

## Chapitre 2 : L'évolution comme grille de lecture du monde

La théorie de l'évolution permet d'expliquer différents aspects du monde qui nous entoure :

- la complexité ou l'étrangeté de certaines structures anatomiques
- les phénomènes de résistance aux antibiotiques en médecine ou la difficulté de mettre au point certains vaccins
- la domestication des plantes et des animaux ou le développement de résistances aux ravageurs en agronomie

### I. Structures anatomiques et évolution

#### A. Exemple de l'œil

- L'œil est un organe complexe permettant la vision grâce aux différentes structures qui le composent :
- les cellules photoréceptrices de la rétine détectent la lumière, son intensité et les couleurs.
  - les déformations du cristallin permettent une vision nette des objets proches et éloignés....

**L'œil est un bon exemple d'adaptation d'une structure à sa fonction.** Cette adaptation est le résultat d'une longue histoire évolutive :

- A partir d'une structure initiale, des **mutations** se produisent **par hasard** et entraînent des **variations**.
- Parmi ces variations, la plupart sont **désavantageuses** dans un milieu donné. Les individus qui portent ces caractères désavantageux ont moins de chances de survivre et de se reproduire que les autres. Ils ne transmettent donc pas ce caractère désavantageux à leur descendance. **Les variations désavantageuses sont donc éliminées par sélection naturelle.**
- Plus rarement (et toujours par hasard !!!) des variations confèrent un **avantage** dans un milieu donné. Les individus qui les portent vivent plus longtemps, se reproduisent davantage et ont plus de descendants à qui ils transmettent ce caractère avantageux : **le caractère avantageux** est ainsi sélectionné et va persister de génération en génération.

Ainsi les variations avantageuses sont sélectionnées et s'accumulent petit à petit. Il en résulte un organe cumulant des caractères avantageux : c'est l'**adaptation**.

**L'apparition de variations hasardeuses par mutations, suivies de la sélection des plus avantageuses, explique l'apparition dans l'évolution de structures anatomiques simples ou complexes, mais adaptées à leur fonction.**

*Remarque : Des modèles numériques permettent d'estimer qu'une structure aussi complexe que l'œil peut apparaître en seulement 1829 étapes.*

➤ **Adaptation ne veut pas dire perfection !** Par exemple, la présence d'une rétine inversée dans l'œil des vertébrés contraint la lumière à traverser toutes les couches de cellules avant d'atteindre les cellules photoréceptrices. Les fibres nerveuses partant en direction du cerveau se retrouvent ainsi positionnées à l'intérieur de l'œil et se rassemblent au niveau du nerf optique. Au niveau de cette zone, l'absence de photorécepteurs génère une tâche aveugle : les rayons lumineux provenant d'un objet et se projetant sur cette zone ne sont pas détectés !

Il est probable que les cellules photosensibles sont initialement apparues orientées de cette façon. Comme cela conférait tout de même un avantage, cette variation a été sélectionnée. Le reste de l'œil est apparu ensuite petit à petit et l'orientation initiale et aléatoire des cellules photoréceptrices a été conservée.

➤ D'ailleurs **il existe de nombreux yeux différents dans le monde animal**, qui résultent tous de leur propre histoire évolutive.

Certains yeux sont apparentés entre eux. Les **yeux des vertébrés** résultent tous de la même histoire évolutive mais présentent des particularités résultant d'adaptations à un environnement donné. Par exemple beaucoup d'animaux nocturnes comme le chat possèdent une membrane réfléchissante au fond de l'œil qui permet de concentrer les photons même dans la pénombre. Des animaux vivant dans l'obscurité complète, comme le rat taupe nu, ont un œil atrophié. Leurs ancêtres possédaient pourtant un œil comme le nôtre, mais, coûteux à produire et inutile dans le noir, cet œil a régressé de génération en génération.

