

Thème III : Une histoire du vivant

La Terre est habitée par une grande diversité d'êtres vivants. Cette biodiversité est dynamique et issue d'une longue histoire dont l'espèce humaine fait partie. L'évolution constitue un puissant outil de compréhension du monde vivant. Les activités humaines se sont transformées au cours de cette histoire, certaines inventions et découvertes scientifiques ont contribué à l'essor de notre espèce.

Les mathématiques permettent de modéliser la dynamique des systèmes vivants afin de décrire leur évolution. La démarche de modélisation mathématique comporte plusieurs étapes : identification du type de modèle le mieux adapté pour traduire la réalité, détermination des paramètres du modèle, confrontation des résultats du modèle à des observations, qui peut conduire à limiter son domaine de validité ou à le modifier. L'être humain a construit des machines pour traiter l'information et a créé des langages pour les commander. Avec les méthodes de l'intelligence artificielle, il continue d'étendre les capacités de traitement de données et les domaines d'application de l'informatique.

Histoire, enjeux et débats

- Histoire de l'évolution humaine et découverte de fossiles par les paléontologues.

- **La théorie de l'évolution et son application dans différents champs.**

- Modèles mathématiques historiques d'accroissement des populations (Malthus, Quetelet, Verhulst) et controverses autour du malthusianisme.

- Histoire de grandes avancées médicales : asepsie (Semmelweis, Pasteur), antibiothérapie (Fleming), vaccination (Jenner, Koch, Pasteur), radiologie (Röntgen), greffe, chimiothérapie...

- **Biodiversité et impacts des actions humaines.**

- Histoire du traitement de l'information : de l'invention de l'écriture aux machines programmables (Jacquard, Babbage) et aux ordinateurs (Lovelace, Turing, Von Neumann...).

- Bogues (ou *bugs*) et failles de sécurité des systèmes informatiques, comme contrepartie parfois graves de leur flexibilité.

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

Les concepts de biologie évolutive ont une large portée explicative, présentée ici à travers plusieurs exemples. Ils permettent de comprendre l'anatomie comme le résultat d'une longue histoire évolutive, faite d'adaptations, de hasard, de contingences et de compromis. Les concepts de variation et de sélection naturelle éclairent des pratiques humaines (médicales et agricoles) et certaines de leurs conséquences.

Savoirs : Les structures anatomiques présentent des particularités surprenantes d'un point de vue fonctionnel, pouvant paraître sans fonction avérée ou bien d'une étonnante complexité. Elles témoignent de l'évolution des espèces, dont la nôtre. Les caractères anatomiques peuvent être le résultat de la sélection naturelle mais certains sont mieux expliqués par l'héritage de l'histoire évolutive que par leur fonction.

L'évolution permet de comprendre des phénomènes biologiques ayant une importance médicale. L'évolution rapide des organismes microbiens nécessite d'adapter les stratégies prophylactiques, les vaccins et les antibiotiques.

Depuis la révolution agricole, la pratique intensive de la monoculture, la domestication et l'utilisation de produits phytosanitaires ont un impact sur la biodiversité et son évolution.

Savoirs faire : Expliquer l'origine d'une structure anatomique en mobilisant les concepts de hasard, de variation, de sélection naturelle et d'adaptation (exemple de l'oeil).

Interpréter des caractéristiques anatomiques humaines en relation avec des contraintes historiques (comme le trajet de la crosse aortique), des contraintes de construction (comme le tétou masculin), des compromis sélectifs (comme les difficultés obstétriques) ou des régressions en cours (comme les dents de sagesse).

Mobiliser des concepts évolutionnistes pour expliquer comment des populations microbiennes pourront à longue échéance ne plus être sensibles à un vaccin (ou un antibiotique) ou comment l'utilisation de produits phytosanitaires favorise le développement de ravageurs des cultures qui y sont résistants.

Prérequis et limites

Il n'est pas attendu de développement spécifique en matière d'embryologie ou d'agronomie.

Séance 1 :

Introduction :

La Terre est habitée par une grande diversité d'êtres vivants. Cette biodiversité est dynamique et issue d'une

A) Comment expliquer l'origine des structures anatomiques du vivant ?

Introduction :

Nos organes sont particulièrement adaptés à la vie que nous menons, nous pourrions donc être tentés de tenir un discours finaliste : « Nous subissons des contraintes de notre environnement, notre organisme évolue donc dans le but d'atténuer ou de surmonter ces contraintes en produisant des organes mieux adaptés. »

L'objectif va être ici de comprendre comment les organes se mettent en place

PB : Quelles sont les forces évolutives qui permettent la mise en place des organes des individus ?

