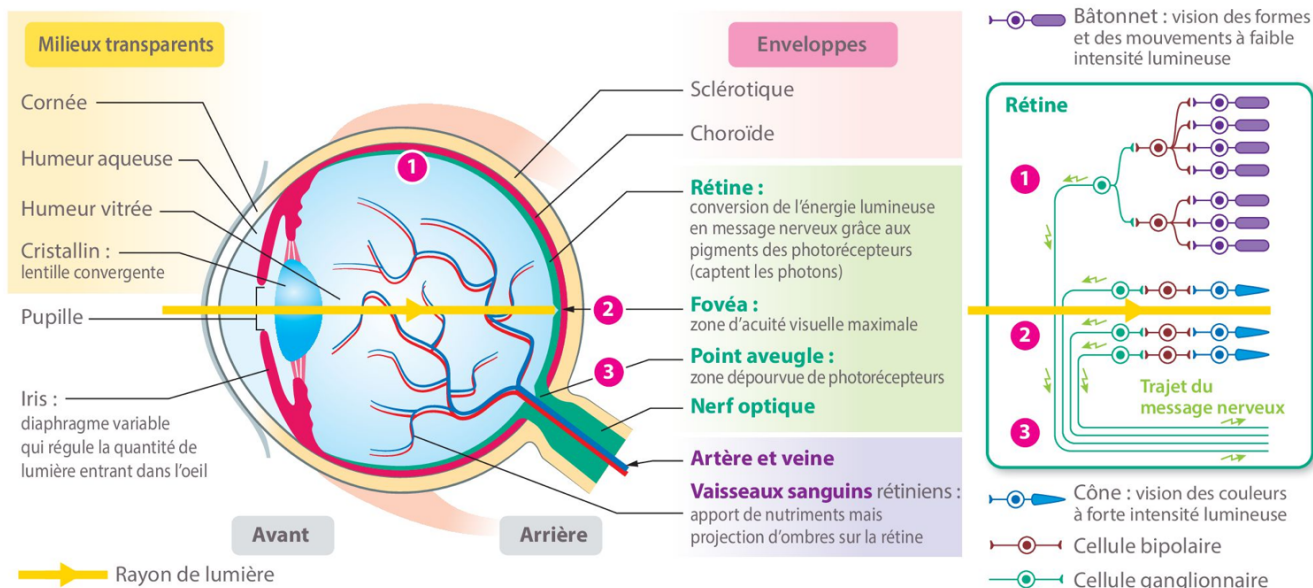


Travail 1. L'évolution de l'œil. Documents 1 à 4.

Document 1. L'organisation de l'œil humain.

D'après Enseignement scientifique terminale Hatier 2020

« Si un opticien m'avait vendu un instrument avec autant de défauts, je me sentrais en droit de lui renvoyer. » Herman von Helmholtz, physiologiste et physicien allemand (1821-1894), en parlant de l'œil.



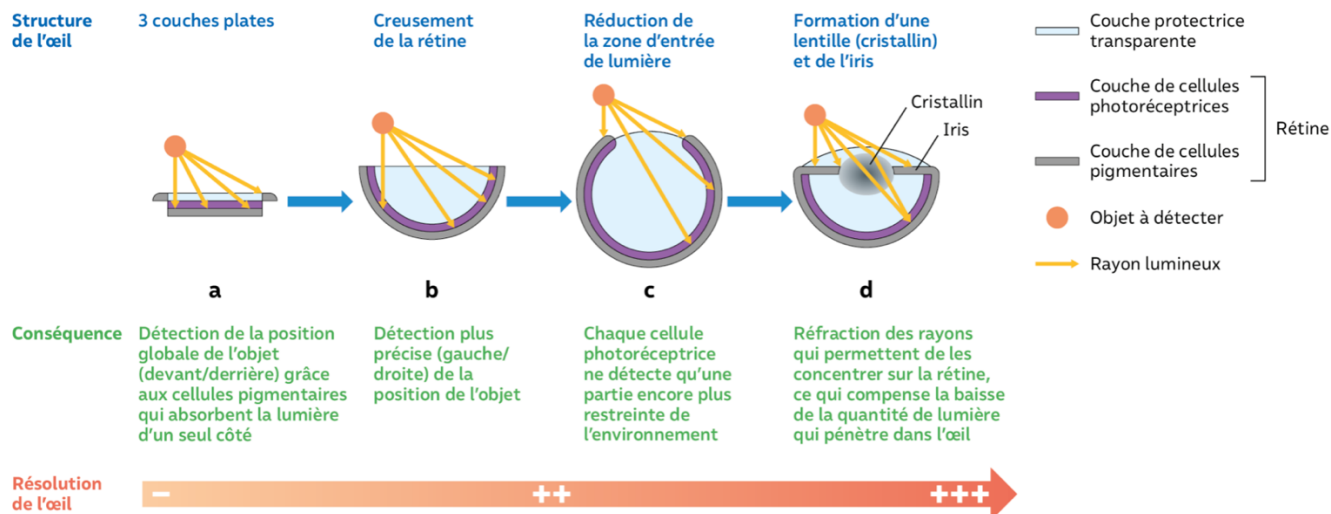
Question.

- **Présenter** l'œil humain et les principaux défauts exposés dans le schéma ci-dessus.

Document 2. Étapes évolutives menant à un œil de vertébré.

D'après Enseignement scientifique terminale Nathan 2020

Un modèle mathématique a été proposé pour estimer le temps nécessaire à l'évolution d'un œil simple (a) à complexe (d) par sélection naturelle. Si l'œil simple se modifie de 1 % à chaque étape évolutive (que ce soit en largeur, longueur, concentration en protéines, etc.), 1 829 étapes seraient nécessaires pour aboutir à un œil complexe. Même en modélisant un effet très modéré de la sélection naturelle (changement de 0,005 % du caractère à chaque génération), les chercheurs ont calculé que le nombre de générations permettant le passage d'un œil simple à un œil complexe est largement compatible avec celui estimé à partir de l'observation des fossiles. Il peut être calculé en résolvant l'équation suivante : $1,01^{1829} = 1,00005^n$ ou n est le nombre de générations ; on obtient alors $n = 363\,992$ générations.



Questions.

- **Proposer** deux mécanismes évolutifs conduisant à la structure de l'œil de vertébré actuel.
- En imaginant que l'on prenne un temps de génération de 30 ans, **calculer** le temps minimum nécessaire pour arriver à la structure de l'œil actuel.

Document 3. La diversité des organes visuels chez les mollusques.

