

SVT	Thème 3 : Une histoire du vivant	Term Ens Sc
Cours	Chapitre 2	ESTHER-PIOCHE

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

Introduction – Un peu d'histoire des sciences



« Il semble absurde au possible, je le reconnais, de supposer que la sélection naturelle ait pu former l'œil avec toutes les inimitables dispositions qui permettent d'ajuster le foyer à diverses distances, d'admettre une quantité variable de lumière et de corriger les aberrations sphériques et chromatiques. »

Ces propos rapportés de Charles Darwin sont souvent utilisés par les détracteurs de la théorie de l'évolution.

Au cours de ce chapitre nous étudierons notamment l'exemple de l'œil et nous montrerons que les mécanismes évolutifs permettent en réalité d'expliquer et de comprendre l'anatomie de l'œil humain.

D'autre part, nous montrerons que comprendre l'évolution comme grille de lecture du monde vivant permet de mieux appréhender quelques enjeux contemporains (santé, agriculture).

Problématique : l'objectif de ce chapitre est de montrer que les connaissances sur l'évolution constituent une grille de lecture qui permet de mieux comprendre le monde biologique.

Pour cela, nous travaillerons selon deux axes de réflexion :

- comment les mécanismes évolutifs permettent d'expliquer de nombreuses observations biologiques actuelles ?
- comment nos connaissances des mécanismes évolutifs permettent de mieux appréhender des enjeux contemporains dans le domaine de la santé et de l'agriculture ?

I – Sélection naturelle, adaptations et contraintes

A chaque génération d'êtres vivants, des variations génétiques aléatoires (**mutations**) apparaissent et sont parfois à l'origine de caractères nouveaux. Ces « innovations » sont transmises de génération en génération et cela d'autant mieux qu'elles favorisent la survie ou le succès reproducteur des individus. Ce sont les mécanismes de **la sélection naturelle**.

Les mécanismes de la sélection naturelle ont pour conséquence une **adaptation** des espèces à leur milieu de vie.

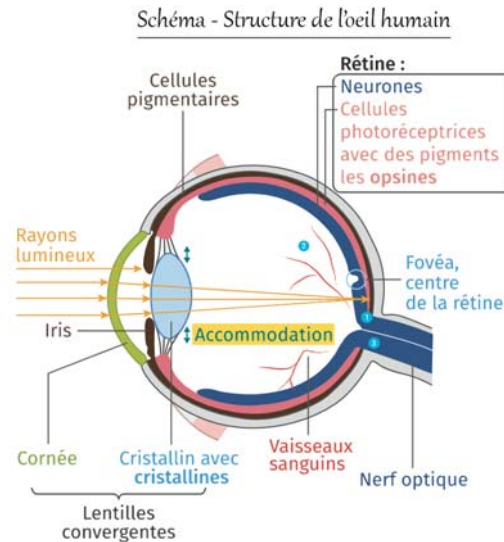
L'œil des animaux est un bon exemple d'un ensemble d'adaptations évolutives. Une structure complexe comme l'œil humain (voir ci-contre), ou l'œil de sèche, résulte d'une quantité considérable de variations/sélections qui ont eu lieu sur des millions d'années et de générations.

L'évolution n'engendre pas toujours des structures anatomiques optimales. Certains caractères sont mieux expliqués par l'héritage de l'histoire évolutive, plus que par leur fonction. Les possibilités de variations de caractères sont limitées par l'anatomie héritée des ancêtres (**contrainte historique**) car ces variations se font sur des structures déjà existantes. Par ailleurs, les mécanismes du développement embryonnaire contraignent également les variations possibles (**contrainte de construction**). Ils peuvent expliquer la présence de structures anatomiques sans fonction apparente.

Pour finir, les variations possibles d'un organe sont contraintes par l'évolution des autres organes : on parle de **compromis sélectifs**.

Exemple de contraintes historiques : la rétine inversée des yeux de Mammifères.

Exemple de contraintes de construction : le tétou masculin est formé très tôt lors du développement et avant la masculinisation qui intervient plus tard.



Exemple de compromis sélectif : le bassin de la femme doit permettre le passage de la tête d'un nouveau-né tout en assurant la locomotion bipède.

