

On parle de sélection naturelle quand la fréquence des allèles des gènes dans une population est modifiée en fonction d'un paramètre environnemental qui exerce une pression de sélection. Trois conditions doivent être réunies :

- existence d'une variation phénotypique au sein de la population (variation concernant la forme, la physiologie ou le comportement)
- existence d'un déterminisme génétique pour cette variation (présence de différents allèles pour un gène donné)
- existence d'une relation entre la variation phénotypique et la survie et/ou l'aptitude à la reproduction des divers phénotypes.

Atelier 1 Un exemple de sélection naturelle : le mélanisme de la phalène du bouleau

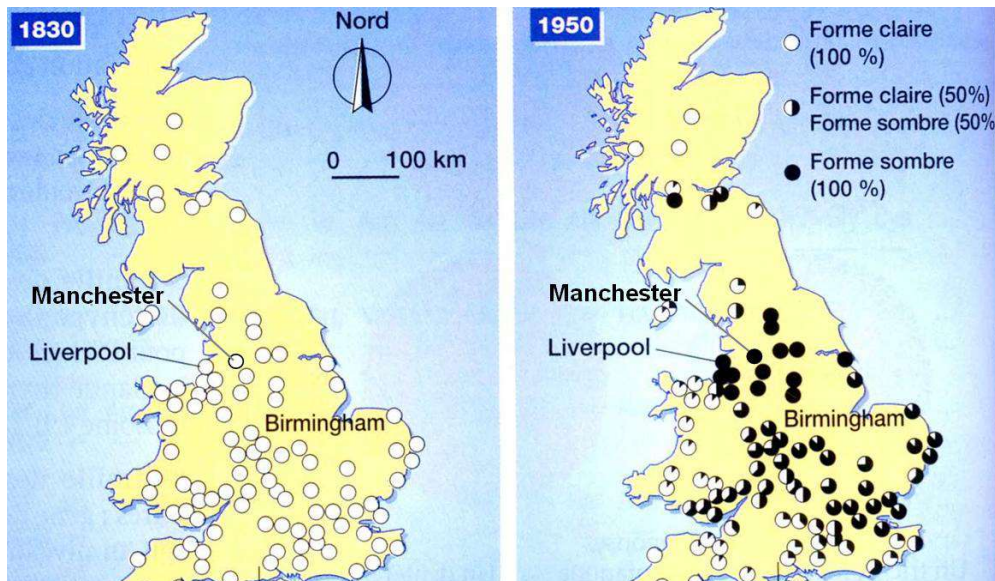
La phalène du bouleau (*Biston betularia*) est un papillon nocturne. De jour, il se camoufle sur la partie haute de différents feuillus, sous les feuilles et les branches. Il existe deux formes interfécondes de Phalènes qui ne diffèrent que par un caractère : leur couleur. La **forme 'typica'** est de couleur blanche et la **forme 'carbonaria'** est de couleur noire.

En Angleterre, des 1890, on avait déjà remarqué que les **formes noires** de ce papillon avaient une fréquence de 98 % dans les **régions industrielles** tandis qu'en **zone rurale non polluée** les **formes blanches typiques** demeuraient à une fréquence de 100 %.

En 1950, de nombreux marquages et recaptures de formes claires et foncées de phalènes du bouleau, relâchées soit dans des bois sombres, soit dans des bois clairs ont été effectuées. Les statistiques faites sur les recaptures montrèrent une très **nette survie en faveur des formes foncées dans les bois pollués**, et une **nette survie des formes claires dans les bois non pollués**.

Cartes de la répartition géographique des deux phalènes en 1830 et 1950 dans diverses régions du Royaume-Uni.

Les deux phénotypes chez les phalènes.



Atelier 2 Un autre exemple de sélection naturelle : Les pinsons des Galapagos

Depuis quarante ans, les populations de pinsons des îles Galapagos (genre *Geospiza*) font l'objet d'un suivi (île de Daphne major). Dans les années 1970, cette île était principalement occupée par une population de pinsons à becs moyens, de l'espèce *Geospiza fortis*.



G. fortis à petit bec



G. fortis à gros bec



Graines de *Tribulus cistoides*

Deux phénotypes sont principalement représentés : des **G. fortis à becs plus petits**, majoritaires, se nourrissant essentiellement de petites graines de plantes herbacées, et des **G. fortis à becs plus gros** et plus puissants, minoritaires, capables de se nourrir des graines dures d'un arbuste dominant sur l'île (*Tribulus cistoides*).