**L'œil des céphalopodes** (poulpe, pieuvre, calmar...) est une structure qui à première vue ressemble au nôtre. Mais il existe des différences : la rétine n'est pas inversée ce qui signifie que les cellules photoréceptrices sont localisées à l'intérieur de l'œil, coté lumière. Il n'y a donc pas de tâche aveugle. L'œil des céphalopodes est issu d'une autre histoire évolutive que la nôtre, complètement indépendante, dans laquelle les cellules photoréceptrices sont apparues initialement avec une autre orientation. Si leur œil ressemble tellement au nôtre, c'est que les mêmes contraintes environnementales ont tendance à sélectionner les mêmes variations. Ainsi des structures similaires peuvent apparaître de façon indépendante en adéquation avec la même fonction : la vision. On parle de **convergence** évolutive.

Notons que des structures totalement différentes peuvent également apparaître en étant le fruit d'autres histoires évolutives (ex œil simple des patelles, œil composé des drosophiles....)

**Exercice :**

**13 Les yeux de l'anableps**

✓ Expliquer l'origine d'une structure anatomique (exemple de l'œil)

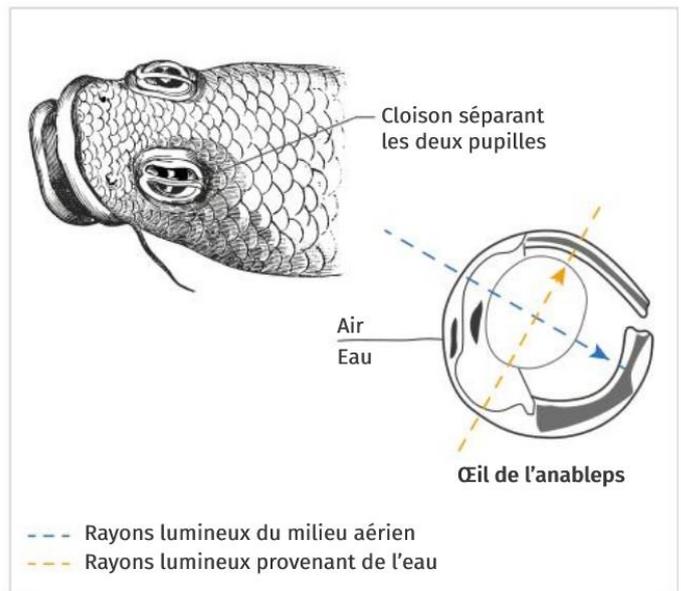
L'anableps, aussi appelé *four-eyed fish* (« poisson à quatre yeux »), vit dans les eaux douces dormantes d'Amérique centrale. Il cherche ses proies à la surface de l'eau, des insectes par exemple. Ses prédateurs se trouvent dans l'eau.



**1 Un anableps à la surface de l'eau, à la recherche d'une proie.** L'animal reste la plupart du temps dans cette position.

**Questions**

1. Décrire l'œil de l'anableps : nombre de rétines, nombre de pupilles, nombre de cristallins.
2. Justifier l'appellation « poisson à quatre yeux ».
3. Expliquer le lien possible entre sélection naturelle et anatomie de l'anableps.



**2 Les yeux de l'anableps.** Ses yeux possèdent deux pupilles.

**B. D'autres exemples** - docs p 216/217 du livre

- **Pourquoi les hommes ont-ils des tétons ?**

- **Pourquoi le nerf laryngé a-t-il un trajet si étrange ?**

- **Pourquoi les dents de sagesse deviennent-elles moins répandues ?**

- **Pourquoi la naissance du bébé est-elle si difficile ?**

## B. D'autres exemples - CORRIGE

- **Pourquoi les hommes ont-ils des tétons ?**

Dans le développement embryonnaire, les tétons apparaissent très tôt, avant la différenciation sexuelle. Même s'ils ne se développent pas à la puberté, ceux-ci restent présents chez les individus de sexe masculin. **On parle de contrainte évolutive de construction (liée au développement embryonnaire).**

- **Pourquoi le nerf laryngé a-t-il un trajet si étrange ?**

Le nerf laryngé qui part du cerveau et innerve le larynx suit un trajet étrange en passant sous la crosse aortique (gros vaisseau qui part du cœur). On suppose qu'au moment où ce nerf est apparu, il a suivi le chemin le plus direct. Puis le cou est apparu et l'adaptation qui a été sélectionnée a été un allongement du nerf laryngé (imaginer une variation qui lui fait changer de trajet est très peu probable !). **On parle de contrainte évolutive historique (lié au déroulement de l'histoire évolutive)**

