

THÈME : GÉNÉTIQUE ET ÉVOLUTION
Chapitre : L'inéluctable évolution des génomes des populations

2

Term spé

L'origine de la différenciation génétique des populations

➤ **Objectif**

Comprendre et identifier les facteurs éloignant de l'équilibre théorique de Hardy-Weinberg, notamment l'appariement non-aléatoire, la sélection, la population finie (dérive).

➤ **Compétences et capacités travaillées**



Fragile



Intermédiaire



Avancé



Expert

1 critère sur 3

2 critères sur 3

3 critères sur 3
(avec aide)

3 critères sur 3
(sans aide)

PRATIQUER DES DÉMARCHES SCIENTIFIQUES

3. Raisonner, argumenter conclure en exerçant des démarches scientifiques et un sens critique

- Des faits sont identifiés mais n'ont pas été transformés en arguments.

- Réponse explicative absente ou incohérente

- Quelques arguments sont construits à partir des faits (informations et/ou connaissances).

- Absence de réponse ou réponse non cohérente avec le problème posé.

- Des arguments sont construits à partir des faits (informations et/ou connaissances).

- Réponse explicative cohérente avec le problème posé.

- Suffisamment d'arguments sont construits à partir des faits, pour répondre à la question posée.

- Réponse explicative cohérente avec le problème scientifique et complète.

Mise en situation : Le modèle théorique de Hardy-Weinberg établit que la fréquence des allèles au sein d'une population est stable au cours du temps. Ce modèle n'est valable que dans certaines conditions. L'étude de l'évolution des populations au cours du temps s'appuie sur des constructions de modèle (modélisation).

Question scientifique : Quels facteurs peuvent modifier la structure théoriquement équilibrée des populations ?

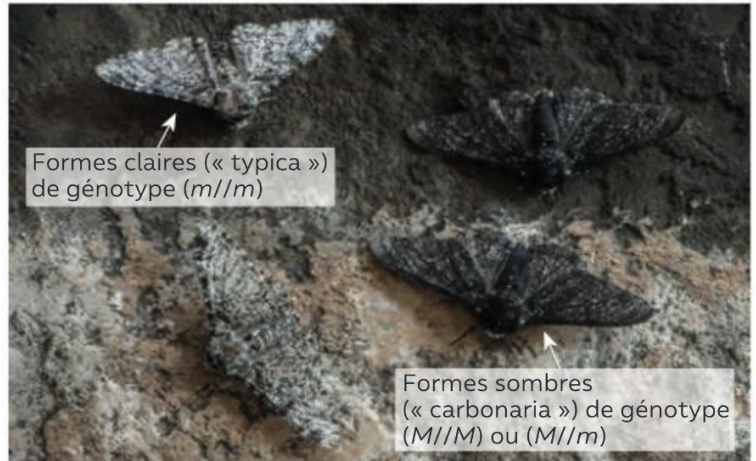
	Effectif	f(A)	V.s (A//A)	V.s (A//B)	V.s (B//B)	f mutation A	Moyenne f(A)	Conséquence évolutives
THÉORIQUE	100	0,5	1	1	1	0	0,58	
SÉLECTION NATURELLE	100	0,5	0,8	1	0,2	0	0,82	Un allèle est avantageux dans un milieu donné
SÉLECTION SEXUELLE	100	0,5	0,6	1	0,4	0	0,71	Un allèle est avantageux pour le succès reproducteur
DÉRIVE GÉNÉTIQUE	1000	0,5	1	1	1	0,5	0,60	Un allèle peut, au hasard, se fixer ou disparaître dans une population
MUTATION	100	0,5	1	1	1	0,01	0,268	Apparition d'un nouvel allèle dans une population
MIGRATION								

Titre : Tableau comparatif de la différenciation génétique des populations.



ATELIER 1 : LA SÉLECTION NATURELLE, UNE FORCE ÉVOLUTIVE

Les phalènes du bouleau (*Biston betularia*) sont des papillons qui se posent le jour sur les troncs de bouleau, et dont certains oiseaux se nourrissent. Dans l'expérience de Kettlewell (1955), des centaines de phalènes du bouleau clairs et foncés de deux régions différentes ont été marquées par une tache de peinture puis relâchés soit dans une forêt aux troncs clairs (zone non polluée du Dorset) soit dans une forêt aux troncs sombres (zone polluée de Birmingham). La nuit suivante, des papillons ont été recapturés et ceux marqués ont été décomptés.