Bilan séance 1 et 2 :

L'observation des organes des êtres vivants permet de constater que le plus souvent, leurs formes sont en adéquations avec les fonctions qu'elles doivent remplir. Cette adaptation à leur environnement pourrait nous amener à penser qu'ils se forment **pour** accomplir une fonction précise. Pour **s'éloigner de cette pensée finaliste**, il est nécessaire de rappeler les **forces évolutives** qui interviennent pour accoucher des **adaptations évolutives** qui permettent d'obtenir un **organe fonctionnel**.

L'évolution d'un organe vers un organe complexe consiste en une **succession de nombreuses étapes évolutives**. Un ensemble de **mutations** transmises à la descendance (donc touchant de **cellules germinales**) **modifie** à chaque fois **légèrement** la situation précédente. Ces mutations étant **aléatoires**, elles sont **le plus souvent néfastes** à la fonctionnalité de l'organe et donc à l'individu. La **sélection naturelle** va donc **favoriser** le maintien des rares mutations qui procurent directement ou indirectement un **avantage reproductif**. Ainsi, le **fonctionnement de l'organe va tendre vers un état** particulièrement adapté à son environnement (si celui-ci est stable...).

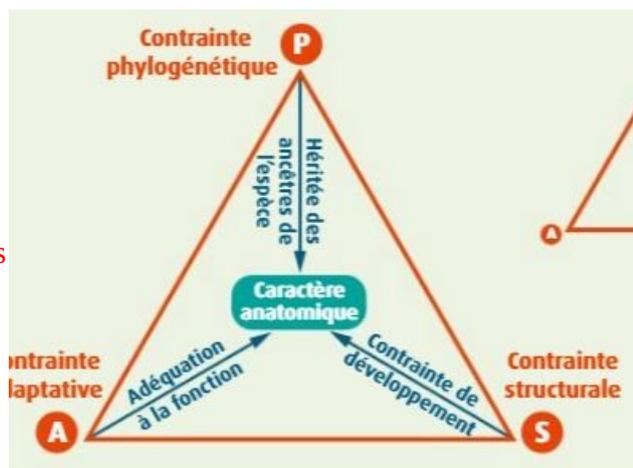
En outre, l'évolution est aussi influencée par la **dérive génétique**, les proportions alléliques varient dans une population de façon aléatoire lors du processus de reproduction sexuée. Cette variation est due à l'assemblage aléatoire des allèles dans les gamètes et au processus aléatoire de la fécondation. Plus l'effectif est réduit, plus ce phénomène est probant.

Ce **constat d'adaptation** à l'environnement est cependant **parfois entaché** par l'observation inverse : certains organes présentent des imperfections si l'on tient compte de leur fonction. Ces **défauts d'adaptations** (ces non-perfections ou mal-adaptations) peuvent être dues à plusieurs paramètres :

- les **contraintes évolutives historiques** : lors de l'histoire évolutive, chaque petit avantage a été sélectionné pour ce qu'il apportait et non avec la perspective du résultat final. Un avantage sélectionné par le passé peut être une contrainte négative par la suite. (ex du nerf laryngé)

- les **contraintes évolutives de construction** : certains caractères établis lors du développement embryonnaire peuvent être conservés même si ils ne servent à rien en particulier tant qu'ils ne confèrent pas de désavantage notable. (ex des tétons chez les mâles humains)

- les **compromis sélectifs** : en présence de pressions de sélection contraires. (ex du bassin des femmes)



- les **anachronismes évolutifs** : dépendante de l'environnement, la sélection naturelle peut « changer de cible », un caractère jusqu'alors avantageux peut devenir inadapté si l'environnement change. A long terme, ce caractère régressera dans la population...(ex des dents de sagesse)

Séance 3 :

B) L'évolution des micro-organismes et la santé.

Introduction :