D'après Enseignement scientifique terminale Magnard 2020

	Patelle	Pleurotomariacea	Nautilé	Seiche
Animal				
Mode de vie	Peu mobile, elle passe l'essentiel de son temps à brouter les algues sur les rochers.	Espèce omnivore aujourd'hui disparue. Elle se déplaçait à la surface des fonds marins.	Charognard qui peut s'attaquer à des crustacés attachés aux rochers marins.	Prédateur qui doit être rapide et précis pour chasser ses proies mobiles.
Structure visuelle				
	1. Photorécepteurs 2. Fibres nerveuses 3. Épiderme 4. Cavité remplie d'eau 5. Cornée 6. Cristallin 7. Humeur vitrée 8. Rétine			
Vision	Les photorécepteurs situés à la surface de l'épiderme captent les rayons lumineux sans distinguer leur provenance.	La forme repliée du groupe de photorécepteurs permet de détecter d'où provient la source lumineuse.	L'œil en trou d'épingle du nautilé contient de l'eau qui fait converger les rayons lumineux sur la rétine, ce qui permet au nautilé de distinguer les formes.	La présence d'un cristallin souple permet de former des images nettes sur la rétine. Cette netteté est encore améliorée par la présence d'une humeur vitrée qui augmente la transparence de l'œil.

Question.

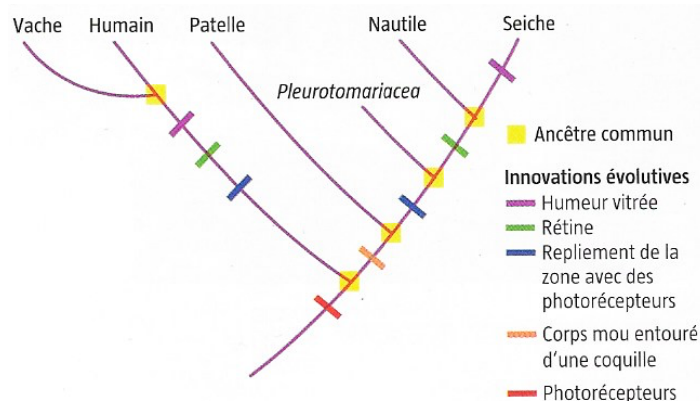
- **Montrer** qu'il existe une relation entre l'anatomie de l'œil d'un animal et son mode de vie.

Document 4. Un arbre phylogénétique fondé sur la structure des organes visuels.

D'après Enseignement scientifique terminale Magnard 2020

Au cours du temps, des innovations issues de variations aléatoires se sont accumulées. Celles qui ont conféré un avantage aux individus qui les ont portées ont été sélectionnées et transmises aux générations suivantes. Ainsi, les innovations qui ont amélioré la perception visuelle du milieu ont permis la diversification des modes de vie au sein du groupe des mollusques.

Séparées précocement de celle qui mène aux mollusques, la branche évolutive menant à l'espèce humaine a connu elle aussi une diversification des structures visuelles. Certaines d'entre elles ont permis l'émergence de l'œil humain.



Note. Bien qu'ils aient évolué indépendamment des vertébrés, les céphalopodes (pieuvres, calmars...) possèdent des yeux qui ressemblent énormément aux nôtres. Cependant, ils présentent une rétine droite (c'est-à-dire non inversée) et n'ont pas de tache aveugle.

Question.

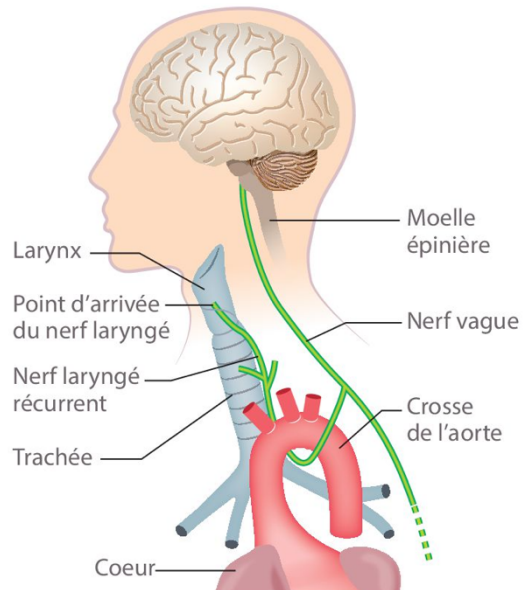
- **Montrer** que l'œil de sèche résulte d'une accumulation d'innovations acquises à la suite de variations qui lui confèrent un avantage.
- **Montrer** l'existence de différences entre les deux structures complexes de l'œil humain et de l'œil de sèche.

Document 5. Exemple d'une contrainte « historique » : le trajet du nerf laryngé gauche.

D'après Enseignement scientifique terminale Hatier 2020

Chaque organisme est une mosaïque de caractères qui est le résultat de son histoire évolutive. L'interprétation d'une structure anatomique doit s'effectuer en intégrant la sélection naturelle, mais aussi des contraintes phylogénétiques (historiques).

Par exemple, le nerf laryngé issu du nerf vague* prend sa source dans le cerveau, se dirige vers l'aorte, qu'il contourne avant de remonter et d'innervier le larynx. Ce long trajet, impliquant un délai supplémentaire dans la transmission des messages nerveux, s'explique par un héritage historique. Chez les ancêtres aquatiques des tétrapodes, l'homologue de ce nerf innervait directement les branchies en contournant l'aorte sur une faible longueur. L'apparition du cou chez les tétrapodes, vers 375 Ma, augmente la distance entre crosse aortique et larynx et donc la longueur du nerf laryngé.

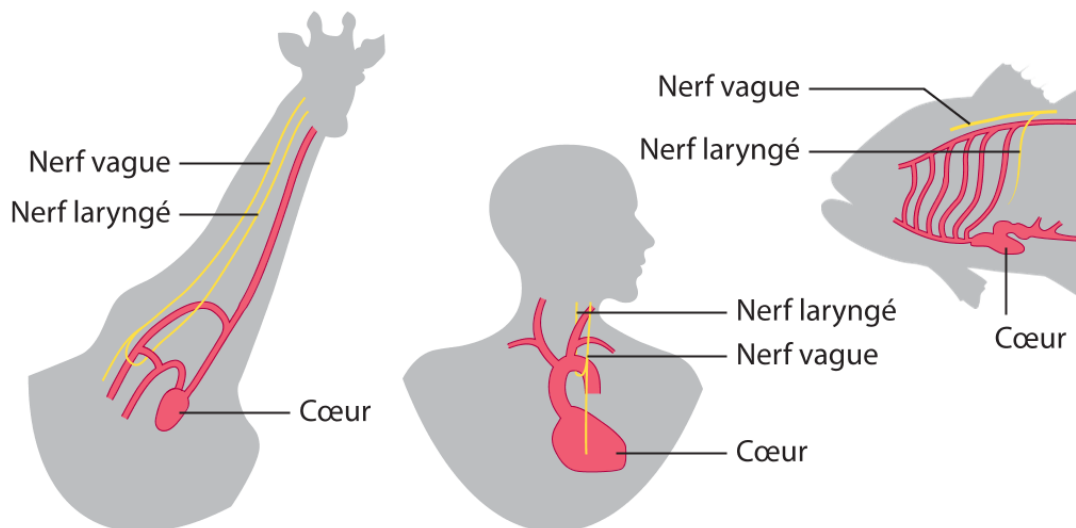


* Le nerf vague est un nerf crânien ayant un rôle régulateur important sur le fonctionnement du cœur, des poumons, etc.

Document 6. Trajet du nerf laryngé gauche chez trois vertébrés.

