# Thème 3 : Une histoire du vivant

## Chapitre 10 : L'évolution comme grille de lecture du monde

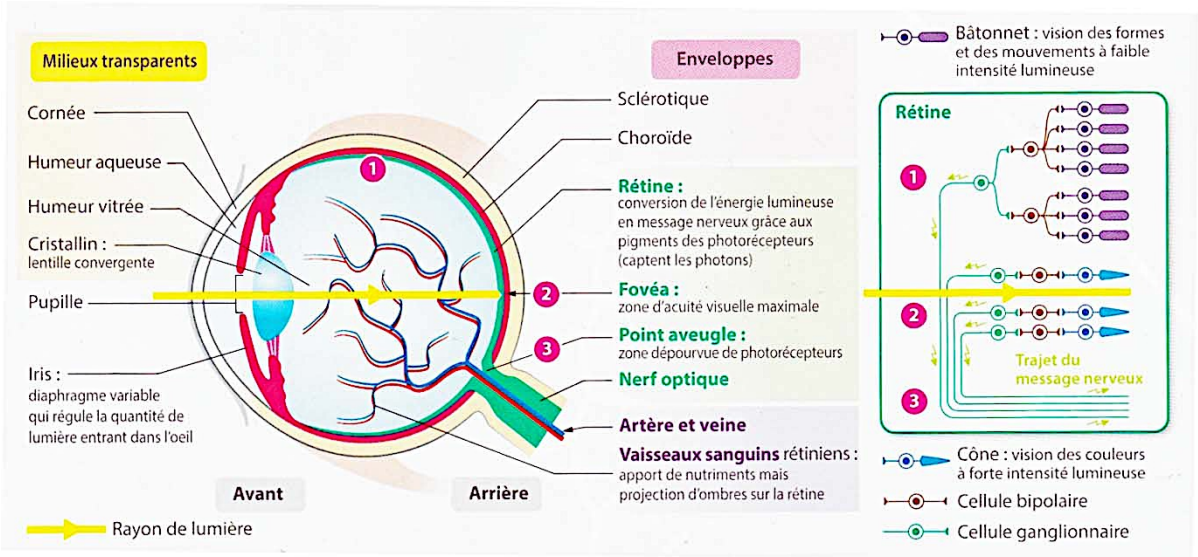
Le monde vivant présente une impressionnante biodiversité en permanente évolution. Mais cette diversité n'empêche pas que chaque espèce présente une remarquable adaptation à ses conditions de vie naturelles, c'est-à-dire un ajustement de ses caractéristiques à ses conditions de vie. Cette adaptation est l'un des traits les plus fascinants du monde vivant. À travers quelques exemples, nous étudierons cette adaptation afin de montrer sur quels mécanismes elle repose mais aussi pour préciser ses limites et montrer la part de hasard et de compromis que comporte l'évolution. Puis nous verrons que dans les domaines de la santé et de l'agriculture, cette adaptation permanente des êtres vivants a des conséquences potentiellement redoutables qu'il est indispensable de prendre en compte pour élaborer des politiques responsables. Ainsi, plus qu'un savoir abstrait, la théorie synthétique de l'évolution est un outil essentiel pour comprendre les problèmes actuels posés par les rapports entre les sociétés humaines et le reste du monde vivant et espérer nous y adapter.

### 1. L'évolution : un processus d'adaptation parfait ?

#### 1.1 L'œil, un organe adapté à sa fonction

L'œil est un organe à la fois complexe et remarquablement adapté à sa fonction : transformer un stimulus lumineux en informations nerveuses conduites jusqu'au cerveau par le nerf optique.

- Plusieurs tissus transparents (cornée, humeur aqueuse, cristallin, humeur vitrée) permettent à la lumière de se propager jusqu'à la rétine, tissu nerveux contenant les photorécepteurs, cellules nerveuses excitables par la lumière.
- Les cellules musculaires de l'iris permettent de contrôler la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil.
- Le cristallin et les cellules ciliées musculaires qui le maintiennent jouent le rôle d'une lentille convergente et permettent de former sur la rétine une image nette de ce que nous regardons.
- Les millions de photorécepteurs de la rétine permettent une vision détaillée lorsque la lumière est suffisante (cônes et bâtonnets), et, lorsque la lumière est faible, une vision crépusculaire (bâtonnets seuls).



Structure de l'œil humain

La théorie synthétique de l'évolution fournit une explication à l'existence de tels organes spécialisés :

- Les modifications anatomiques et cellulaires résultent de modifications aléatoires du programme génétique des êtres vivants, par exemple les mutations ; puisque ces modifications sont aléatoires, il n'y a aucune raison pour qu'elles produisent uniquement des organes hautement adaptés, mais :
- Ces modifications subissent la sélection naturelle. Seules les modifications neutres ou favorables à la survie des individus dans leur environnement peuvent se maintenir au fil des générations et se répandre dans le monde vivant.