### **Autre exemple mentionné dans le programme : la crosse aortique.**

L'ancêtre commun des vertébrés était aquatique et possédait 6 arcs branchiaux (de gros vaisseaux venant s'approvisionner en dioxygène au niveau des branchies). Ces arcs branchiaux sont encore présents chez l'humain au moment du développement embryonnaire. Certains régressent, mais d'autres sont à l'origine de la crosse aortique (qui n'a plus rien à voir avec la respiration branchiale). La forme de la crosse aortique est donc héritée de celle des arcs branchiaux. **C'est également une contrainte évolutive historique.**

*Rq : certains parlent du « bricolage de l'évolution » : l'évolution « se débrouille » avec l'existant pour construire de nouvelles choses. Cette expression est à manier avec prudence car les variations apparaissent bien évidemment aléatoirement. Il n'y a pas de bricoleur derrière tout ça !*

- **Pourquoi les dents de sagesse deviennent-elles moins répandues ?**

Rendues inutiles par une nourriture de plus en plus facile à mastiquer et désavantageuses par manque de place dans la mâchoire, les dents de sagesse semblent en **régression** à l'heure actuelle.

- **Pourquoi la naissance du bébé est-elle si difficile ?**

Chaque jour dans le monde près de 800 femmes décèdent au cours de l'accouchement. En effet la tête du bébé est très grosse par rapport à l'ouverture du bassin. Ce n'est pas du tout le cas chez le chimpanzé. En effet le rétrécissement du bassin a été sélectionné dans l'espèce humaine parce qu'il confère un avantage pour la bipédie. De plus, le volume crânien a beaucoup augmenté au cours de l'histoire évolutive de l'homme. **On dit que la largeur du bassin est soumis à un compromis sélectif** : il doit être suffisamment large pour laisser passer la tête (de volume important !) du bébé mais suffisamment étroit pour permettre la bipédie.

## Recopier le bilan du livre « contraintes et compromis » p 222

Comme le montre le cas de l'œil humain, adaptation ne signifie pas perfection. Certains facteurs peuvent constituer des barrières à l'évolution.

Ainsi des mal-adaptations peuvent être dues :

- à des **contraintes évolutives** historiques. L'évolution procédant par petites étapes successives, chaque étape est sélectionnée selon les avantages qu'elle procure immédiatement et non par rapport à un potentiel avantage ou désavantage qu'elle pourrait procurer plus tard. Ainsi, la sélection naturelle engage l'organisation des organismes dans des voies évolutives.

**Exemples :** Le trajet réalisé par le nerf laryngé, la rétine inversée des yeux des Mammifères...

- à des **contraintes évolutives** de construction : certains caractères établis lors du développement embryonnaire sont conservés même s'ils ne remplissent pas de fonctions précises tant qu'ils ne confèrent aucun désavantage à l'organisme qui les porte.

**Exemple :** Les tétons apparaissent très tôt lors du développement embryonnaire de l'être humain et sont conservés toute la vie, même si l'individu est masculin.

- à des **compromis sélectifs** : en présence de pressions de sélection contraires.

**Exemple :** Le bassin de la femme doit permettre le passage de la tête d'un nouveau-né tout en assurant la locomotion bipède (**Fig. 2**).

- à des **anachronismes évolutifs** : la sélection naturelle est un processus qui dépend de l'environnement. Un caractère peut devenir inadapté suite à une modification de l'environnement, ce qui peut entraîner sa régression (exemple des dents de sagesse).

L'évolution par sélection naturelle permet de comprendre les adaptations. Soumise à certaines contraintes, l'évolution peut aboutir à des compromis et anachronismes évolutifs permettant d'en saisir les limites.