D'après Enseignement scientifique terminale Nathan 2020

Le trajet du nerf laryngé gauche paraît « aberrant » chez les mammifères adultes : alors que les points de départ (cerveau) et d'arrivée (larynx) de l'information nerveuse ne sont situés qu'à une quinzaine de centimètres l'un de l'autre, le trajet total réellement effectué par l'information nerveuse est plus que doublé chez l'être humain. Chez les espèces à long cou comme la girafe, le détour est de plusieurs mètres. Ce n'est pas le cas chez les espèces sans cou, comme les poissons téléostéens.



Question.

- **Expliquer** en quoi le trajet du nerf laryngé gauche est un héritage de l'histoire évolutive.

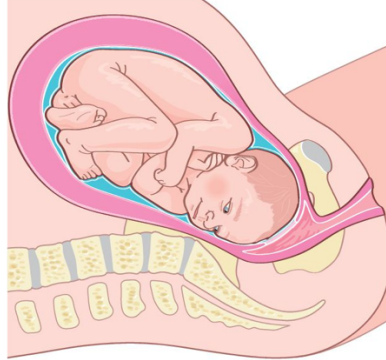
Document 7. Exemple d'un compromis sélectif : l'accouchement chez l'humain.

D'après Enseignement scientifique terminale Hatier 2020

Chimpanzé : le petit naît en regardant sa mère, qui peut le saisir et le guider vers l'allaitement sans risque majeur pour lui.



Humain : le petit naît en regardant vers le bas. Sa mère ne peut pas le saisir sans lui faire risquer une lésion nerveuse. Une assistance est nécessaire.



L'interprétation d'une structure anatomique doit également tenir compte des compromis sélectifs, comme par exemple la forme du bassin des humains.

La bipédie exclusive, avec un bassin plus court et large, ainsi que l'augmentation du volume cérébral sont les deux principaux changements évolutifs de l'espèce humaine. Ces deux principaux changements ne se sont pas produits en même temps. Il s'agit d'un « croisement contingent* » de deux innovations. Ils ont conduit à des contraintes pour l'accouchement, telles que la nécessaire rotation de la tête de l'enfant au début de l'expulsion.

* Contingent : se dit d'un événement complexe, c'est-à-dire dû à plusieurs hasards, qui aurait très bien pu ne pas se produire.

Chez l'espèce humaine, l'accouchement est plus long et plus difficile que chez les autres primates. D'ailleurs le taux de mortalité lié à la grossesse est nettement plus élevé que chez les autres mammifères.

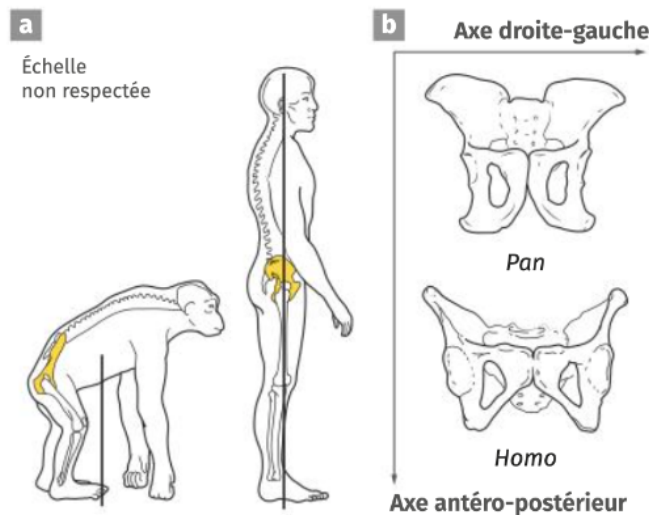
Au cours de l'évolution, le volume crânien a augmenté. De plus la largeur de l'ouverture du bassin a diminué et son orientation a évolué, facilitant la bipédie. Ainsi, l'ouverture du bassin féminin doit être à la fois la plus étroite possible pour garantir des os iliaques larges nécessaires à une bipédie efficace mais aussi la plus large possible pour garantir un accouchement sans danger.

Document 8. Caractéristiques du bassin et locomotion chez deux primates.

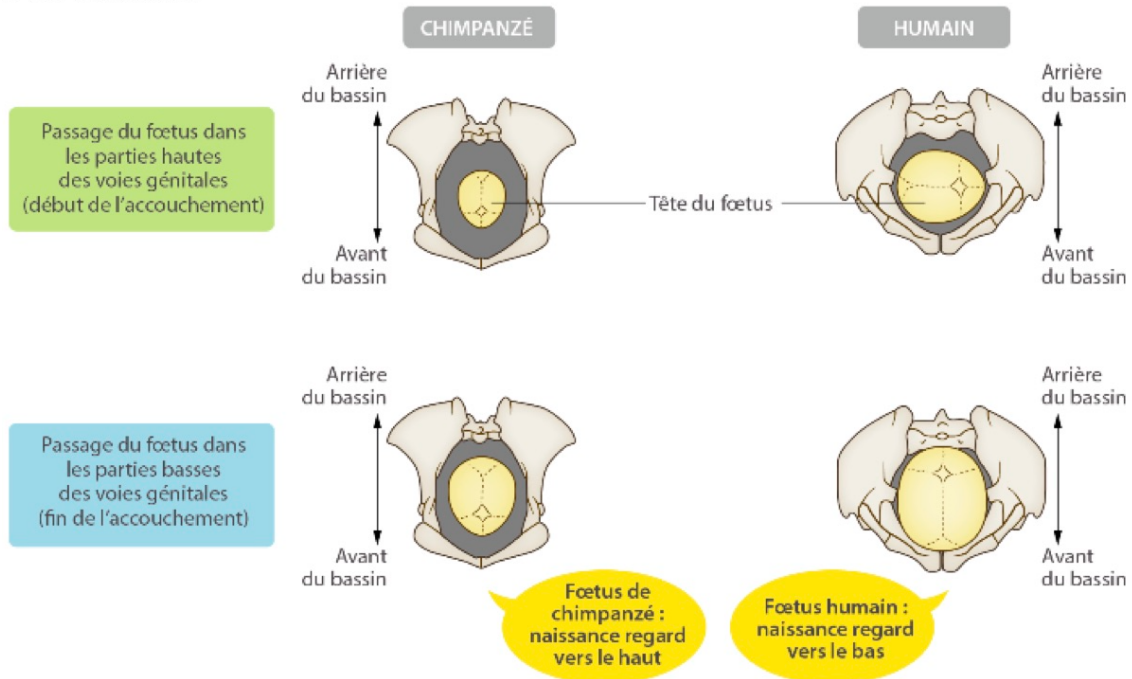
D'après Enseignement scientifique terminale Le Livre Scolaire 2020

Locomotion du chimpanzé et de l'humain (a).