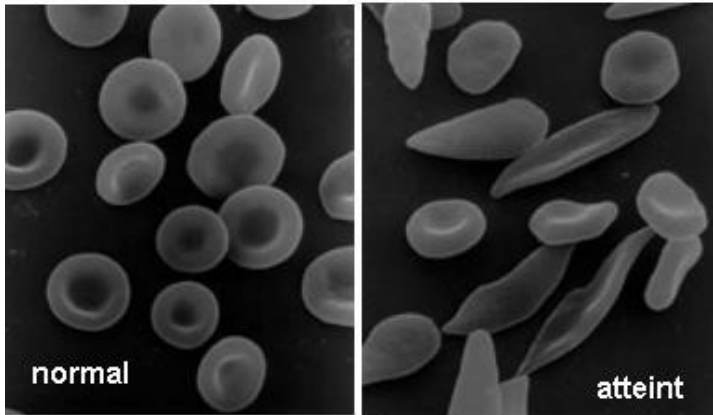
En 1977, une forte sécheresse a empêché la production de petites graines. Les pinsons à gros becs ont mieux survécu, en se nourrissant des graines plus dures. Cet événement de sélection a inversé les proportions de petits becs et de gros becs au sein de la population. Par la suite, de fortes précipitations (1983) ont favorisé la production de petites graines tendres. Les pinsons à petits becs ont été avantagés, se sont plus reproduits et sont redevenus majoritaires. En 2004, une nouvelle sécheresse a frappé l'île. Mais cette fois-ci, les *G. fortis* à gros becs ont été contre-sélectionnés.

En effet entre temps une nouvelle espèce s'est installée sur l'île : **G. magnirostris**, plus gros et plus puissant, qui accapare les ressources en graines dures.



Geospiza magnirostris

Atelier 3 Un autre exemple de sélection naturelle : le paludisme et l'allèle HbS.



Sur le chromosome 11 humain, il existe un gène qui contient l'information nécessaire à la fabrication d'une des chaînes de l'hémoglobine : la chaîne β . Seulement, certains individus ont sur chaque chromosome de la paire n°11, une version modifiée du gène, suite à une très ancienne mutation. Cette mutation a provoqué l'apparition d'une maladie génétique très invalidante et mortelle, qui déforme les globules rouges (hématies). Cette maladie est appelée drépanocytose (du grec « drepanos » = faucille et « kytos » = cellule)..

Dans le cas de la drépanocytose, seuls les individus possédant les deux exemplaires mutés (un pour chacun des deux chromosomes de la paire n°11) sont atteints de la maladie (on dit qu'ils sont homozygotes pour l'allèle muté).

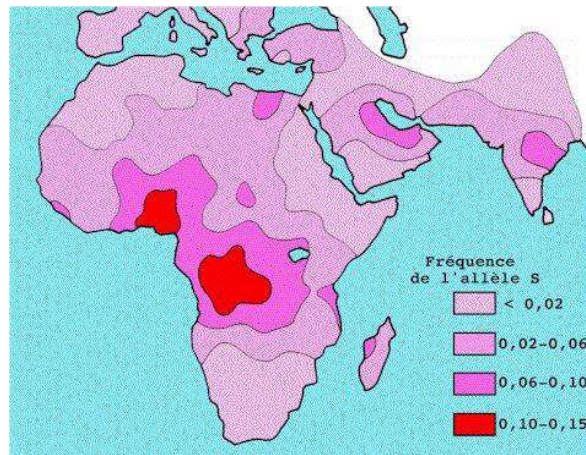
S'ils portent les deux allèles sains (« normaux ») on dit qu'ils sont homozygotes sains. S'ils possèdent un allèle sain et un allèle muté (appelé allèle morbide, ou allèle délétère) on dit qu'ils sont hétérozygotes. Dans le cas de la drépanocytose, un individu hétérozygote est sain, l'allèle muté ne s'exprime pas et il n'y a pas de maladie : on dit que cette maladie est récessive (on dit aussi que cet allèle muté est récessif). Tandis que l'allèle sain est qualifié de dominant.

Voici la séquence du brin d'ADN « normal » de la chaîne β : ATG GTG CAC CTG ACT CCT GAG GAG AAG TCT ...

