Chapitre 2

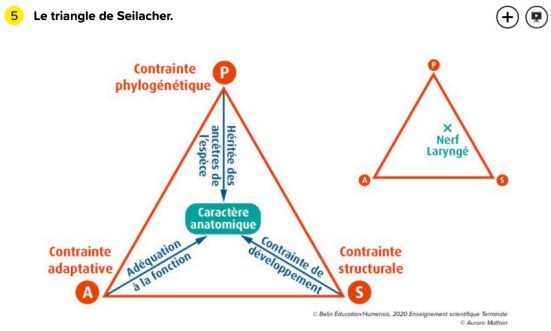
L'EVOLUTION, GRILLE DE LECTURE DU MONDE

I/ Le temps, non processus, révèle l'évolution du vivant

A/ Constat de structures communes complexes : Certaines structures anatomiques apparaissent d'une étonnante complexité mais **adaptatives**. L'oeil est le fruit d'une histoire évolutive non linéaire : elle ne va pas du plus simple au plus complexe.

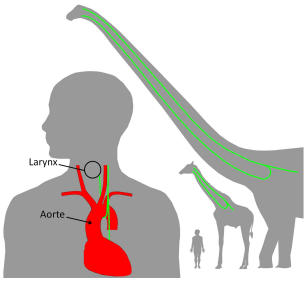
Certaines structures ressemblantes (homologues) semblent être apparues indépendamment l'une de l'autre (lentille dans l'oeil) dans différents groupes animaux. Chaque variation apparue est due à des **mutations stochastiques (liées au hasard)** : la plupart du temps, la sélection naturelle permet la conservation des systèmes visuels les plus adaptés (aptes à survie et descendance) aux besoins des individus (organismes) dans un milieu donné : c'est une adéquation entre besoins / formes et rôles acquises par le jeu mutations /sélection naturelle (sélection si et seulement si variabilité inter-individuelle des individus d'une population dans son milieu de vie + contraintes + héritabilité).

Un compromis sélectif a donc lieu quand une modification avantageuse d'un phénotype (caractère) m§ne à une désavantageuse pour un autre en terme de sélection naturelle



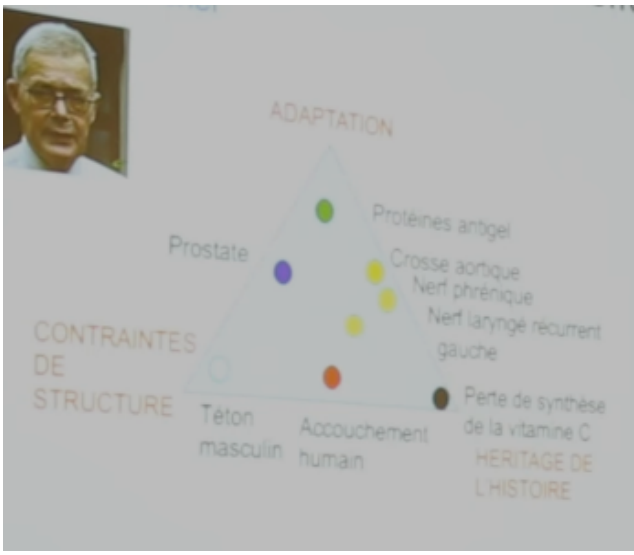
Au cours de l'évolution, beaucoup de caractères sont soumis à des pressions de sélection contraires. Par exemple, l'histoire évolutive des mammifères explique le trajet étonnant du nerf laryngé (contraintes phylogénétiques et structurales fortes, adaptation faible). De la même façon, la forte contrainte adaptative de la bipédie sur le bassin entraîne des difficultés de l'accouchement chez la femme (contraintes structurales). Ces contraintes s'exerçant sur un caractère anatomique peuvent être représentées sous la forme d'un triangle proposé en 1970 par le paléontologue Adolf Seilacher. Cette représentation est qualitative : on ne peut pas chiffrer précisément la valeur des contraintes.

