

## 5 Le paludisme

*Le paludisme est un exemple de relation entre mécanismes de l'évolution et génétique. Il est dû à un parasite, le Plasmodium, qui est transmis par un moustique, l'Anophèle. Le paludisme est la maladie la plus répandue dans le monde.*

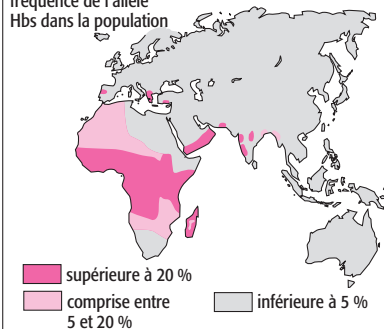
### 1. Le paludisme et la drépanocytose sont deux maladies qui touchent les hématies

- Le Plasmodium est un Protozoaire qui accomplit une partie de son cycle dans les hématies humaines et s'y multiplie, provoquant leur destruction. Il sévit surtout dans les régions tropicales.
- La drépanocytose (ou anémie falciforme) est une maladie qui se caractérise par la synthèse d'une hémoglobine anormale, l'hémoglobine S codée par l'allèle récessif HbS. Les hématies contenant de l'hémoglobine S ont une forme inhabituelle, en faucille. Les individus atteints de drépanocytose sont les homozygotes HbS//HbS; ils meurent avant d'atteindre l'âge adulte. Les individus hétérozygotes HbS//HbA possèdent dans leurs hématies les deux types d'hémoglobine et souffrent d'une anémie légère.
- La comparaison de la distribution géographique du paludisme et de l'allèle HbS révèle une fréquence très élevée de l'allèle HbS dans les populations où sévit le paludisme.

les zones hachurées sont celles touchées par le paludisme



fréquence de l'allèle Hbs dans la population



2-11. Distributions géographiques du paludisme et de l'allèle HbS.

- Des expériences de mise en culture du Plasmodium en présence d'hématies d'individus hétérozygotes HbS//HbA montrent que le parasite ne survit pas dans les hématies des individus hétérozygotes. L'hétérozygotie permet donc de résister au paludisme.

## 2. La sélection naturelle conserve les avantages sélectifs

- Dans les populations où sévit le paludisme, les individus homozygotes HbS//HbS meurent jeunes suite à une anémie. Les homozygotes HbA//HbA sont sensibles au paludisme et risquent d'en mourir. Les hétérozygotes HbS//HbA présentent une légère anémie (sans risque vital) et résistent au paludisme; ils ont donc plus de chances que les deux autres catégories d'individus d'atteindre l'âge adulte et de se reproduire. Transmettant ainsi leur patrimoine génétique à leur descendance, ils favorisent la propagation de l'allèle HbS dans la population.
- L'hétérozygotie confère un *avantage sélectif*, elle est favorisée dans les régions touchées par le paludisme.
- Dans les régions non touchées par cette maladie, les individus HbS//HbA n'ont aucun avantage sélectif par rapport aux sujets HbA//HbA, la fréquence de l'allèle HbS dans la population est donc plus faible.
- Cet exemple illustre le processus de *sélection naturelle* qui favorise les individus les mieux adaptés à leur environnement du fait de leur génotype et de leur phénotype. Ces individus qui ont plus de chance de parvenir à maturité sexuelle et de se reproduire que les autres ont une descendance plus importante. La fréquence des allèles dont ils sont porteurs augmente dans la population.

### L'erreur classique à éviter

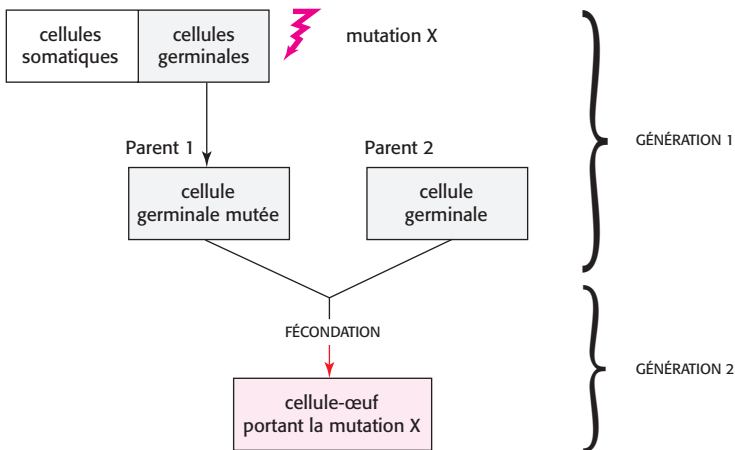
Ne pas oublier que la qualité d'un allèle est fonction des conditions du milieu. Un allèle considéré comme défavorable dans un milieu peut être favorable dans d'autres conditions.

