

Activité 7: L'évolution de la diversité génétique des populations - Correction

Une population est un ensemble d'individus appartenant à une même espèce, peuplant un même espace géographique, et ayant tendance à se reproduire entre eux. Les populations comprennent des individus qui diffèrent par leur patrimoine génétique et par leurs caractères. Cette diversité observée ne représente qu'une infime partie de la diversité créée par les mécanismes évoqués précédemment.

Comment expliquer l'évolution de la diversité des populations au cours du temps ?

Atelier 1: La dérive génétique

Un allèle neutre est un allèle ne conférant au phénotype codé ni avantage, ni désavantage. Pour un tel allèle neutre dont la fréquence initiale est de 50%, les simulations montrent que:

- Lorsque l'effectif de la population est faible, la probabilité de perdre (0%) ou de fixer l'allèle (100%) est importante
- Lorsque l'effectif augmente, cette probabilité diminue et la fréquence de l'allèle a plus de chance de se maintenir dans une fourchette autour de sa fréquence initiale.

La diversité génétique des populations peut donc évoluer de manière aléatoire, la modification de la diversité est d'autant plus forte et rapide que la taille de la population est faible.

Le document 3 page 58 montre une différence entre les fréquences phénotypiques de la population initiale, et de la nouvelle population. La nouvelle population est issue d'un petit groupe d'individus fondateurs venant de la population initiale; ce petit groupe d'individus fondateurs a emporté avec lui une variété d'allèles non représentative et plus faible que la variété allélique de la population initiale. Les fréquences alléliques et les fréquences phénotypiques ont donc été modifiées du fait de la constitution au hasard de ce petit groupe d'individus migrants: c'est l'effet fondateur.

La dérive génétique est l'évolution d'une population causée par des phénomènes aléatoires et imprévisibles comme la rencontre aléatoire des gamètes lors de la fécondation. La dérive génétique concerne surtout les allèles neutres c'est-à-dire qui ne confèrent ni avantage ni désavantage sélectif.

Les effets de la dérive génétique sont d'autant plus importants que la population est petite. En effet, le petit nombre de géniteurs et/ou de descendants fait que statistiquement certains allèles ne seront pas transmis, tandis que dans une population de grande dimension (au moins plusieurs milliers d'individus), où les rencontres entre reproducteurs se font au hasard, les fréquences des allèles sont généralement stables.

La dérive génétique conduit donc, de façon aléatoire, à l'augmentation ou à la diminution de la fréquence des différents allèles et ainsi à une diminution de la diversité génétique d'une population.

La formation et le devenir d'une petite population fait intervenir deux phénomènes : lorsqu'une petite population est issue d'une population plus grande, elle ne possède pas tous les allèles de la grande population. C'est ce qu'on appelle **l'effet fondateur**. Les fréquences alléliques sont donc modifiées. Ensuite, au sein de la petite population, la dérive génétique modifie rapidement la fréquence des allèles, ce qui produit des éliminations d'allèles et simplifie le génome.

Atelier 2: La phalène du bouleau

Les phalènes du bouleau sont des papillons nocturnes qui se reposent le jour sur les troncs d'arbres. Jusqu'en 1830, on observait un seul phénotype chez cette espèce: le phénotype [typica] aux ailes grises claires. Depuis cette date, un second phénotype est apparu: les phalènes [carbonaria] aux ailes sombres (le phénotype [carbonaria] est dominant par rapport au phénotype [typica]). La fréquence de ce phénotype [carbonaria] a augmenté dans les régions industrialisées jusqu'en 1950, date à laquelle leur fréquence a diminué.

Comment expliquer l'évolution de la diversité des phalènes ?

1: Les modifications de la diversité des phalènes

- De 1830 à 1950, on observe dans les régions industrialisées (milieux pollués) une augmentation de la fréquence des [carbonaria], une augmentation de la fréquence de l'allèle C+, et une diminution de l'allèle C dont la fréquence reste cependant supérieure à 0.
- Sur la même période, dans les régions non industrialisées (milieux non pollués), la fréquence des [carbonaria] augmente très peu ou reste nulle.
- En 1950, une campagne de dépollution a provoqué le retour des lichens sur les arbres dans les régions industrialisées; on observe depuis cette date une diminution de la fréquence des [carbonaria] et une augmentation de la fréquence des [typica]

L'évolution de la diversité des phalènes semble liée aux conditions de l'environnement et principalement à la pollution.

2: La survie des différents phénotypes dépend des conditions de l'environnement

Les phalènes se reposent le jour sur les troncs de bouleaux; leurs principaux prédateurs sont des oiseaux insectivores tels que les mésanges.

Une étude menée par Kettlewell et son équipe montre que:

- En milieu pollué (région industrialisée - Birmingham), les [carbonaria] sont moins victimes de la prédation que les [typica]
- En milieu non pollué (région rurale - Dorset), les [typica] sont moins victimes de la prédation que les [carbonaria]

Les oiseaux prédateurs exercent une pression de sélection différente sur les phalènes selon le phénotype et le milieu considérés:

- En milieu pollué, le phénotype [carbonaria] confère un avantage sélectif (le phénotype [typica] confère un désavantage sélectif): Les troncs d'arbres étant recouverts de suie noire, les [carbonaria] sont moins visibles de leurs prédateurs que les [typica]. La survie des [carbonaria] est donc plus forte que celle des [typica].
- En milieu non pollué, le phénotype [typica] confère un avantage sélectif (le phénotype [carbonaria] confère un désavantage sélectif): Les troncs d'arbres étant recouverts de lichens gris clairs, les [typica] sont moins visibles de leurs prédateurs que les [carbonaria]. La survie des [typica] est donc plus forte que celle des [carbonaria].

3: Les variations des fréquences phénotypiques et alléliques dépendent de la survie relative des différents phénotypes.

- En milieu pollué, les [carbonaria] qui ont une survie relative (valeur sélective) plus forte que les [typica], participent davantage à la reproduction, elles transmettent davantage leurs allèles; l'allèle C+ qui confèrent le phénotype [carbonaria] se répand dans la population, alors que la fréquence de l'allèle C diminue mais ne disparaît pas car les [carbonaria] (C+//C) sont aussi avantagées. La fréquence des [carbonaria] augmente donc dans la population, et la fréquence des [typica] diminue, mais ne devient pas nulle du fait de la reproduction entre hétérozygotes.
- En milieu non pollué, les [typica] qui ont une survie relative (valeur sélective) plus forte que les [carbonaria] participent davantage à la reproduction, elles transmettent davantage leur allèle C qui devrait tendre à se fixer dans la population, un faible taux de [carbonaria] peut néanmoins subsister du fait des néo-mutations, et des individus [carbonaria] migrant venant des populations voisines.

La sélection naturelle est une modification de la fréquence de tel ou tel phénotype ou de telle ou telle particularité génétique par les conditions du milieu dans lequel vit une population. En fonction d'un contexte écologique précis (pression du milieu, compétition entre êtres vivants...) certains phénotypes peuvent conférer un avantage ou un désavantage : le milieu exerce une sélection des phénotypes.

Dans un contexte donné, les individus possédant un phénotype conférant un avantage sélectif ont plus de chances de survie et se reproduisent davantage que ceux présentant un phénotype conférant un désavantage sélectif.

La conséquence est la variation des fréquences alléliques au sein des populations : un phénotype conférant un avantage, permet une meilleure reproduction et donc une meilleure transmission des allèles favorables dont la fréquence augmente, augmentant ainsi la fréquence du phénotype conférant l'avantage. Et inversement pour les allèles défavorables qui, moins transmis, tendent à être éliminés de la population.