B/ l'inadéquation étonnante macroscopique de structures anatomiques avec leurs rôles (fonctions) : contraintes, dérive génétique



Exemples :

- le trajet improbable du nerf laryngé des mammifères parcourt un long trajet inutile entre la base du crâne où il est émis et le larynx qu'il innerve (3,5m chez la girafe, pire chez un dinosaure comme …) en gamma du haut vers le bas pour remonter en faisant un noeud à la crosse aortique par le nerf vague, un de ses dérivatifs
- la crosse aortique, à la forme vers le haut puis redescendant à l'arrière, urne de problèmes cardio-vasculaire possible (voir surpression et morts par arrêts cardiaques suite à des courses d'épuisement chez les lycaons poursuivant les antilopes pouvant s'épuiser et mourir par rupture vasculaire)
- le bassin étroit avantageux en bipédie / nomadisme du marcheur mais défavorable en terme de mortalité infantile (paradoxe obstétrique) : il n'est pas en adéquation entre taille du crâne du nouveau-né et forme de l'ouverture



Ces structures ne se comprennent qu'au regard de compromis par le jeu tri-contraintes contraires : contrainte embryologique (structurale) (sinus aortique de poisson téléostéen pour la crosse des Mammifères), phylogénétique, et adéquation forme / fonctions (contrainte adaptative), contraintes phylogénétiques et structurales fortes pour le nerf laryngé

À droite : en vert : le nerf vague : origine embryologique des poissons mais cou présent chez humain, girafe et pire encore Diplodocus

Dans certains cas, la dérive génétique est à l'origine du maintien de structures pas nécessairement avantageuses mais neutres : exemple possible en discussion : les dents de sagesse (anachronisme évolutif)
Le téton masculin sans lactation mais zone érogène est le fruit d'une contrainte évolutive de construction car l'apparition précoce embryonnaire sont conservés à l'âge adulte.

II / impacts anthropiques sur biodiversité et évolution du monde vivant

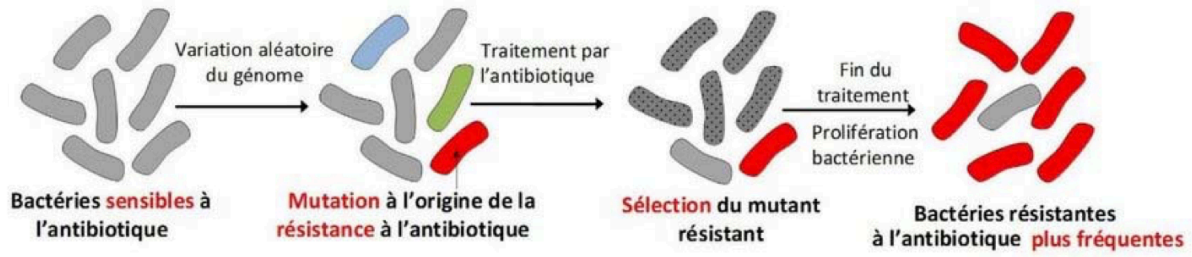
Depuis les débuts agricoles il y a - 10 000 ans (paléolithique), les humains exercent des pressions de sélection sur les organismes vivant dans les agrosystèmes
Exemple : sur les plantes cultivées, ils ont sélectionné celles dont les caractères correspondaient à leurs besoins. Par rapport aux formes sauvages, variétés ancestrales naturelles, cette sélection artificielle appelée domestication a contribué à réduire la biodiversité végétale et à former des variétés dont les phénotypes (caractéristiques exprimées) sont différentes et orientées vers le gain de productivité humain (rendements) : grains de grande taille (maïs), bon goût …
Aujourd'hui les pesticides agricoles exercent une pression sélective négative sur les populations de bioagresseurs de ces cultures : si un individu résistant apparaît par effet de mutations hasardeuses, l'emploi de pesticides contribue par sélection naturelle à sélectionner les résistants (même chose pour l'antibiorésisitance rapide étant donné le taux mutationnel bactérien plus élevé, les modes de transfert d'ADN inter-bactériens, y compris entre individus d'espèces différentes de bactéries). Ainsi, il faut davantage de pesticide ou de traitements ou les mélanger face aux résistances : c'est un cercle vicieux où la balance bénéfices-risques diminue.
En médecine, l'évolution rapide des virus et bactéries leur permet une adaptation rapide aux changements comme les pression s de sélection, y compris anthropiques, ce qui pose à ce dernier des problèmes sanitaires dans ses élevages animaux et pour lui-même en raison de la généralisation et l'abus d'utilisation d'antibiotiques préventifs ou faisant grossir les animaux élées … Cela explique aussi la difficulté de vaccins anti-VIH ou COVID face aux néovariants : il est ainsi nécessaire d'adapter constamment nos actions prophylactiques et les traitements médicamenteux. Ce la nécessite aussi la poursuite de recherche avec la mise au point de néoantibiotiques ou alternatives (bactériophages par exemple …)