Caractéristiques des bassins des deux primates, vue de face (b)



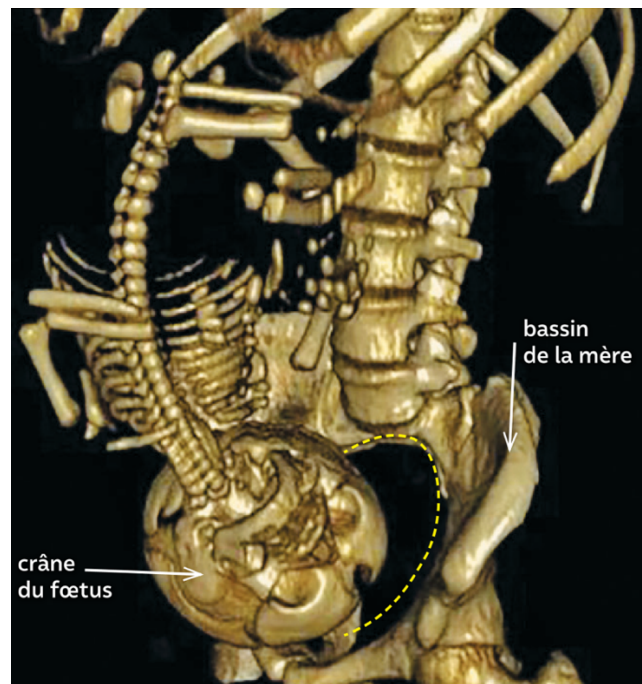
Document 9a. Comparaison des modalités d'accouchement chez les chimpanzés (à gauche) et l'être humain (à droite), bassins vus de dessus.



Document 9b. Squelette d'une femme en fin de grossesse et de son fœtus (image obtenue par scanner)

D'après Enseignement scientifique terminale Nathan 2024

Le bassin est constitué d'un ensemble d'os qui délimitent un canal de naissance (pointillés jaunes) par lequel le fœtus est expulsé lors de l'accouchement. Chez l'être humain, l'accouchement est plus long que celui des espèces proches : 9 heures pour un premier enfant contre 2 heures en moyenne chez les autres grands singes.

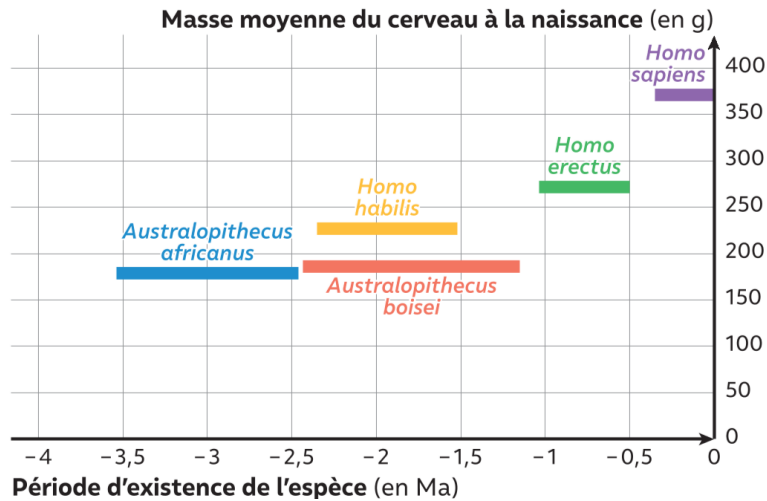


<https://www.koreus.com/video/accouchement-3d.html> (accouchement chez l'humain). Attention : la vidéo ne passe pas au lycée.



Document 10. Évolution de la masse moyenne du cerveau à la naissance

D'après Enseignement scientifique terminale Nathan 2024



Question.

- **Expliquer** pourquoi l'accouchement chez l'humain est un compromis sélectif.

Document 11. Le téton masculin, une contrainte de construction.

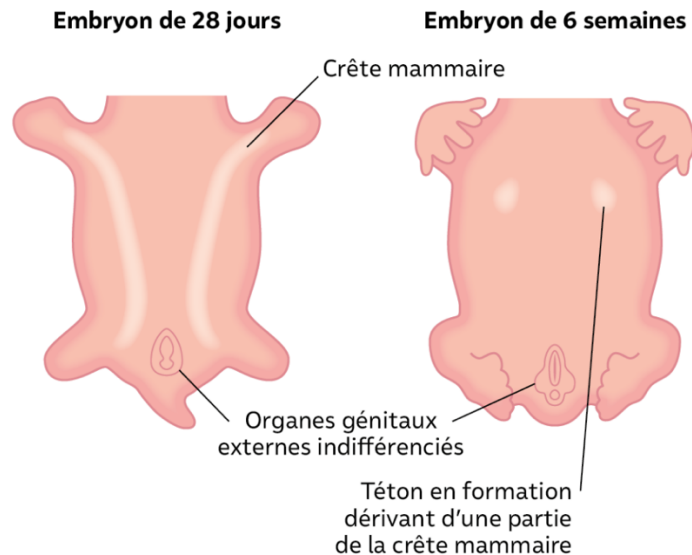
D'après Enseignement scientifique terminale Magnard 2020

Héritage de notre appartenance au groupe des mammifères, les seins sont les organes permettant à la femme d'allaiter les nouveau-nés. Les caractères sexuels de l'homme et de la femme résultent d'un développement qui débute au stade d'embryon indifférencié.

Mis en place avant la masculinisation causée par l'expression des gènes du chromosome Y, le téton masculin, qui par ailleurs n'apporte aucun désavantage à l'homme, reste présent, mais sans se développer.

Document 11. Nathan/ Hachette. Formation des tétons lors du développement embryonnaire.

D'après Enseignement scientifique terminale Nathan 2020



Des crêtes mammaires sont visibles sur l'embryon des mammifères en début de développement : ce sont des cellules d'épiderme en prolifération. Chez l'être humain, elles apparaissent entre 4 et 6 semaines de grossesse, puis dégénèrent pour la plupart, excepté celles situées au niveau du thorax, qui formeront les futurs tétons. Le coût énergétique de la formation des tétons masculins lors du développement est très faible. D'ailleurs, 2 à 5 % des individus ont des tétons surnuméraires à la naissance, localisés au niveau des anciennes crêtes mammaires embryonnaires.

Aucun mécanisme ne fait disparaître les tétons : cette étape supplémentaire aurait eu un coût en énergie et n'a pas été sélectionnée par l'évolution.

Question.

- **Expliquer** pourquoi les tétons sont une contrainte de construction.

Document 12. La disparition des dents de sagesse, une régression en cours.

D'après Enseignement scientifique terminale Magnard 2020

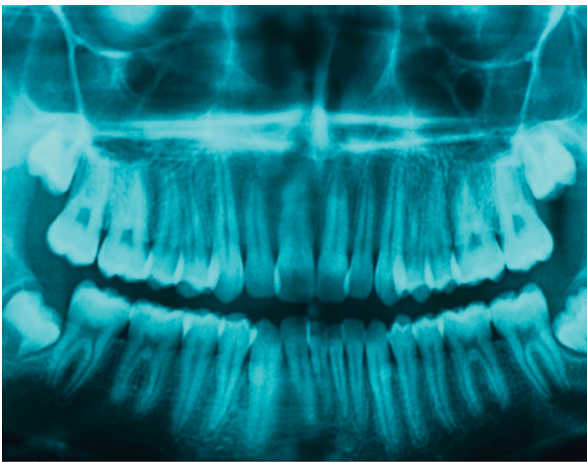
Chez l'être humain, la denture se compose de huit incisives pour couper, de quatre canines pour déchiqueter, de huit prémolaires et de huit molaires pour broyer.