## 6 Génétique et évolution

Les mutations affectent le patrimoine génétique d'un individu. Cependant, l'apparition de nouveaux allèles chez certains individus peut être responsable de l'évolution de la fréquence des allèles au sein de l'espèce.

### 1. Seules les mutations affectant les cellules germinales d'un individu sont susceptibles d'être transmises à sa descendance

- L'organisme est composé de *cellules germinales* (cellules reproductrices) et de cellules somatiques. Seules les cellules germinales participent à la fécondation et transmettent donc leur patrimoine génétique à la descendance.
- Les mutations peuvent toucher les deux catégories de cellules mais seules les mutations modifiant l'information génétique des cellules germinales seront transmises à la descendance. Les mutations touchant les *cellules somatiques* de l'individu n'affecteront qu'une génération.



2-12. Transmission d'une mutation d'une génération à l'autre.

## 2. Les mutations n'ont pas toutes le même impact évolutif

- Certaines mutations créent des allèles qui confèrent un avantage sélectif aux individus qui en sont porteurs (exemple de l'allèle HbS et du paludisme).
- D'autres mutations créent des allèles qui désavantagent les individus qui les portent. La fréquence de ces allèles dans une population diminue tandis que celle des allèles présentant un avantage sélectif augmente. La sélection naturelle favorise certains allèles, les plus adaptés aux conditions du milieu.
- Il existe des allèles qui ne confèrent aucun avantage ni désavantage aux individus qui les portent ; les mutations qui sont à l'origine de ces allèles sont appelées *mutations neutres*.
- Une telle mutation ne modifie pas la structure de la protéine synthétisée à partir du gène ou la modifie mais sans que son activité ne soit diminuée ou augmentée. Ainsi, la mutation ne représente ni un avantage ni un désavantage pour l'individu qui la porte.
- Ces mutations peuvent se répandre dans la population et favoriser le polymorphisme allélique.

### L'erreur classique à éviter

Toutes les mutations qui se produisent chez un individu ne sont pas transmises à la descendance. Seules les mutations touchant le programme génétique des cellules germinales sont susceptibles de se retrouver chez les descendants.

## 7 Gènes du développement et évolution

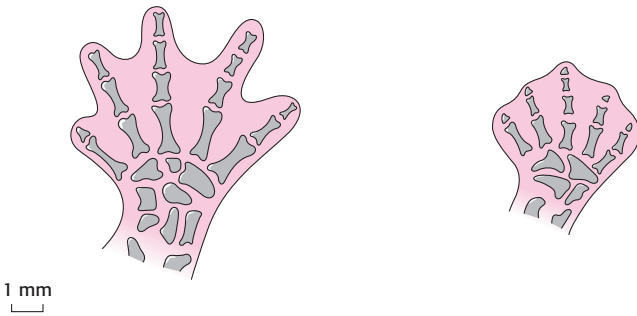
*Le développement embryonnaire permet de former un organisme pluricellulaire organisé et fonctionnel à partir d'une cellule-œuf unique. Le contrôle du développement embryonnaire est assuré pour une large part par les gènes du développement. Les mutations qui affectent ces gènes peuvent avoir un impact évolutif considérable.*

### 1. La modification de la durée et de la vitesse des étapes du développement peut participer à l'évolution des espèces

- Les gènes du développement sont ceux qui interviennent précocement au cours du développement embryonnaire.
- Ils sont responsables de l'établissement des polarités de l'embryon, de la mise en place du plan d'organisation et de la détermination des territoires cellulaires devant former les différents organes.
- La mutation d'un de ces gènes peut perturber le développement de l'individu touché. Certaines mutations qui entraînent des décalages dans le temps des différentes phases du développement les unes par rapport aux autres, et par rapport à ceux d'un ancêtre, peuvent avoir des effets spectaculaires sur l'organisme.
- Chez les espèces terrestres de Salamandres du genre *Bolitoglossa*, la patte est plus large avec des doigts plus longs, et elle est nettement moins palmée que chez les espèces arboricoles. On peut expliquer ces différences par un arrêt du développement et de la croissance du membre à un stade plus précoce chez l'espèce arboricole.
- De telles différences dans la chronologie du développement des organes constituent ce qu'on appelle l'*hétérochronie*.
- Une simple mutation modifiant la durée de développement d'un organe permet à l'espèce d'accéder à un autre mode de locomotion grâce à des pattes adaptées aux surfaces lisses, permettant de grimper.