Dorset		Forme « carbonaria »	Forme « typica »	Total
Zone boisée non polluée				
Nombre d'individus marqués relâchés		473	496	969
Nombre d'individu marqués recapturés		30	62	92
% d'individus marqués recapturés		6,34 %	12,5 %	9,49 %

Birmingham		Forme « carbonaria »	Forme « typica »	Total
Zone polluée				
Nombre d'individus marqués relâchés		154	64	218
Nombre d'individu marqués recapturés		82	16	98
% d'individus marqués recapturés		53,25 %	25 %	44,95 %

Document 1 : Évolution de la composition génétique dans une population de phalènes du bouleau.

Conclure sur l'effet de la sélection naturelle sur l'évolution de la fréquence allélique dans la population de phalène du bouleau.

Dans la plupart des populations, la fréquence des allèles varie au cours du temps sous l'effet de différents facteurs de l'environnement: c'est la sélection naturelle.

Dans un environnement donné, certains allèles confèrent un avantage sélectif aux individus qui les possèdent en augmentant leur succès reproducteur, c'est-à-dire le nombre de descendants viables et fertiles qu'ils laissent à la génération suivante : ce sont des allèles favorables. Si l'environnement reste stable, la fréquence de ces allèles a tendance à augmenter de génération en génération, ce qui explique l'adaptation des populations à leur environnement. À l'inverse, certains allèles sont défavorables et leur fréquence a tendance à diminuer et ces allèles peuvent même disparaître.

Ici, en fonction de la couleur du bouleau, les papillons c ou C+ auront un avantage sélectif dans le milieu, augmentant leur survie et donc leur reproduction.



ATELIER 2 : LA SÉLECTION SEXUELLE, UNE FORCE ÉVOLUTIVE



Le guppy ou *Poecilia reticulata* est un poisson originaire d'Amérique du sud. Les mâles ont généralement des corps colorés ainsi que des nageoires caudales relativement grandes, très colorées et tachetées, contrairement aux femelles très peu colorées.

De plus, cette coloration n'est pas avantageuse pour les mâles les plus colorés (ou avec des motifs différents) qui se font plus facilement repérer par les prédateurs. Néanmoins, si les mâles qui possèdent des couleurs rares sont préférés par les femelles, alors ils se reproduisent plus que les autres et la fréquence de leurs allèles va augmenter dans la population. Ainsi, les allèles responsables de la couleur, bien que défavorables vis-à-vis de la prédation, sont ainsi maintenus dans la population grâce à l'avantage pour la reproduction et ne disparaissent donc pas.

Document 2 : Un compromis entre survie différentielle et préférence sexuelle.

Conclure sur l'effet de la sélection sexuelle au niveau de l'évolution de la fréquence allélique dans la population de guppies.