Nos ancêtres possédaient également quatre molaires supplémentaires, appelées les dents de sagesse. Ils se nourrissaient d'aliments difficiles à mastiquer comme les racines ou la viande crue. La modification de notre alimentation (nourriture plus molle), notamment depuis la maîtrise du feu, a rendu les dents de sagesse inutiles voire gênantes. En effet, leur formation tardive les oblige à se frayer un chemin entre les autres dents, d'autant plus que notre mâchoire est également devenue plus étroite au cours de l'évolution humaine (contrainte de place).

Les dents de sagesse étant un caractère ni avantageux ni désavantageux d'un point de vue sélectif, leur évolution est soumise à une variation aléatoire qui tend actuellement à leur disparition (d'autant plus que le désavantage qu'elles pourraient apporter disparaît grâce à des soins dentaires).

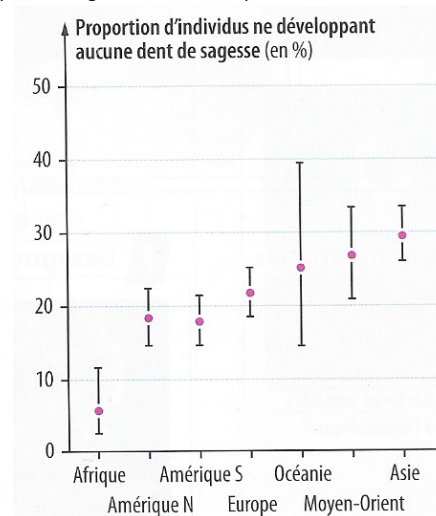
Radiographie montrant la position des dents de sagesse.

D'après Enseignement scientifique terminale Magnard 2020



Proportion d'individus ne développant pas au moins une dent de sagesse selon leur répartition géographique.

D'après Enseignement scientifique terminale Hachette 2020



Question.

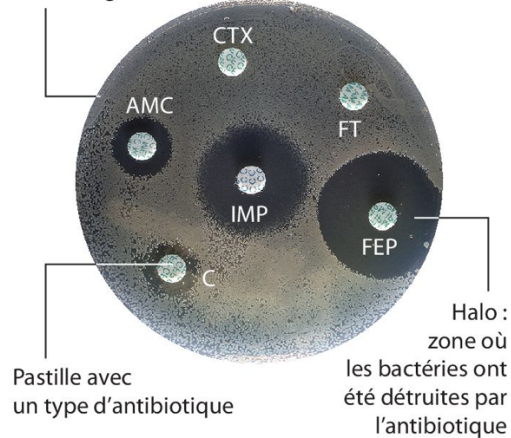
- **Expliquer** pourquoi les dents de sagesse sont un caractère en régression.

Document 13. Principe d'un antibiogramme.

D'après Enseignement scientifique terminale Hatier 2020

En laboratoire d'analyse, un antibiogramme peut être réalisé à partir de prélèvements organiques (urines, selles, etc.) infectés par des bactéries. Il permet de caractériser la sensibilité ou la résistance d'une souche bactérienne à divers antibiotiques, afin de déterminer le ou les antibiotiques efficaces pour éliminer cette souche.

Boîte de Pétri contenant une culture bactérienne sur de la gélose

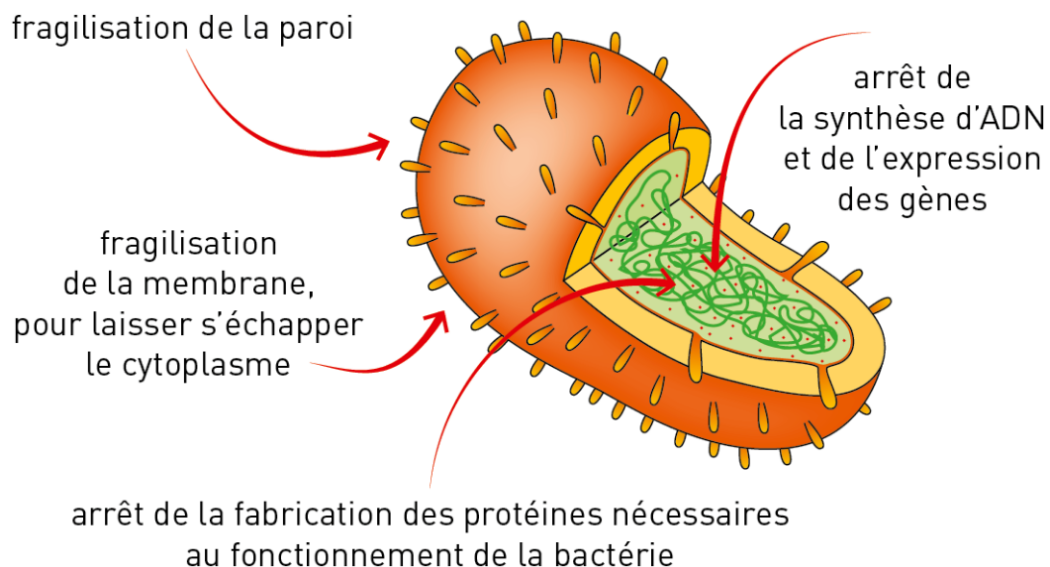


AMC = amoxicilline* ; FT = furanes ;
CTX = céfotaxime* ; C = chloramphénicol ;
IMP = imipénème ; FEP = céfoxitine

- **Expliquer** le principe de l'antibiogramme et **déterminer** la sensibilité ou la résistance de la souche bactérienne testée aux différents antibiotiques.

Document 14. Chaque antibiotique cible différemment un élément vital du fonctionnement de la cellule bactérienne.

D'après Enseignement scientifique terminale Bordas 2020



Question.

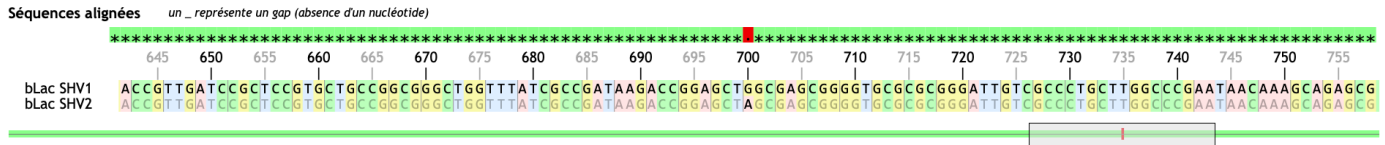
- **Donner** les cibles possibles des antibiotiques sur les bactéries.

Document 15. Une origine possible de la résistance à un antibiotique.

D'après Géniegn2

L'enzyme β -lactamase est toujours présente chez la bactérie *Escherichia coli* : elle est inactive chez la bactérie sensible alors qu'elle est fonctionnelle et détruit l'antibiotique (céfotaxime) chez la bactérie résistante.