Ainsi, dans un environnement stable et sur de longues durées, la sélection naturelle favorise l'accumulation au fil des générations de petits changements apparus par hasard mais qui améliorent progressivement l'adaptation d'un organe à sa fonction. Peut-on dire alors que tous les caractères des êtres vivants sont parfaitement adaptés à leur environnement ?

Plusieurs caractéristiques de l'œil humain limitent son efficacité. Par exemple :

- La rétine est « inversée » par rapport au sens de propagation de la lumière : la lumière doit traverser deux couches de cellules nerveuses avant d'exciter les photorécepteurs. Celles-ci sont transparentes et ne gênent pas la vision mais, pour rejoindre le nerf optique, leurs fibres traversent la couche de photorécepteurs en un point appelé point aveugle. La partie de l'image correspondant à ce point n'est pas vue car il n'y a pas de photorécepteurs à cet endroit.
- Les vaisseaux sanguins rétiniens qui alimentent les cellules nerveuses projettent des ombres sur la rétine et gênent donc légèrement la formation de l'image

Cela montre que même dans un organe hautement adapté, tout n'est pas en parfaite adéquation avec la fonction de cet organe. C'est le résultat de la part du hasard dans son évolution.

Peut-on observer de tels « défauts d'adéquation » sur d'autres organes ? Sont-ils seulement le signe du hasard ?

## 1.2 Les compromis de l'évolution

Certaines caractéristiques de l'anatomie humaine ne semblent pas en parfaite adéquation avec leur fonction :

- Le nerf laryngé (qui contrôle la phonation et la déglutition) effectue un long détour sous la crosse aortique pour relier le cerveau au larynx, ce qui allonge le temps de transmission du message
- Le squelette du bassin féminin présente en moyenne une ouverture légèrement plus étroite que le diamètre du crâne du fœtus, ce qui rend l'accouchement difficile.

L'étude de ces caractéristiques dans le cadre de la théorie de l'Évolution permet de comprendre leur apparition :

- Le trajet du nerf laryngé s'est allongé progressivement au cours de l'évolution. Chez les premiers vertébrés marins, ce nerf avait un trajet simple au contact d'une des artères appelées « arcs branchiaux », irriguant les branchies. Au cours de l'évolution, les vertébrés terrestres ont perdu ces branchies au profit des poumons et cet arc branchial a contribué à former la crosse aortique. Chez certains vertébrés terrestres (tétrapodes), le cou est apparu et s'est plus ou moins allongé. Chez ces espèces, la formation du cou durant la vie embryonnaire contraint le nerf laryngé à s'allonger en conséquence. Dans ce cas, le « défaut » d'adaptation résulte donc d'une contrainte du développement liée à l'histoire évolutive des organes.

- Les ancêtres de l'espèce humaine étaient probablement de grands singes assez proches des chimpanzés actuels. Au cours de l'évolution humaine, la sélection naturelle a favorisé à la fois l'augmentation de la taille de la boîte crânienne et la bipédie. Or ces deux évolutions font peser des contraintes opposées sur la structure du bassin : un bassin à grande ouverture serait plus favorable pour permettre une plus grande boîte crânienne du fœtus, mais moins efficace pour la marche bipède. Dans ce cas, le « défaut d'adaptation » résulte du compromis entre les différentes fonctions d'un même organe (le bassin).

### 1.3 Conclusions : l'évolution ou le compromis permanent

La théorie synthétique de l'Évolution possède un pouvoir explicatif considérable, car elle permet de rendre compte non seulement de l'impressionnante adaptation des êtres vivants à leurs environnements, mais aussi des caractères qui peuvent apparaître comme des « défauts d'adaptations ».

- L'adaptation des êtres vivants résulte de l'effet de la sélection naturelle qui conserve principalement les caractères favorables ou neutres et élimine les caractères défavorables ;
- Les « défauts d'adaptation » résultent de compromis entre la formation embryonnaire des structures anciennes et nouvelles, ou entre les différentes fonctions d'un organe.

Ainsi, la sélection naturelle ne sélectionne pas chaque organe séparément du point de vue d'une fonction unique, mais le succès global d'un organisme complet dans son environnement. À une autre échelle, la sélection naturelle ne sélectionne pas chaque organisme séparément, mais le succès global d'une population dans son écosystème, voire de l'écosystème tout entier.

## 2. L'évolution des êtres vivants : un défi pour l'humanité ?

### 2.1 La lutte contre les « indésirables » : des solutions simples et problématiques

L'espèce humaine est en interaction permanente avec de nombreuses autres espèces. Certaines de ces interactions nous sont profitables :

- Les micro-organismes symbiotiques du microbiote intestinal contribuent à notre digestion ;
- L'exploitation des espèces de plantes et d'animaux domestiquées fournit de nombreuses ressources.