## II. Pratiques humaines et évolution

### A. Médecine et évolution

- **La théorie de l'évolution permet de comprendre comment les bactéries peuvent devenir résistantes aux antibiotiques.**

Les antibiotiques sont des molécules qui détruisent les bactéries ou bloquent leur multiplication. Ce sont souvent des molécules naturelles produites par exemple par des champignons. **Rappelons que les antibiotiques sont inefficaces contre les virus.**

Suite à des mutations aléatoires, certaines bactéries (en petit nombre) peuvent devenir résistantes à un antibiotique alors que d'autres bactéries y sont sensibles. Si cette population bactérienne est en contact avec l'antibiotique, alors l'antibiotique détruit les bactéries sensibles et épargne les bactéries résistantes qui vont alors proliférer (en absence de toute compétition avec les autres bactéries, donc en ayant accès à toutes les ressources du milieu). Les bactéries résistantes sont ainsi « **sélectionnées** » par l'antibiotique et deviennent de plus en plus **fréquentes** dans la population.

Pour limiter les acquisitions de nouvelles résistances, il convient **d'adapter les stratégies prophylactiques** c'est-à-dire d'utiliser les antibiotiques à **bon escient** (ils sont inutiles dans les maladies virales), de respecter la **posologie** et la **durée de prescription** de ces antibiotiques, et de ne pas **pratiquer l'automédication** avec les antibiotiques

**Prophylaxie** : ensemble des mesures visant à éviter l'apparition, la propagation et l'aggravation d'une maladie

- **La théorie de l'évolution permet également de comprendre pourquoi certains vaccins sont si difficiles à mettre en point, ou doivent être renouvelés tous les ans**, comme celui de la grippe. En effet le virus de la grippe mute beaucoup, ce qui entraîne chaque année de légères modifications des protéines situées à la surface du virus. Or ce sont ces protéines qui sont reconnues par le système immunitaire. Il faut donc réapprendre chaque année le corps à se défendre contre le nouveau variant de la grippe saisonnière : c'est le principe de la vaccination annuelle contre la grippe. Là encore, la médecine a adapté sa stratégie prophylactique contre la grippe.

### B. Agriculture et évolution

**La théorie de l'évolution permet également de comprendre certains mécanismes du monde agricole**

- **Les races d'animaux domestiques et les variétés de plantes cultivées sont issues d'une longue histoire évolutive dans laquelle l'homme a joué un rôle capital en réalisant une sélection artificielle.**

A partir d'espèces sauvages, l'homme isole des individus intéressants et les fait reproduire. Il **sélectionne** à chaque génération les individus qui présentent des caractères avantageux pour lui (*et par forcément pour la plante ou l'animal !*) : un maïs avec des grosses graines, une vache qui produit beaucoup de lait...). Ce sont ces individus qui vont devenir reproducteurs et qui vont engendrer la génération suivante et ainsi de suite. Ceci aboutit à des **races animales et des variétés végétales très productives.**

Comme les critères de choix peuvent largement varier d'une région à une autre, d'un moment à un autre, en fonction des besoins, des contraintes locales, etc. cette sélection par l'agriculteur contribue à **différencier les populations** « filles » entre elles, et par rapport à leur population « mère ». Cela a contribué à la formation des nombreuses **variétés paysannes végétales et races domestiques animales, une des formes de la biodiversité.**

En revanche, la domestication s'accompagne d'une **réduction de la diversité génétique naturelle** : on tend à homogénéiser les caractéristiques d'une variété (synchroniser les cycles de développement par exemple). **De plus on pratique généralement la monoculture qui tend à réduire la biodiversité locale et rend la culture plus sensible aux ravageurs ou à un changement environnemental** (*ex de la famine en Irlande au 19<sup>ème</sup> siècle causée par la sensibilité de l'unique variété de pomme de terre au mildiou*).

- **La théorie de l'évolution permet également de comprendre l'apparition de résistances aux ravageurs**, selon un mécanisme similaire à l'apparition des bactéries résistantes aux antibiotiques. Si une mutation aléatoire rend un individu résistant à un pesticide, l'emploi de ce même pesticide sélectionne les individus résistants et favorise la propagation de la résistance.

**La compréhension de ces mécanismes évolutifs permet d'adapter les pratiques agricoles afin de limiter l'impact négatif de l'agriculture sur la biodiversité, de réduire l'utilisation de pesticides et donc de retarder l'apparition des résistances.**

**Exercice d'application** : Bordas **13 p 229** (type E3C) : Antibiotique, vaccin et résistance