différents caractères entre parents et descendants élevés dans le même environnement.

**L’héritabilité au sens large :**

L**’héritabilité au sens large**(représentée par le terme***H2***) mesure la contribution de la variance génotypique à la variation phénotypique totale :

*H2* = $\frac{V\_{G}}{V\_{P}}$

Ces valeurs de l’héritabilité pour un caractère dans une populations’échelonnent entre 0 et 1. Les valeurs proches de l’indiquent que les conditions environnements on peut d’effet sur la variance phénotypique qui est alors très largement due aux différences génotypiques entre individus au sein de la population. Les valeurs faibles ou proches des 0 indiquent que des facteurs environnementaux et non génétiques sont principalement responsables des différences phénotypiques observées au sein de la population étudiée. Peu de caractères quantitatifs ont en fait des valeurs très fortes ou très faibles suggérant que l’environnement et les génotypes contribuent tous les deux à l’expression de la majorité des phénotypes.

La composante de variance génétique *V*G utilisée pour mesure l’héritabilité au sens large inclut tous les types de variation génétique dans la population : il n’y a pas de distinction entre les caractères quantitatifs polygéniques déterminés par des allèles à effets additifs, dominant ou épistatiques. L’estimation de l’héritabilité au sens large considère également que la variance génotype-environnement est négligeable. De ce fait, l’héritabilité au sens large d’un caractère est surtout intéressante du point de vue général, mais les différentes limitées énoncées font que cette mesure de l’héritabilité est peu utilisée dans les programmes de croisement. Les sélectionneurs d’animaux ou de plantes, qui veulent améliorer des caractères spécifiques chez des animaux ou augmenter le rendement de certaines plantes cultivées, ont besoin d’une estimation plus précise de l’héritabilité des caractères qu’ils souhaitent manipuler au sein d’une population. Un autre estimateur, l’héritabilité au sens étroit, a donc été élaboré.

**L’héritabilité eu sens étroit :**

**L’héritabilité eu sens étroit**(***h2***) est la proportion de la variance phénotypiques due aux seuls additifs de la variance génotypique. La variance génotypique peut être décomposée en composantes reflétant les différents modes d’action des allèles de plusieurs loci impliqués dans un caractère quantitatif. Comme tous les gènes impliqués dans un caractère quantitatif ne modifient pas le phénotype de la même manière, cette réparation permet de distinguer trois modes d’action génétique différents. La **varianceadditive**, *V*A, est la variance génotypique liée à l’action additive des allèles aux loci quantitatifs. La **variancededominance**, *V*D, est l’écart à l’additivité lorsque l’expression du phénotype d’un hétérozygote s’écarte de la stricte somme des effets individuels des allèles des homozygotes de départ. La **varianced’interaction**, *V*I, est l’écart à l’additivité lorsque deux loci ou plus interagissent en épistasie. Le niveau de la variance d’interaction est souvent négligeable et cette composante peut être exclue des calculs de variance génotypique.

La partition de la variance génotypique *V*G peut être résumée par l’équation suivante :

*V*G *= V*A *+V*D*+V*I

Et l’héritabilité au sens étroit, estimée uniquement sur la portion de variance génotypique due aux effets additifs, devient :

*h2=* $\frac{V\_{A}}{V\_{P}}$

 *en omettant V*I et en séparent *V*P entre ses composantes de variance génotypique et environnementale, nous obtenons pour *h2* la formule suivante :

*h2=* $\frac{V\_{A}}{V\_{E}+V\_{A}+V\_{D}}$

Les estimations de l’héritabilité sont utilisées pour la sélection des animaux et des plantes afin d’identifier comment une population réagit à la sélection artificielle pour un caractère quantitatif. L’héritabilité au sens étroit, *h2*, donne une prédiction plus faible de la réponse à la sélection que l’héritabilité au sens large, *H2*et de ce fait *h2* est plus souvent utilisée par les sélectionneurs.