Attention : point de vigilance : l'usage antibiotique ne crée pas de résistant : il révèle leur résistance dont le phénotype populationnel s'étend en raison d'une mutation préalable conférant cette résistance en milieu imprégné d'antibiotique

Source ci-dessous : https://svtaumicro.fr/wp-content/uploads/2020/09/TES-T3-Chap2-Cours.pdf

☛ **L'évolution permet donc de comprendre les adaptations. Soumise à contraintes, elle aboutit parfois à des compromis et anachronismes permettant d'en saisir les limites.**

Schéma – Sélection naturelle et résistance aux antibiotiques (source : researchgate.org)

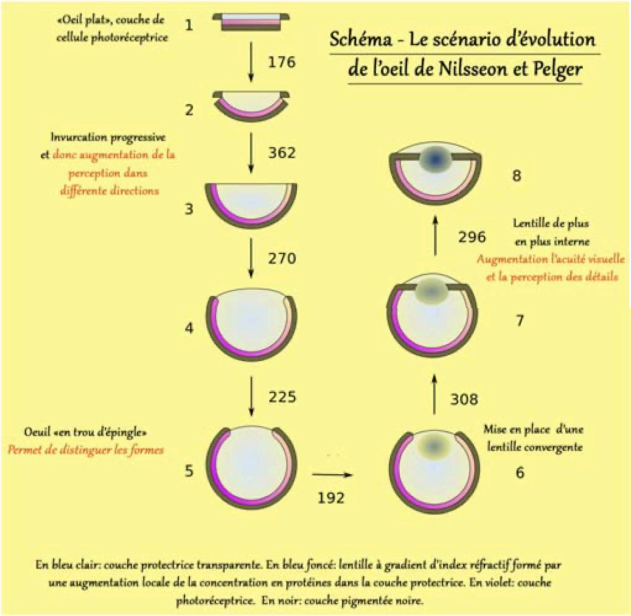


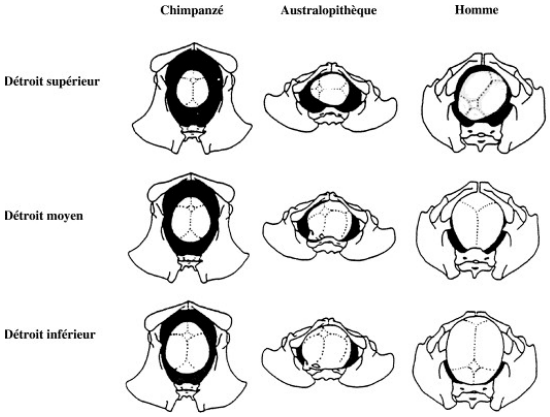
Encart – Un scénario d'évolution de l'œil – Le scénario de Nilsson et Pelger

La formation de structures complexes par le seul moyen de la sélection naturelle a souvent été mise en doute par les opposants de la théorie de l'évolution, et l'évolution de l'œil est souvent l'exemple emblématique de ce problème. Charles Darwin lui-même reconnaissait la difficulté que posait l'évolution de l'œil pour sa théorie.

La difficulté pour expliquer l'évolution de l'œil par la sélection naturelle consiste à trouver une voie évolutive plausible constituée d'une longue succession de légères modifications, chacune d'entre elles devant être avantageuse et donc sélectionnée.