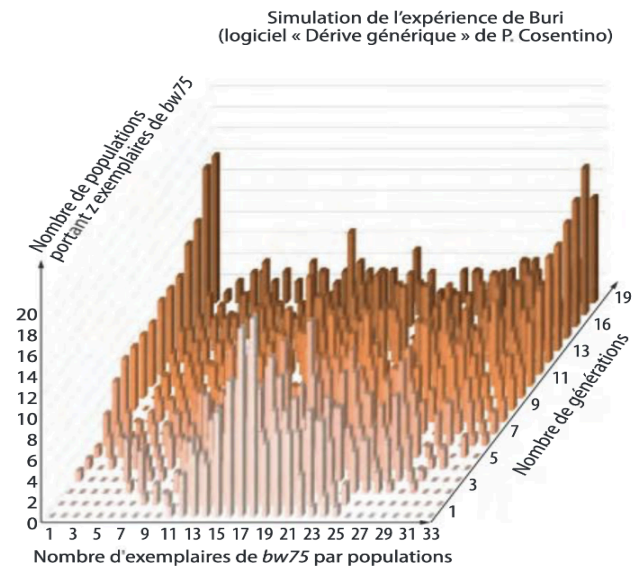
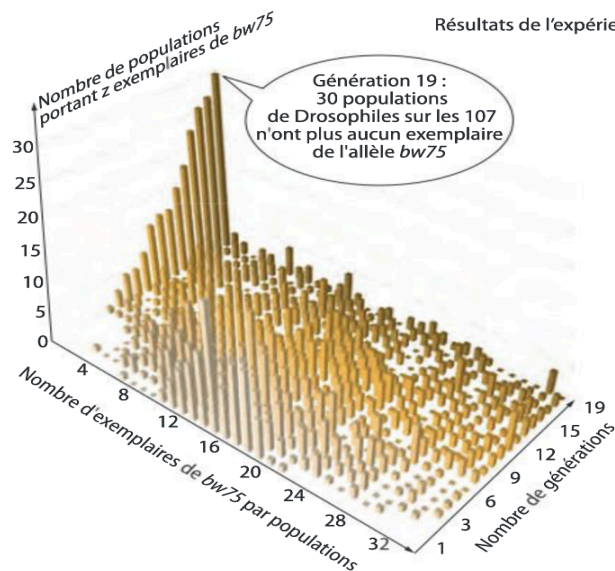
Le succès reproducteur dépend de deux composantes : la probabilité de survie de l'individu jusqu'à l'âge adulte (donc l'adaptation de l'individu à son environnement) et sa fécondité (sa capacité à se reproduire et le nombre de descendants qu'il produit). Chez certaines espèces, l'accès à la reproduction dépend de caractères identifiables par les individus de sexe opposé: c'est la sélection sexuelle. Mais certains de ces caractères peuvent parfois diminuer les chances de survie de leur porteur.

La sélection sexuelle résulte alors d'un compromis entre l'avantage que procure un caractère pour l'accès aux partenaires sexuels, et l'inconvénient qu'ils entraînent pour la survie. Les préférences sexuelles sont également à l'origine d'écarts à l'équilibre de Hardy-Weinberg dans les populations réelles comme les guppies.



ATELIER 3 : LA DÉRIVE GÉNÉTIQUE, UNE FORCE ÉVOLUTIVE

Buri réalise une expérience sur des drosophiles. Il fait un suivi de l'évolution des fréquences d'un allèle $bw75$ du gène "brown eyes" codant pour la couleur des yeux. Il établit 107 populations de drosophiles constituées à partir de 8 mâles et 8 femelles initialement tous hétérozygotes ($bw/bw75$). À chaque génération et pour chacune des 107 populations, il sélectionne au hasard 8 mâles et 8 femelles pour fonder la génération suivante. Il réalise l'expérience pendant 19 générations.



Document 3 : Expérience de Buri (1956) sur la dérive génétique.

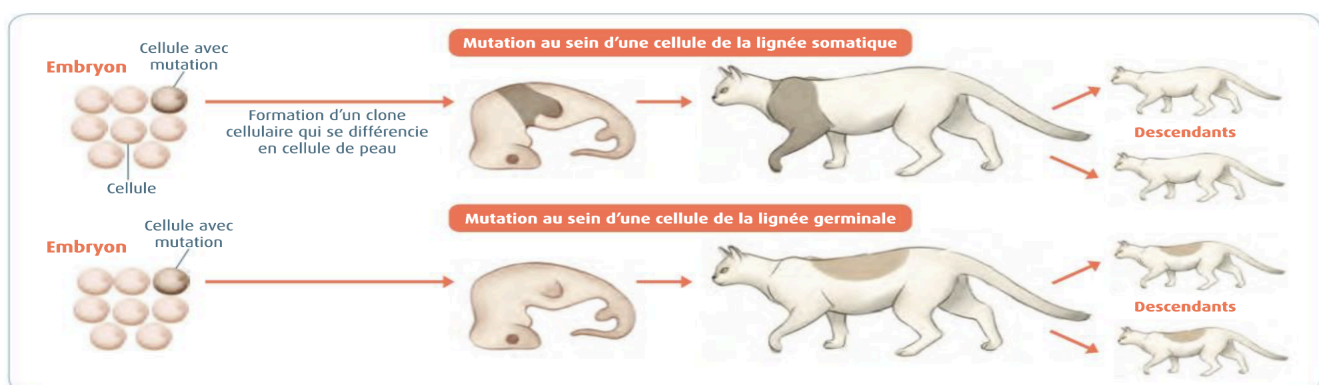
Conclure sur l'effet de la dérive sur l'évolution de la fréquence allélique dans la population de drosophiles.