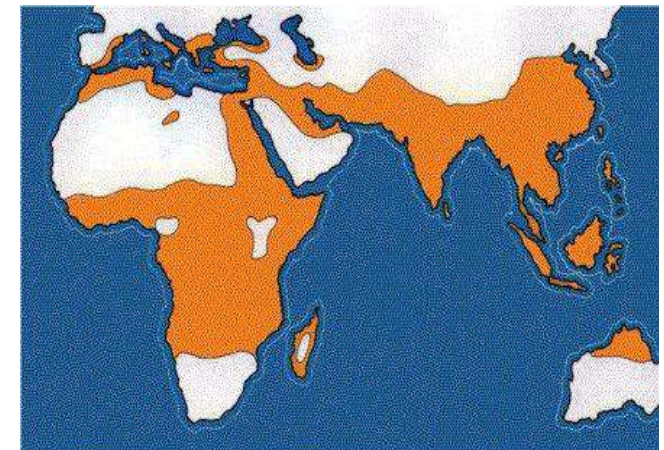
Et voici la séquence mutée du même gène : ATG GTG CAC CTG ACT CCT GTG GAG AAG TCT ...

La drépanocytose est une maladie génétique très invalidante, affectant les sujets homozygotes qui meurent avant l'âge adulte, avant d'avoir pu assurer leur descendance. Cette maladie est largement répandue dans certaines parties du monde. La fréquence de l'allèle β^S est très élevée en Afrique de l'Ouest, de l'ordre de 10 à 15 %. Les populations les plus atteintes par la drépanocytose se situent autour de l'équateur (Sénégal Bénin, Zaïre, Angola..). Dans ces régions, les hétérozygotes, porteurs sains, sont également très nombreux : de 25 à 40 % des individus, selon les régions. La fréquence de l'allèle β^S est également élevée en Afrique de l'Est, au Moyen Orient, en Arabie et en Inde. En revanche la fréquence est très basse dans les populations d'Europe et d'Asie, et nulle dans les populations indigènes d'Amérique.