Certaines structures héritées d'ancêtres mais désormais « inutiles » sont en cours de **régression**.

Exemple de structure en cours de régression : les dents de sagesse.

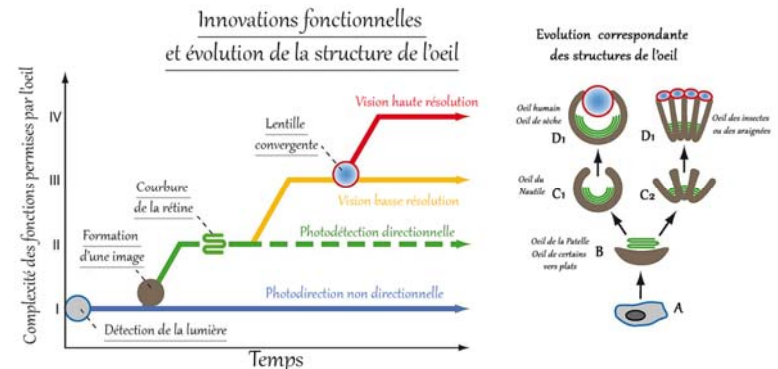
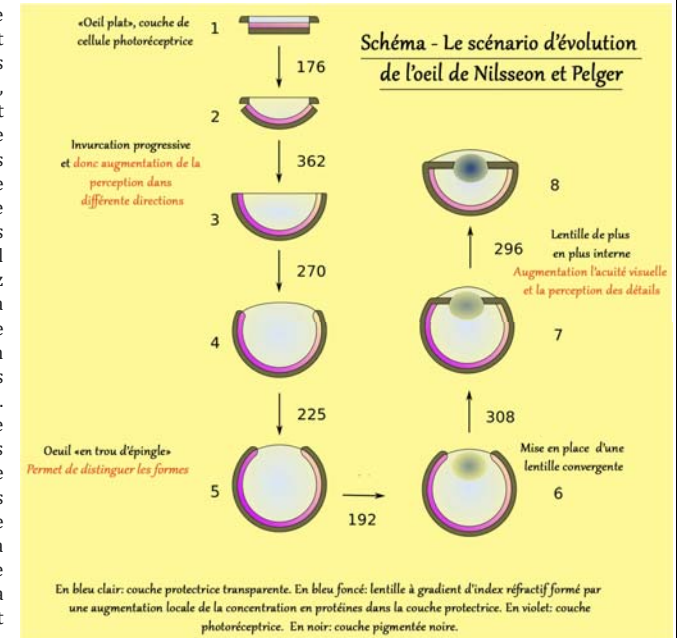
Exemple de structure ayant régressé : les pattes des serpents (toujours observables lors du développement).

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 caméculaire 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 caméculaire.



Un retour sur les propos de Darwin

Ce que les détracteurs de la théorie de l'évolution oublient parfois de dire c'est que Darwin disait aussi :

« La raison nous dit que si, comme cela est certainement le cas, on peut démontrer qu'il existe de nombreuses gradations entre un œil simple et imparfait et un œil complexe et parfait, chacune de ces gradations étant avantageuse à l'être qui la possède ; que si, en outre, l'œil varie quelquefois et que ces variations sont transmissibles par hérédité, ce qui est également le cas ; que si, enfin, ces variations sont utiles à un animal dans les conditions changeantes de son existence, la difficulté d'admettre qu'un œil complexe et parfait a pu être produit par la sélection naturelle, bien qu'insurmontable pour notre imagination, n'attaque en rien notre théorie. »



Il existe aujourd'hui un grand nombre d'observations qui permettent de décrire le processus évolutif de l'œil. Ainsi, le problème de l'évolution de l'œil, loin de mettre en défaut la théorie de l'évolution, est au contraire l'une de ses plus fabuleuses évidences !