D'autres interactions indésirables représentent une nuisance ou un danger :

- Les micro-organismes pathogènes comme les bactéries infectieuses sont à l'origine de nombreuses maladies (par exemple le bacille de Koch provoque la tuberculose)
- Les « mauvaises herbes » ou adventices, les champignons qui infectent les plantes et les insectes ravageurs diminuent le rendement des cultures

Face à ces interactions « indésirables », les stratégies les plus courantes consistent à tenter d'éliminer, au moins localement, les organismes jugés « indésirables ».

- En médecine et dans les élevages agricoles, on recourt à des antibiotiques, substances chimiques capables de tuer les bactéries infectieuses ou d'empêcher leur prolifération, et des antiviraux qui bloquent le cycle de reproduction des virus.
- Dans les cultures, on recourt à un arsenal de substances chimiques appelées produits phytosanitaires:
    - Des herbicides pour éliminer les adventices ;
    - Des fongicides pour éliminer les champignons ;
    - Des pesticides pour éliminer les insectes ravageurs.

Développées au cours du 20ème siècle, ces pratiques ont permis des progrès notables à court et moyen terme et semblé efficaces pendant plusieurs décennies. Actuellement, les conséquences négatives de leur utilisation massive sont de plus en plus préoccupantes :

En supprimant les bactéries sensibles, les antibiotiques favorisent les rares bactéries mutantes résistantes qui ne sont plus en compétition avec les bactéries sensibles pour les ressources du milieu. Les bactéries résistantes voire polyrésistantes (résistantes à plusieurs antibiotiques) sont donc de plus en plus fréquentes. Les infections dues à ces bactéries sont parfois impossibles à soigner. On estime que ces bactéries provoquent actuellement 700 000 décès par an dans le monde, mais ce chiffre est en rapide augmentation.

En supprimant toute biodiversité, les herbicides et fongicides permettent la réalisation de grandes monocultures dans lesquelles une seule espèce domestiquée est cultivée. Lorsqu'un insecte prédateur de cette plante survient, ils prolifère très facilement et peut ainsi ravager rapidement toute la culture, ce qui rend alors nécessaire l'utilisation des pesticides. Les pesticides opèrent à leur tour une sélection des insectes résistants, ce qui conduit à utiliser de nouveaux pesticides, et détruit l'écosystème du sol qui contribue à sa fertilité.

## 2.2 La diversité : défi ou alliée ?

L'évolution permanente des espèces « indésirables » comme les bactéries ou les insectes dits ravageurs contraint à rechercher constamment de nouveaux antibiotiques ou de nouveaux pesticides qui opèrent à leur tour une pression de sélection sur les espèces indésirables. Cette « course à l'armement » biologique n'est pas sans dommages collatéraux (maladies incurables dues aux bactéries polyrésistantes, qualité des sols, déclin des populations d'abeilles, perturbateurs endocriniens…).

Mais la biodiversité, résultat de l'évolution du monde vivant, représente aussi une ressource qui permet souvent d'envisager des solutions plus durables :

- Soigner certaines infections par un rééquilibrage du microbiote intestinal ;
- Remplacer les monocultures par des polycultures qui « cassent » la dynamique de prolifération des ravageurs ;
- Utiliser la lutte biologique : utiliser des prédateurs naturels des insectes nuisibles ou de parasites des plantes plutôt que d'utiliser des produits phytosanitaires.

## 3. Conclusions (pas au programme de révision)

La théorie synthétique de l'évolution, élaborée à partir de la thèse de Charles Darwin « De l'origine des espèces » publiée en 1959, mais complétée par de nombreux apports notamment de génétique, est actuellement le cadre de travail commun des biologistes du monde entier.

- Elle s'appuie sur d'innombrables observations ;
- Elle fait des hypothèses les plus économes possibles (pas d'intervention du surnaturel)
- Elle possède un pouvoir explicatif considérable, qui permet de mieux comprendre l'état actuel du monde vivant, mais aussi divers problèmes d'environnement et de santé publique.
- Elle résiste à l'épreuve des nombreuses expériences reproductibles visant à tester sa solidité ;

Ces quatre points (et particulièrement le dernier) font d'elle un savoir universel, qui se distingue d'une croyance religieuse comme le créationnisme, selon laquelle la nature résulte d'une création divine.

| AFFIRMATION | ASSUMÉE... | LÉGITIMÉE PAR... |
|---|---|---|
| Savoirs | Collectivement | Justification rationnelle |
| Croyances | Individuellement | Autorité / confiance |
| Croyances religieuses | Collectivement | Autorité / confiance |
| Opinions | Individuellement | Divers |

Les quatre types d'affirmations, leurs points communs et leurs différences

(source : MNHN http://edu.mnhn.fr/mod/page/view.php?id=348 )