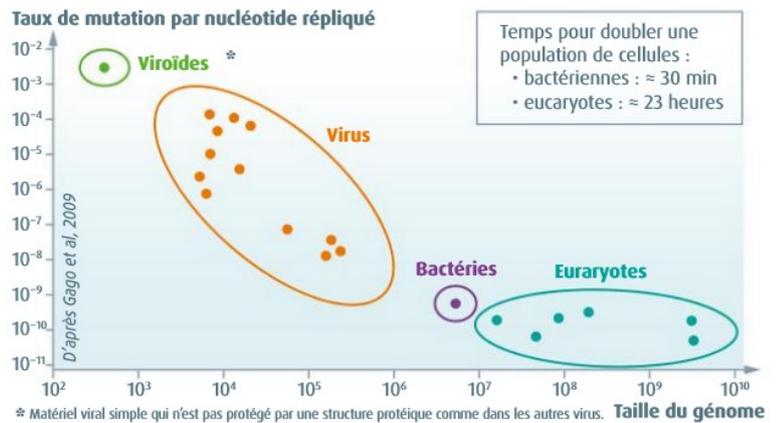
L'humain évolue depuis toujours au contact de micro-organismes. Certains d'entre eux peuvent lui être nuisibles. Il a réussi à mettre aux points de nombreuses pratiques médicales telles que l'aseptise, l'antibiothérapie, la vaccination... On constate aujourd'hui l'émergence de phénomènes de résistance. Ainsi, la résistance de certaines bactéries aux antibiotiques posent un réel problème de société et est à l'origine de 700 000 décès par an dans le monde.

L'objectif va être ici de comprendre comment ces résistances se mettent en place et comment faire pour atténuer cette émergence.

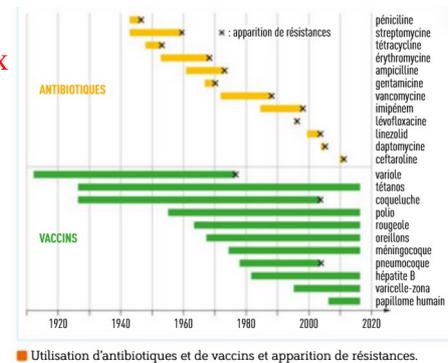
PB : Quelles sont les forces évolutives qui permettent la mise ne place des résistances des micro-organismes aux pratiques médicales jusqu'alors efficaces?

Bilan de la séance 3 :

Comme le **temps de division cellulaire** des micro-organismes est **très court** et le **taux de mutations par génération très élevé** par rapport aux organismes pluricellulaires comme l'humain. **Des mutants peuvent donc apparaître et émerger très rapidement** dans une population. Ceux qui sont moins sensibles à des traitements (antibiotiques ou vaccins par exemple) sont alors **fortement avantagés**.



Les **micro-organismes** évoluent donc selon les **forces évolutives classiques**. Plus la pression de sélection est forte (recours massif aux antibiotiques), plus vite les résistants se répandent dans les populations. Chez les bactéries, les **résistances reposent sur un vaste panel de métabolismes particuliers** (voir dans l'activité 03-01). Les gènes permettant ces métabolismes de résistances peuvent **se transmettre entre individus même si les espèces diffèrent**. Il y a donc de **gros risques à l'utilisation d'antibiotiques** même pour les traitements de maladies bactériennes qui ne touchent pas les humains....



L'usage de la **vaccination permet d'éviter la propagation** des micro-organismes pathogènes choisis, ainsi, leur nombre étant plus réduit, la **probabilité d'apparition d'individus résistants diminue**. Il existe cependant des émergences de résistances aux vaccins comme aux antibiotiques.

Les **multirésistances posent déjà des problèmes sanitaires et environnementaux préoccupants** qui vont prendre de plus en plus d'ampleur dans les prochaines années si les pratiques ne changent pas. Les **stratégies prophylactiques et phytosanitaires doivent constamment être revues de manière à s'adapter à l'évolution rapide des micro-organismes**.

Séance 3 :

B) L'évolution et l'agriculture.

Introduction :

L'humain pratique l'agriculture depuis maintenant 12000ans ; Depuis cette lointaine époque, il ne cesse d'agir sur les espèces qu'il cultive ou élève et sur les adventices (« mauvaises herbes ») et autres individus nuisibles. L'humain exerce donc une force évolutive sur de nombreuses populations au travers de ses activités agricoles.

PB : Quels sont les effets des pratiques agricoles telles que la domestication ou l'usage de pesticides sur l'évolution des êtres vivants ??

Bilan de la séance 4 :

Les **pratiques agricoles** représentent des **forces évolutives** notables. **Depuis 12000 ans**, l'humain s'efforce d'obtenir :

- Des **variétés d'individus aux caractères homogènes**(homozygotes pour les gènes d'intérêt). Ces pratiques engendrent des populations aux caractères partagées, **sans diversité**, afin d'obtenir des récoltes homogènes elles aussi.
- De **détruire les parasites** de ses cultures avec des produit de type **pesticides**. Ces pratiques **sélectionnent des mutants résistants** dans les populations sauvages qui deviennent majoritaires au fil du temps par **sélection naturelle**.
- Des champs ne présentant qu'une variété(**monoculture**) sur de **très grandes surfaces**, cela engendre une **baisse de la biodiversité naturelle locale**.