Les populations réelles ne sont pas de taille infinie. Même en l'absence de sélection, la fréquence des allèles dans une population varie sous l'effet du hasard: c'est la dérive génétique. Celle-ci s'exerce sur les traits neutres c'est-à-dire qui ne confèrent aucun avantage ou désavantage sélectif, mais aussi sur les traits non neutres.

La dérive conduit à terme à la fixation ou à la disparition d'un allèle et donc à un appauvrissement génétique de la population. Elle est d'autant plus marquée que les populations sont de petite taille



ATELIER 4 : LES MUTATIONS, UNE FORCE ÉVOLUTIVE



Document 4 : Conséquences possibles d'une mutation germinale et somatique.

Conclure sur l'effet des mutations germinales sur l'évolution de la fréquence allélique dans la population de chat.

Certaines mutations, touchant les cellules sexuelles, peuvent introduire de nouveaux allèles dans la population, modifiant ainsi leurs fréquences relatives. Ces mutations sont cependant rares (de l'ordre de 0,0001 % pour un gène donné), ce qui fait que leur impact est très limité sur l'évolution des fréquences alléliques dans les populations, surtout si ces dernières présentent un effectif important.



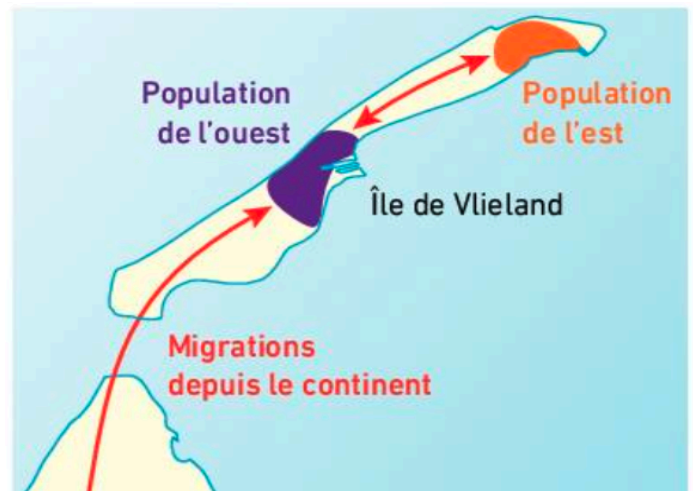
ATELIER 5 : LES MIGRATIONS, UNE FORCE ÉVOLUTIVE



Sur l'île de Vlieland, située au nord des Pays-Bas, vivent deux populations de mésanges charbonnières : l'une s'est établie à l'est de l'île, loin du continent, tandis que l'autre population, située à l'ouest, est plus proche du continent. Ces mésanges sont plus ou moins adaptées aux conditions particulières de la vie sur cette petite île. Des chercheurs ont en effet noté des différences significatives de survie entre les deux populations. Ces populations ne sont pas isolées : des échanges par migrations s'effectuent entre les deux populations et depuis le continent.

Chaque année, 43 % des mésanges couvant pour la première fois dans la population de l'ouest proviennent du continent. C'est aussi le cas de 13 % des mésanges de la population de l'est. En moyenne, les individus vivant à l'ouest ont un seul grand-parent né sur l'île contre trois pour ceux nés à l'est. Le nombre d'œufs par couvée est un caractère génétiquement déterminé et il a été montré que les couvées importantes constituent un caractère défavorable sur l'île, du fait des ressources limitées.

Document 4 : L'effets des migrations chez la mésange charbonnière.



Conclure sur l'effet des migrations sur l'évolution de la fréquence allélique dans la population de mésange charbonnière.

L'équilibre de Hardy-Weinberg suppose une population fermée sur elle-même, sans arrivée ni départ d'individus. Or, dans la plupart des situations réelles, la migration d'individus peut faire entrer de nouveaux allèles au sein d'une population, de façon bien plus significative que les mutations. Ces migrations constituent des flux de gènes entre les différentes populations et tendent à homogénéiser leurs fréquences alléliques, donc à limiter leur différenciation.

Les migrations peuvent parfois aller à l'encontre de la sélection en diminuant l'adaptation d'une population à son environnement. Mais elles permettent en revanche de limiter les effets délétères de la consanguinité dans des petites populations, phénomène qui peut mettre en péril une population à long terme.