ESPÈCE TERRESTRE

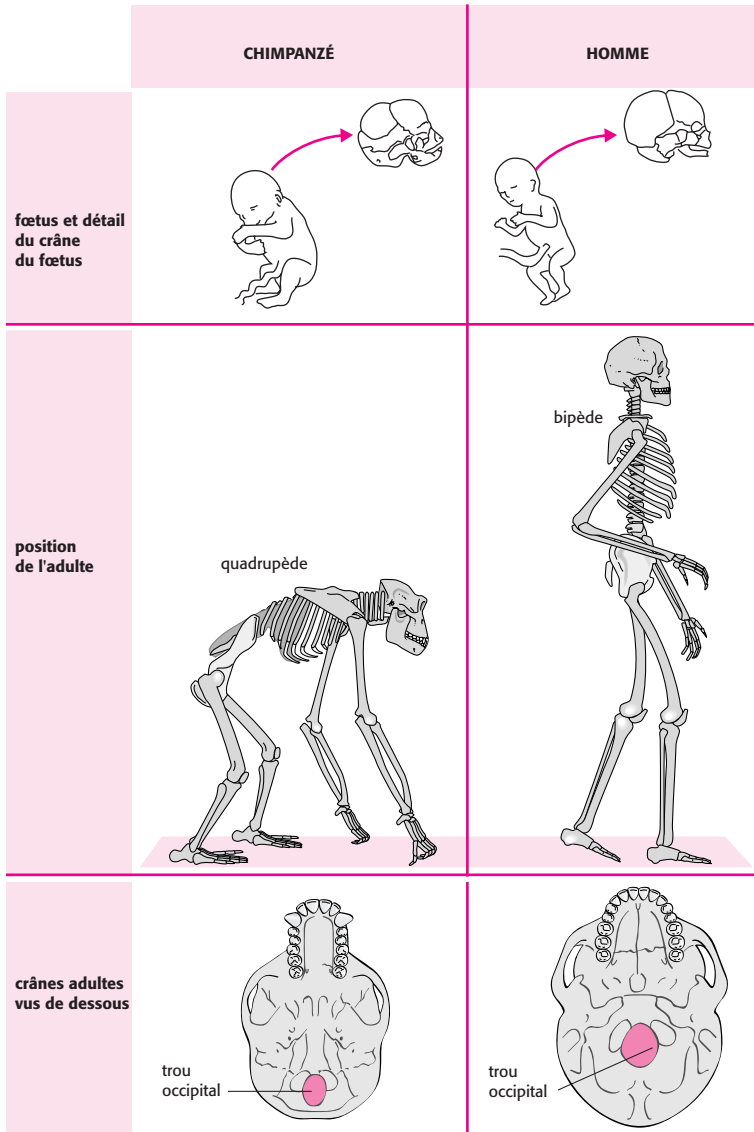
ESPÈCE ARBORICOLE



2-13. Exemple d'hétérochronie chez les Salamandres.

## 2. L'hétérochronie et l'évolution humaine

- Certains cas d'hétérochronie se caractérisent par l'acquisition de la maturité sexuelle par un animal qui n'est pas encore à l'état adulte (jeune ou larve) : on parle alors de *néoténie*.
- La néoténie est actuellement envisagée pour expliquer le fait que l'Homme possède, à l'âge adulte, des caractères que l'on ne retrouve que chez les jeunes Hominidés actuels (Chimpanzé, Bonobo).
- Certains de ces caractères concernent la face : front haut et bombé, yeux volumineux par rapport au reste de la face... D'autres sont des caractères fondamentaux de l'espèce : par exemple, la bipédie chez l'Homme est rendue possible par la position du trou occipital à la base du crâne qui permet la bipédie permanente.
- On retrouve cette même position chez le jeune Chimpanzé mais une bascule du trou occipital vers l'arrière qui a lieu un an après la naissance impose la quadrupédie aux adultes.
- Certaines mutations bien que ne touchant qu'une infime partie du patrimoine génétique d'un individu peuvent, si elles sont transmises à la descendance, participer à l'évolution des espèces.



2-14. Comparaison de quelques caractères de l'Homme et du Chimpanzé.

## L'erreur classique à éviter

Ne pas associer « taille de la mutation » et importance de l'impact évolutif. Une mutation modifiant un seul nucléotide d'un gène du développement peut influencer sur l'évolution d'une espèce.