Évolution des génomes : Hardy-Weinberg, sélection et dérive

Fiche méthode

(SVT Tᵉ spécialité · La Terre, la vie et l'organisation du vivant · Génétique et évolution)

La démarche face à une population

1. Je calcule les fréquences alléliques sur $2N$ copies (deux par homozygote, une par hétérozygote).

2. Je compare au modèle : attendus p^2N, $2pqN$, q^2N, ou fréquences avant et après un événement.

3. J'identifie le facteur : orienté et lié au milieu → sélection ; aléatoire, fort si l'effectif est petit → dérive ; arrivée d'individus → migration ; déficit d'hétérozygotes → unions non aléatoires.

4. Je conclus avec prudence : plusieurs facteurs peuvent se combiner ou se compenser.

La clé le modèle de Hardy-Weinberg ne décrit aucune population réelle : c'est l'écart à ce modèle qui révèle les forces qui font évoluer les génomes.

Cas 1 · Estimer un allèle récessif et ses porteurs

Réflexe — population à l'équilibre : phénotype récessif $= q^2$, donc $q = \sqrt{f(aa)}$, puis $p = 1 - q$ et $2pq$.

Exemple. Un caractère récessif touche 1 individu sur 1 600 ; la population est supposée à l'équilibre.

$q^2 = \dfrac{1}{1\,600}$, donc $q = \dfrac{1}{40} = 0{,}025$ et $p = 0{,}975$.
Porteurs : $2pq = 2 \times 0{,}975 \times 0{,}025 = 0{,}04875$, soit **environ 4,9 %** : 78 porteurs pour un individu atteint.

Attention — $\dfrac{n_{AA}}{N}$ n'est pas p : une fréquence allélique se calcule sur $2N$ copies.

Cas 2 · Tester l'équilibre de Hardy-Weinberg

Réflexe — p et q sur les observés → attendus p^2N, $2pqN$, q^2N → comparaison génotype par génotype et sens des écarts.

Exemple. Sur 300 individus : 33 AA, 174 Aa, 93 aa.

$p = \dfrac{2 \times 33 + 174}{600} = 0{,}4$; attendus : 48 AA, 144 Aa, 108 aa.
174 hétérozygotes au lieu de 144 et un déficit des deux homozygotes : **pas d'équilibre** ; excès d'hétérozygotes → unions entre individus différents ou avantage des hétérozygotes (un déficit orienterait vers des unions entre semblables ou apparentés).

Attention — des effectifs conformes au modèle ne prouvent pas qu'aucune force n'agit.

Cas 3 · Mesurer l'effet d'une sélection

Réflexe — je compte les survivants de chaque génotype, puis les copies de l'allèle chez eux seuls.

Exemple. 500 jeunes : 320 AA, 160 Aa, 20 aa ; tous les aa meurent avant de se reproduire.

Avant : $q = \dfrac{160 + 2 \times 20}{1\,000} = 0{,}2$.
Après : 480 adultes, 960 copies, dont 160 copies de a : $q = \dfrac{160}{960} \approx \mathbf{0{,}167}$. La baisse est faible : les hétérozygotes cachent l'allèle.

Attention — la sélection trie des variants qui existent déjà ; elle ne crée aucun allèle.

Cas 4 · Calculer l'effet d'une migration, reconnaître la dérive

Réflexe — $q\prime = (1-m)\,q + m\,q_M$; variations de sens imprévisible, fortes dans les petites populations → dérive.

Exemple. Une population a $q = 0{,}7$; à chaque génération, 10 % des reproducteurs viennent d'une population où $q = 0{,}2$.

$q\prime = 0{,}9 \times 0{,}7 + 0{,}1 \times 0{,}2 = 0{,}63 + 0{,}02 = \mathbf{0{,}65}$.

La fréquence se rapproche de celle des migrants.

Attention — la moyenne simple des deux fréquences est fausse : chacune est pondérée par sa part des reproducteurs.

Cas 5 · Situer une barrière et discuter l'espèce

Réflexe — avant la fécondation → prézygotique ; après (hybride mort ou stérile) → postzygotique ; deux espèces si les gènes ne passent plus.

Exemple. Deux populations de grenouilles d'aspect identique pondent dans les mêmes mares ; leurs chants diffèrent, les couples mixtes sont très rares et tous leurs têtards meurent avant la métamorphose.

Deux barrières : **prézygotique** (chants, couples mixtes rares) et **postzygotique** (hybrides non viables).

Aucun gène ne passe : **deux espèces**, cryptiques puisqu'elles se ressemblent ; le séquençage peut le confirmer.

Attention — l'espèce ne se définit pas par la ressemblance : des espèces cryptiques se ressemblent, des races de chiens diffèrent.

Les pièges à éviter

- Calculer une fréquence allélique sur N individus au lieu de 2N copies.
- Utiliser $q = \sqrt{f(aa)}$ sans supposer la population à l'équilibre.
- Croire qu'un allèle dominant est forcément fréquent, ou favorisé.
- Dire que l'autofécondation ou l'homogamie change les fréquences alléliques : elles changent les génotypes.
- Écrire qu'un être vivant « mute pour s'adapter » : raisonnement finaliste.
- Croire que la dérive est négligeable : elle domine dans les petites populations.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).