Distribution géographique de l'allèle HbS



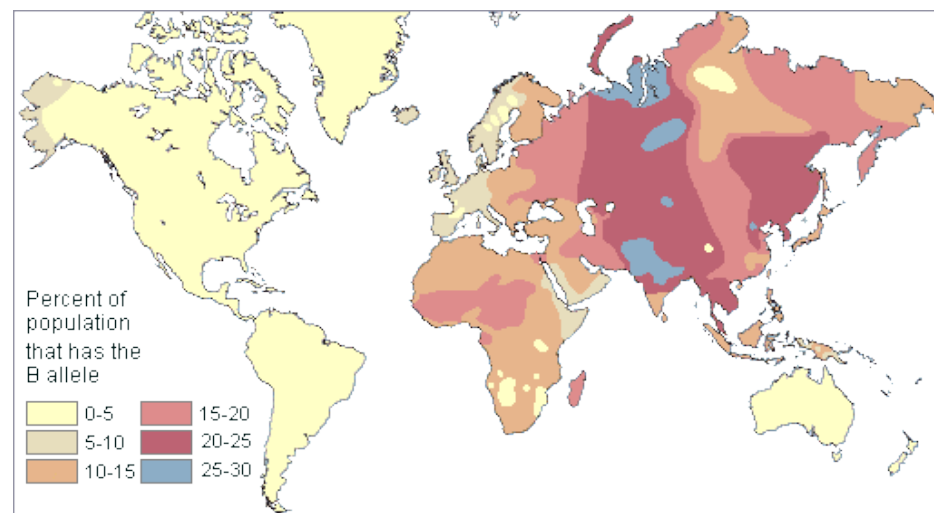
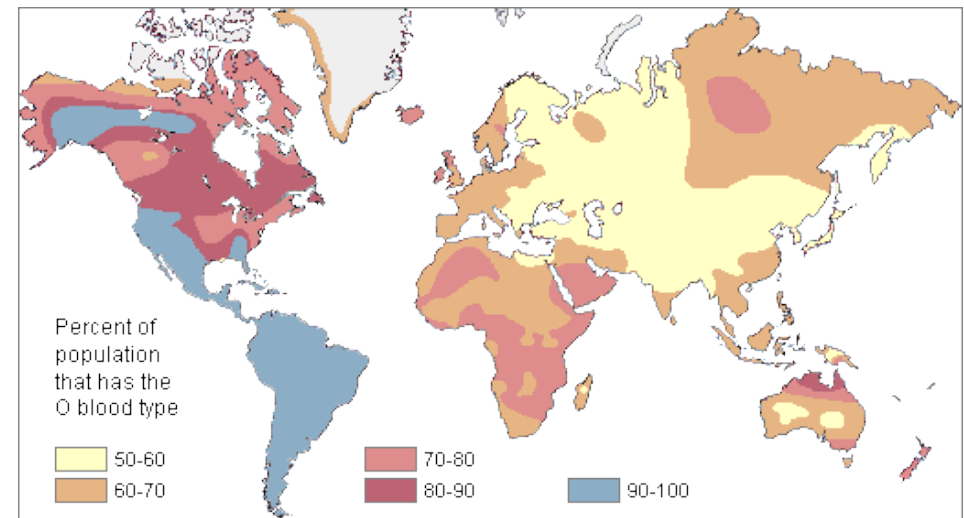
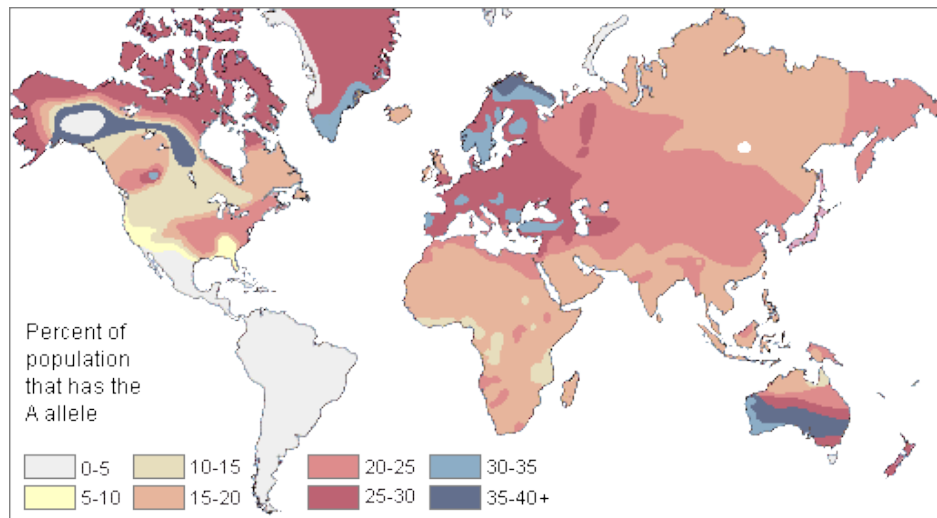
Distribution géographique du paludisme



Parfois, un nouvel allèle ne procure ni avantage ni désavantage face à la survie ou la reproduction. Il peut alors se transmettre au fil des générations et être conservé, ou bien finir tout de même par disparaître. C'est le hasard qui joue un rôle prépondérant dans ce phénomène qu'on appelle « dérive génétique ». C'est essentiellement l'isolement géographique qui joue un rôle majeur dans la répartition des différents allèles d'un gène autour du Globe dans le cas de la dérive génétique.