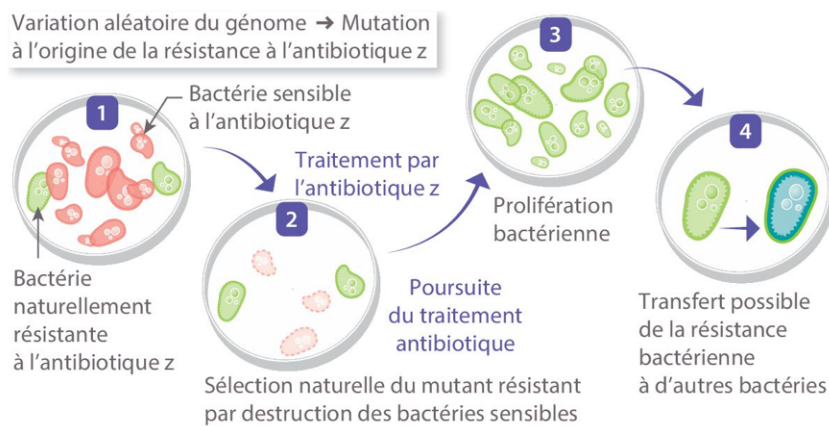
Comparaison du gène codant pour l'enzyme β -lactamase chez deux souches de *Escherichia coli* (SHV1 est sensible ; SHV2 est résistante à l'antibiotique céfotaxime)



Document 16. Modèle du mécanisme de résistance.

D'après Enseignement scientifique terminale Hatier 2020

Certaines bactéries possèdent des gènes leur conférant la capacité à résister naturellement à un ou plusieurs antibiotiques. La sélection naturelle est, entre autres, le mécanisme qui permet à des populations de ce type de bactéries de se développer.



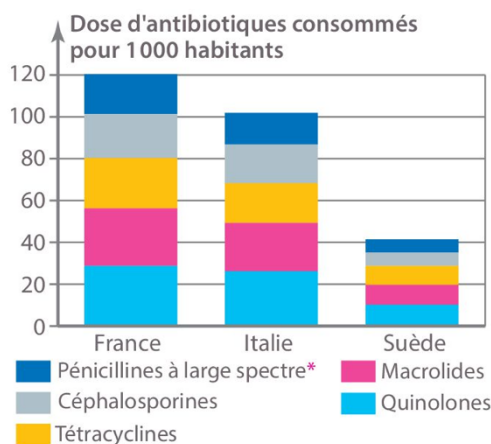
Question.

- **Expliquer** comment une résistance à un antibiotique apparaît, et comment elle s'étend ensuite.

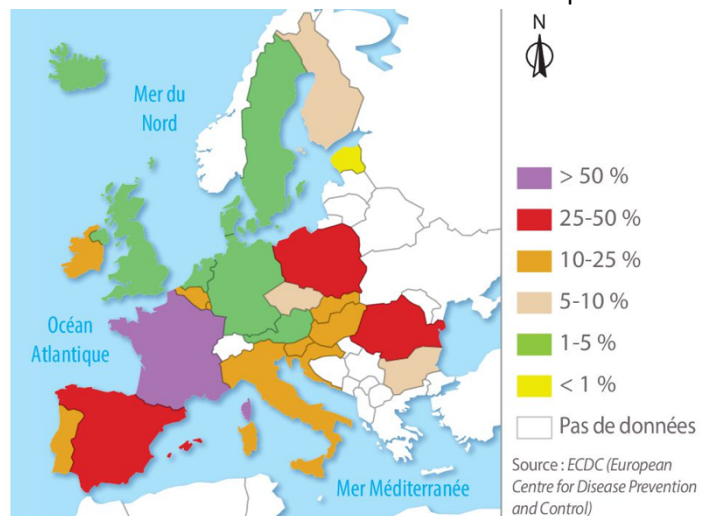
Document 17. Résistance bactérienne et consommation d'antibiotiques.

D'après Enseignement scientifique terminale Hatier 2020

La consommation quotidienne d'antibiotiques varie selon les pays. Un réseau de surveillance européen compile les données sur le développement de la multirésistance bactérienne de certaines espèces.



Consommation quotidienne d'antibiotiques en 2015 (en doses d'antibiotiques consommées pour 1000 habitants).



Multirésistance bactérienne des pneumocoques en Europe en 2015.

Question.

- **Montrer** la corrélation qui existe entre consommation d'antibiotiques et apparition de multirésistances.

Document 18. Mise en place de mesures prophylactiques*.

D'après Enseignement scientifique terminale Hatier 2020

On observe une résistance aux antibiotiques qui varie en fonction des pays. L'OMS recommande ainsi aux autorités sanitaires d'évaluer la prévalence* des résistances, pour choisir les antibiotiques à utiliser lors d'épidémies. Ceux pour lesquels la fréquence de résistance est très élevée doivent être évités.

Antibiotique \ Pays	France	Italie	Suède
Pénicillines	forte	forte	moyenne
Quinolones	moyenne	forte	faible
Céphalosporines	faible	moyenne	faible
Résistance multiple	moyenne	moyenne	faible
Aminoglycosides	faible	moyenne	faible
Carbapénèmes	nulle	nulle	nulle

Résistance aux antibiotiques pour E. coli en 2016



Campagne OMS 2015

* **Prévalence** : nombre de cas dans une population donnée.

* **Prophylaxie** : mesure(s) à prendre pour prévenir une maladie

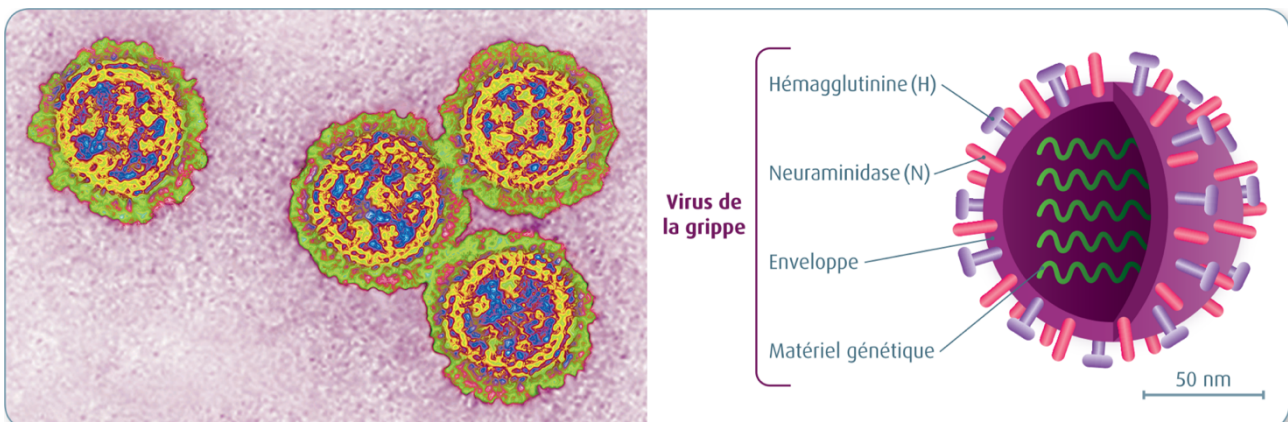
Question.