Afin de montrer qu'une telle évolution était possible, et d'estimer le nombre de générations nécessaires à l'évolution d'un œil, Dan Nilsson et Susanne Pelger ont développé en 1994 un modèle d'évolution de l'œil. Pour cela, ils ont imaginé une séquence possible de 8 structures d'œil allant d'une simple couche de cellules photoréceptrices à un œil camérulaire tel qu'on l'observe chez les céphalopodes ou les vertébrés, à partir des lois fondamentales de l'optique, des lois de la sélection naturelle et des exemples réellement observés dans la nature. Ils ont ensuite calculé le nombre de modifications élémentaires nécessaires au passage d'une structure à l'autre. Enfin, ils déduisent de ce calcul le nombre de générations nécessaires à l'évolution d'un œil selon cette séquence et d'après la théorie de la sélection naturelle. En construisant ce modèle pessimiste (la séquence évolutive et toutes les hypothèses de calcul sont choisies de manière à maximiser le nombre de générations), ils estiment qu'il ne faut pas plus de quelques centaines de milliers de générations pour former un œil camérulaire.





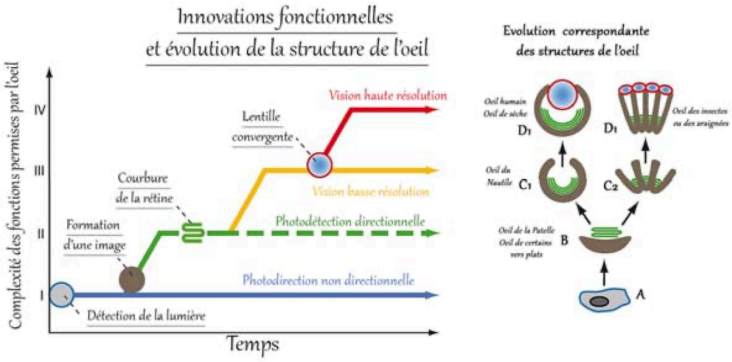


Table des ressources numériques – *17 vidéos pour compléter le cours !!*

Nom de la ressource + *source*	Lien	Remarques
Quelles sont les preuves factuelles de l'évolution, *STATED CLEARLY*	https://www.youtube.com/watch?v=lIEoO5KdPvg	En anglais sous titré Obligatoire Exemple des baleines
Qu'est-ce que l'évolution, *STATED CLEARLY*	https://youtu.be/GhHOjC4oxh8	
What is Natural selection, *STATED CLEARLY*	https://www.youtube.com/watch?v=0SCjhI86grU	Obligatoire En anglais sous titré
L'évolution de l'œil au fil du temps, *National Geographic*	https://www.nationalgeographic.fr/video/tv/levolution-de-loeil-au-fil-du-temps	Obligatoire
Au cœur des organes : l'œil et la vision, *INSERM*	https://www.youtube.com/watch?v=sYLA6U1boF8	Explication du fonctionnement de l'œil
L'évolution de l'œil humain, *par Joshua Harvey, TED Ed*	https://www.youtube.com/watch?v=qrKZBh8BL_U	Obligatoire
Le rose n'existe pas **+** **Comment créer une couleur ?** *par Léo Grasset de Dirtybiology*	https://www.youtube.com/watch?v=Wdy4YBULvdo https://www.youtube.com/watch?v=wCMGxXgypS4	Hors programme.
Grandes tueuses : l'antibiorésistance, *INSERM*	https://www.youtube.com/watch?v=DyOsSJ8FeAs	
L'antibiorésistance, première cause de mortalité de demain, *BRUT*	https://www.youtube.com/watch?v=Kc-uqmuLfLA	Obligatoire
L'évolution des bactéries observés sur une plaque de Petri géante, *Harvard Medical School*	https://www.youtube.com/watch?v=plVk4NVIUh8	On observe l'évolution et l'acquisition de mutations conférant l'antibiorésistance … impressionnant.
Réparer la terre (le sol), *Ver de Terre Production*	https://www.youtube.com/watch?v=zerUb6alF6s	Long (environ 15min)
La biodiversité est cruciale pour notre alimentation, *FAO (ONU)*	https://www.youtube.com/watch?v=ekAsWJi-zlY	Spot de sensibilisation de l'ONU
Un agriculteur engagé en agro-écologie, *PNR des Marais d'Opale*	https://www.youtube.com/watch?v=643GhGYGfAU	
L'agroforesterie, *BRUT*	https://www.youtube.com/watch?v=mx3IHgO2zeQ	