Atelier 4 Un exemple de dérive génétique : les groupes sanguins

Cartes de répartition des trois allèles A, B et O dans le monde

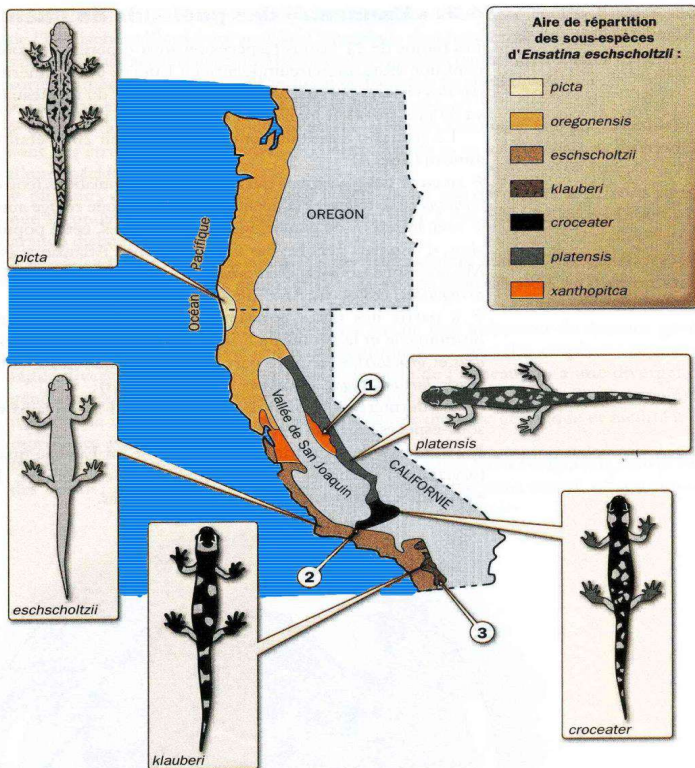


Atelier 5 Un exemple de spéciation : l'énigme des salamandres.

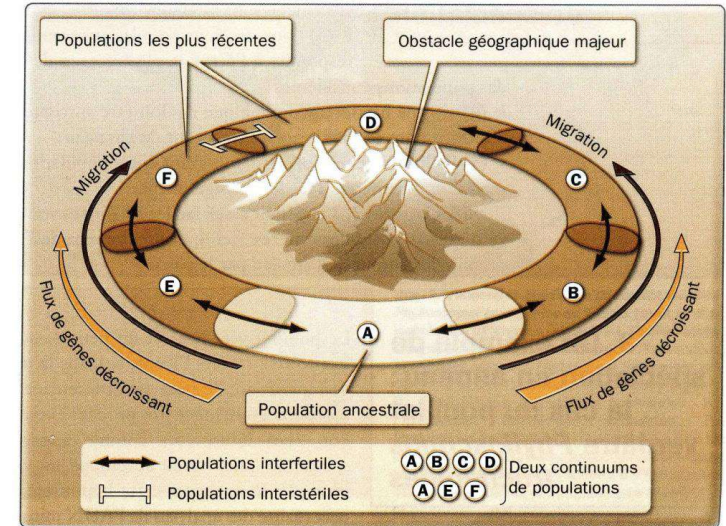
Un exemple de spéciation

Une population ancestrale suit une expansion séparée par une zone inhospitalière (chaîne de montagne, haut plateau, vallée désertique...) : la population ancestrale se scinde de part et d'autre de cette zone inhabitable. Les populations évoluent séparément sans qu'il existe réellement de frontière nette, on observe plutôt un continuum de populations inter fertiles et non une succession d'espèces géographiquement bien délimitées.

On peut au mieux distinguer des sous-espèces basées uniquement sur des attributs comportementaux ou morphologiques. Il n'y a qu'aux extrémités que coexistent deux espèces séparées génétiquement inter stériles, sinon on peut dire que partout ailleurs il n'existe qu'une seule espèce. Bien sûr au fur et à mesure de la migration le flux de gènes est décroissant mais les populations restent inter fertiles, même à travers l'obstacle géographique.



Doc 2. Le « faux anneau de spéciation » des salamandres californiennes *Ensatina eschscholtzii*. Les chiffres indiquent des points de contact entre des populations de deux versants différents de « l'anneau » (D'après Futuyma, 1998.)



Doc. 1. Structure théorique et interprétation évolutive d'un anneau de spéciation.

« Cet exemple, décrit en 1949 par G. L. Stebbins, concerne la salamandre *Ensatina eschscholtzii*. Le scénario classiquement admis était le suivant :

- ❖ La population (ou sous-espèce) *Ensatina eschscholtzii oregonensis*, qui occupe tout le nord de l'aire de répartition jusque dans l'Oregon, a entamé, il y a 7 à 10 Ma, une expansion vers le sud en contournant la vallée de San Joaquin (chaude et sèche, inhospitalière pour les salamandres) par les deux versants montagneux boisés qui l'encadrent ;
- ❖ Au cours de cette expansion, avec l'éloignement de la population ancestrale, des différences génétiques apparaissent entre les deux branches de l'« anneau » (...)
- ❖ Six sous-espèces se succèdent : à l'ouest, E. e. *oregonensis*, E. e. *xanthoptica* et E. e. *eschscholtzii* et, à l'est, E. e. *platensis*, E. e. *croceater* et E. e. *klauberi* ; on observe un passage graduel de l'une à l'autre et des hybridations sont possibles. »

Dans *Guide critique de l'évolution*, G. Lecointre, Ed ; Belin