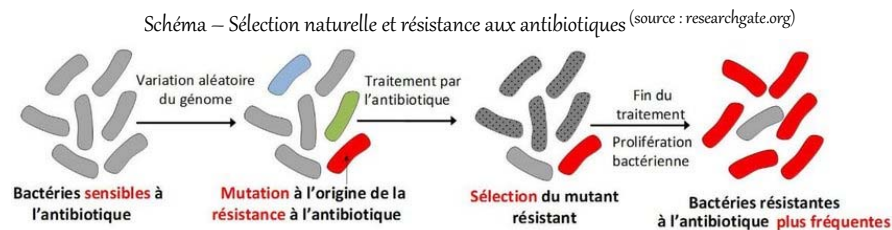
Source : https://www.cdsp.qc.ca/wp-content/uploads/2017/06/CDSP_Bio-phus_evolution_oeil.pdf

II – Compréhension des mécanismes évolutifs et enjeux contemporains

Une bonne compréhension des mécanismes évolutifs permet de faire évoluer les pratiques de nos sociétés dans de nombreux domaines telles que : la santé, l'agriculture et l'écologie.

1. L'évolution des microbes et les enjeux sanitaires

La résistance des micro-organismes à certains traitements peut s'expliquer par une évolution avec de la sélection naturelle. Par exemple, on voit apparaître **des résistances aux antibiotiques chez les bactéries**, notamment en milieu hospitalier. Dans ce milieu riche en antibiotiques, les bactéries présentant des mutations conférant une résistance aux antibiotiques sont favorisées, survivent mieux et se reproduisent mieux (**sélection naturelle**). Elles transmettent leur caractère de résistance à leur descendance. La proportion de bactéries résistantes augmente donc.



Des stratégies sont mises en place pour limiter ce phénomène de résistance des micro-organismes. Par exemple, dans le cas des antibiotiques, on mène des campagnes de prévention et d'information pour limiter l'usage des antibiotiques à des cas adaptés. Ainsi, dans le cas de l'angine qui peut être d'origine bactérienne ou virale, on conseille un test rapide pour confirmer l'origine bactérienne avant de prescrire des antibiotiques.

Pour limiter ces phénomènes de résistance, la mise en place de stratégies prophylactiques (visant à prévenir les maladies) et le développement de nouveaux médicaments sont nécessaires.

Remarque : le développement des résistances bactériennes aux antibiotiques a été reconnu comme enjeu majeur de santé publique par l'ONU.

2. Les pratiques agricoles et la biodiversité à la lumière de l'évolution

Les plantes et les animaux utilisés dans l'agriculture et l'élevage sont issus d'une longue histoire de sélection artificielle (on appelle ce processus « **domestication** »). Ces animaux et ces plantes sont adaptés aux « besoins » des sociétés humaines notamment pour l'alimentation. Les plantes sont productives et/ou résistantes, les animaux sont le plus souvent dociles et produisent des quantités importantes de viande.

Ces pratiques doivent être interrogées dans une problématique de développement durable et à l'aide des connaissances sur les processus évolutifs. On peut se concentrer sur quelques axes de réflexion :

- Certaines pratiques agricoles (monocultures par exemple) engendrent une perte de biodiversité à l'échelle des écosystème et au niveau de la diversité génétique des espèces ; cette perte de diversité génétique interroge quant aux capacités **d'adaptation**, de résistance et de **résilience** des espèces utilisées dans les pratiques agricoles (exemple : virus touchant les plants de tomates) ;
- A l'instar de l'antibiorésistance des bactéries, on observe des phénomènes de **résistances aux produits phytosanitaires**, notamment aux pesticides/herbicides des ravageurs de cultures (champignons, plantes adventices, insectes, bactéries...) ; ce phénomène s'explique par la sélection naturelle et remet en question le modèle de l'agriculture intensive qui utilise massivement ces produits phytosanitaires ;
- La faible diversité des espèces cultivées et l'utilisation des produits phytosanitaires ont des impacts négatifs sur la biodiversité des régions agricoles ; on peut par exemple citer que les scientifiques ont observé, en 20 ans, une baisse de 1/3 des effectifs d'oiseaux dans les campagnes françaises (CNRS, MNHN) ou une diminution très fortes des effectifs d'insectes volants (notamment des abeilles) ; ces observations doivent interroger sur la place de notre modèle agricole aux seins des écosystèmes car la biodiversité est l'un des éléments qui permet sa résilience au cours de l'évolution ;
- Des pratiques innovantes basées sur la connaissance du fonctionnement des écosystèmes, et sur les connaissances des mécanismes évolutifs, se développent en collaboration avec des scientifiques ; on peut citer le modèle de l'agroforesterie ;

Une approche scientifique prenant en compte les savoirs sur les mécanismes évolutifs permet d'envisager une évolution des pratiques agricoles afin de construire un modèle plus durable pour les sociétés humaines et pour la biodiversité.