- **Indiquer** les mesures qui doivent être prises pour limiter l'apparition de résistances aux antibiotiques.

Document 19. Le virus de la grippe.

D'après Enseignement scientifique terminale Belin 2020

Différents types de virus de la grippe coexistent et peuvent infecter les humains grâce à leurs protéines de surface H (hémagglutinine) et N (neuraminidase). A cause du taux de mutation élevé du virus, les protéines H et N des virus circulant une année donnée, ne sont pas exactement les mêmes que les protéines H et N des virus ayant circulé auparavant. Or ces protéines sont les cibles du système immunitaire humain.



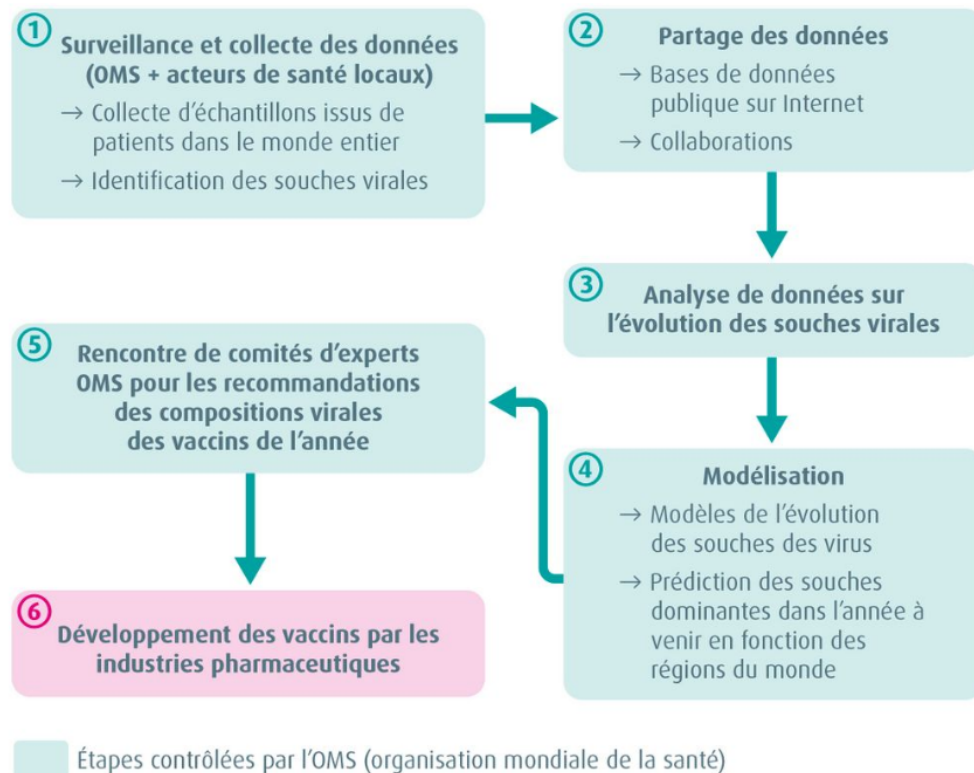
Question.

- **Présenter** le virus grippal et les problèmes qu'il pose chaque année.

Document 20. La production de vaccin contre la grippe saisonnière.

D'après Enseignement scientifique terminale Belin 2020

En France, la grippe saisonnière touche 2 à 8 millions de personnes et est responsable de 10 000 à 15 000 décès chaque année. Bien que les épidémies de grippe soient annuelles, elles restent imprévisibles : on ne sait pas quand elles vont démarrer, quels virus vont circuler, combien de temps elles vont durer. On ne peut pas non plus prédire l'intensité ou la sévérité d'une épidémie. Le virus mute naturellement, mais la vaccination pourrait jouer un rôle dans l'évolution des souches virales, en constituant une pression de sélection supplémentaire.

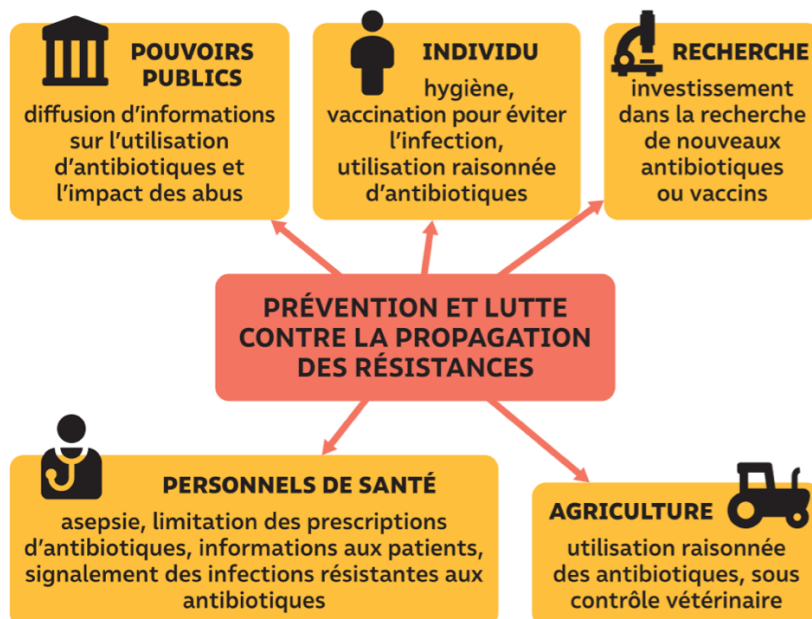


Questions.

- **Justifier** la nécessité de développer de nouveaux vaccins contre la grippe chaque année.
- **Présenter** le processus de développement des vaccins.

Document 21. Stratégies prophylactiques contre le développement de résistances

Enseignement scientifique terminale Nathan 2024



Document 22. Une conséquence de l'utilisation des insecticides observée récemment.

D'après Enseignement scientifique terminale Hatier 2020

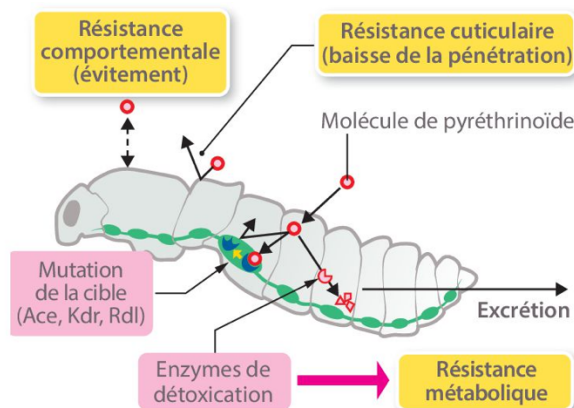
La noctuelle (*H. armigera*) est un ravageur majeur du cotonnier et des cultures maraîchères. L'élimination de ce ravageur s'est faite par l'utilisation massive d'insecticides de la famille des pyréthrinoides. Dès 1983, les premières résistances à ces insecticides ont été relevées aux Etats-Unis, puis en Australie, en Turquie ainsi qu'en Thaïlande (1985). Le phénomène s'est propagé en Chine, en Inde et au Pakistan dès 1986. Les savanes d'Afrique centrale, jusque-là épargnées, sont aujourd'hui touchées.