Le point sur le vocabulaire

Définition « résilience » : la capacité d'un système vivant (écosystème, espèce) à retrouver ses fonctions après avoir subi de fortes perturbations (par exemple un grand incendie ou une épidémie).

Définition « produits phytosanitaires » : Étymologiquement, un produit phytosanitaire est un produit destiné à garantir la bonne santé des plantes. En pratique, l'expression renvoie à l'idée des produits chimiques employés pour prévenir ou détruire des organismes jugés nuisibles (pesticides et herbicides) ou à des produits favorisant la croissance des plantes (engrais).

Définition « plantes adventices » : plante non cultivée qui concurrence les plantes cultivées dans l'accès aux ressources du milieu.

Conclusion

Les exemples abordés au cours de ce chapitre illustrent le fait que l'évolution est une des grilles de lecture principale du monde vivant. Les savoirs sur les mécanismes évolutifs permettent de mieux comprendre les structures anatomiques des êtres vivants, leurs adaptations et leurs imperfections... Cela permet aussi d'envisager des améliorations dans des domaines aussi variés que la santé et l'agriculture.

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

Paragraphe du cours associé	Nom de la ressource + source	Lien	Remarques
Rappels sur les mécanismes évolutifs	Quelles sont les preuves factuelles de l'évolution , <i>STATED CLEARLY</i>	https://www.youtube.com/watch?v=llEo05KdPvg	En anglais sous titré Obligatoire Exemple des baleines
	Qu'est-ce que l'évolution , <i>STATED CLEARLY</i>	https://youtu.be/GhHOjC4oxh8	
	What is Natural selection , <i>STATED CLEARLY</i>	https://www.youtube.com/watch?v=0SCjhI86grU	Obligatoire En anglais sous titré
I	L'évolution de l'œil au fil du temps , <i>National Geographic</i>	https://www.nationalgeographic.fr/video/tv/levolution-de-loeil-au-fil-du-temps	Obligatoire
	Au cœur des organes : l'œil et la vision , <i>INSERM</i>	https://www.youtube.com/watch?v=sYLA6U1boF8	Explication du fonctionnement de l'œil
	L'évolution de l'œil humain , par <i>Joshua Harvey</i> , <i>TED Ed</i>	https://www.youtube.com/watch?v=qrKZBh8BL_U	Obligatoire
I – Pour aller plus loin	Le rose n'existe pas + Comment créer une couleur ? par <i>Léo Grasset de Dirtybiology</i>	https://www.youtube.com/watch?v=Wdy4YBIIJvdo https://www.youtube.com/watch?v=wCMGxXgypS4	Hors programme.
II-1	Grandes tueuses : l'antibiorésistance , <i>INSERM</i>	https://www.youtube.com/watch?v=Dv0sS18FeAs	
	L'antibiorésistance, première cause de mortalité de demain , <i>BRUT</i>	https://www.youtube.com/watch?v=Kc-uqmuLflA	Obligatoire
	L'évolution des bactéries observés sur une plaque de Petri géante , <i>Harvard Medical School</i>	https://www.youtube.com/watch?v=plV4k4NVIUh8	On observe l'évolution et l'acquisition de mutations conférant l'antibiorésistance ... impressionnant.
II-2	Réparer la terre (le sol), <i>Ver de Terre Production</i>	https://www.youtube.com/watch?v=zerUj6alF6s	Long (environ 15min)
	La biodiversité est cruciale pour notre alimentation , <i>FAO (ONU)</i>	https://www.youtube.com/watch?v=ekAsWJl-zlY	Spot de sensibilisation de l'ONU
	Un agriculteur engagé en agro-écologie , <i>PNR des Marais d'Opale</i>	https://www.youtube.com/watch?v=643GhGYGfAU	
	L'agroforesterie , <i>BRUT</i>	https://www.youtube.com/watch?v=mx3IHg02zeQ	