Document 23. Différentes modalités de résistance aux insecticides.

D'après Enseignement scientifique terminale Hatier 2020

Les pyréthrinoides agissent sur les ganglions nerveux des insectes, conduisant au blocage de leurs commandes nerveuses. Plusieurs types de résistance à ces molécules peuvent exister.

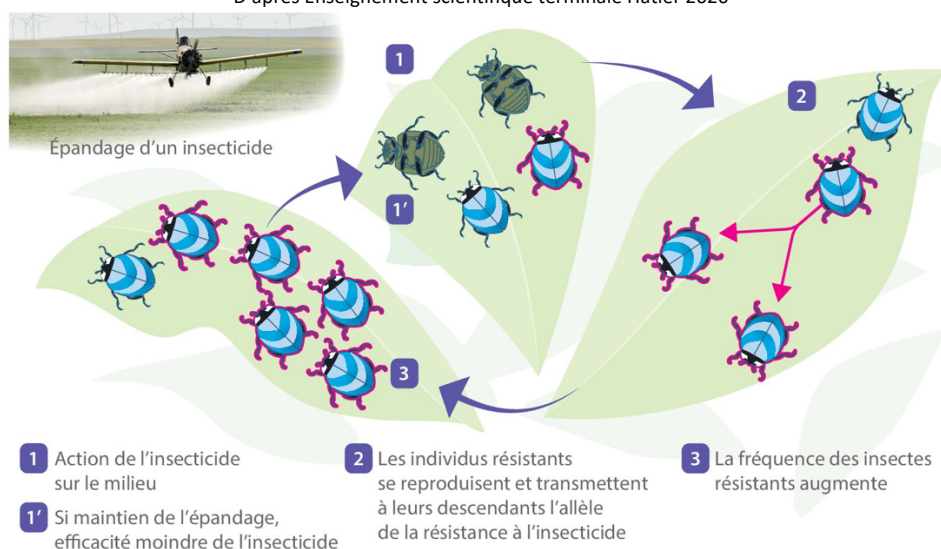


d'après Utilisation des insecticides et gestion de la résistance.
CNEV, centre d'expertise sur les vecteurs

La résistance métabolique est liée aux protéines cibles sur lesquelles se fixent les pyréthrinoides. Une mutation du gène codant cette protéine cible entraîne une absence de fixation de l'insecticide. L'insecte est alors résistant, son activité nerveuse n'est pas affectée.

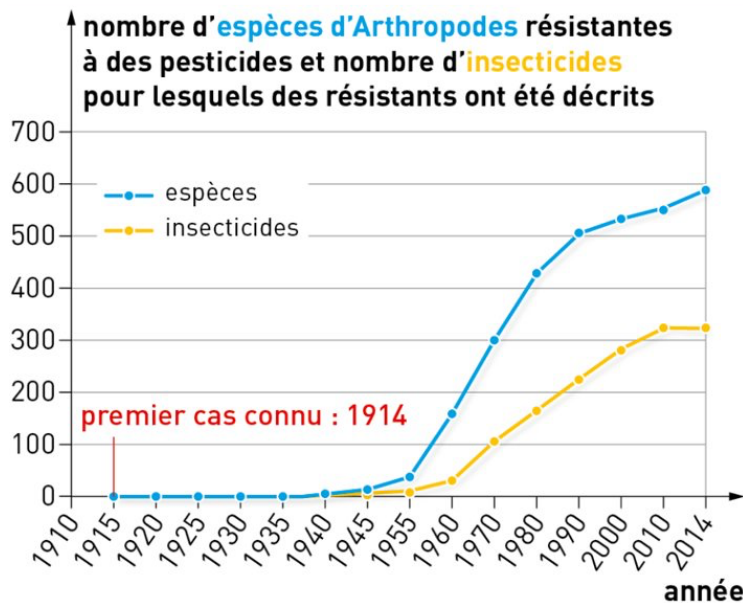
Document 24. Un mécanisme à l'origine de la résistance aux insecticides.

D'après Enseignement scientifique terminale Hatier 2020



Document 25. La résistance aux produits phytosanitaires.

D'après Enseignement scientifique terminale Bordas 2020



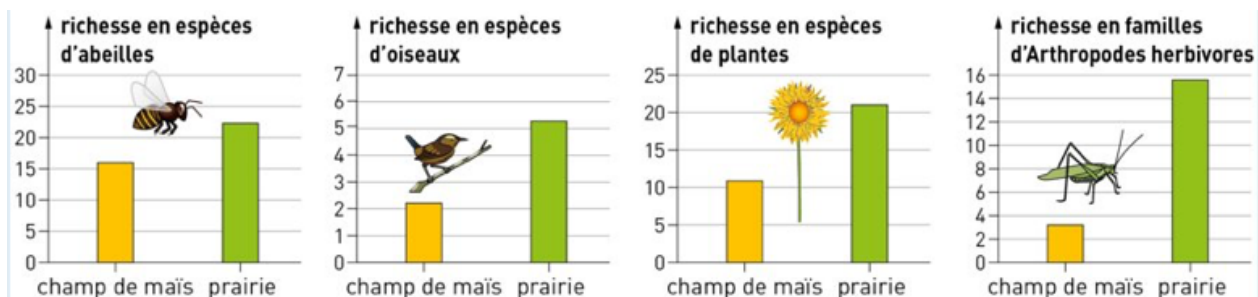
Document 26. La monoculture (définition).

La monoculture désigne la culture d'une plante unique. Par une utilisation massive d'intrants (engrais, produits phytosanitaires, engins agricoles), elle permet une productivité importante à faible coût, donc une alimentation accessible au plus grand nombre.

Document 27. Comparaison des richesses spécifiques de plusieurs espèces dans un champ de maïs et dans une prairie, en nombre d'espèces par unité de surface.

D'après Enseignement scientifique terminale Bordas 2020

On indique que la biodiversité est un facteur important de la stabilité des écosystèmes et des ressources fondamentales pour notre sécurité alimentaire future.



Document 28. Caractères sélectionnés ou contre-sélectionnés chez quelques animaux d'élevage et plantes cultivées (les zones d'origine sont indiquées entre parenthèses).

D'après Enseignement scientifique terminale Bordas 2020

Du Néolithique à nos jours, les humains ont domestiqué des plantes et des animaux pour répondre à leurs besoins, en particulier alimentaires. Cette domestication, en favorisant la reproduction des individus porteurs des caractères jugés les plus intéressants, est à l'origine de pressions de sélection différentes des pressions naturelles. Ainsi, il n'est pas surprenant que l'évolution conduise les plantes cultivées et les animaux élevés à devenir très différents de leurs ancêtres sauvages.

Les bovins (Iran)

Issus de la domestication des aurochs, les bovins ont été sélectionnés pour leur viande, leur lait et leur force. Les vaches actuelles peuvent produire entre 2 000 et 14 000 litres de lait par an.

Les porcins (Chine, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Europe)

La présence de poils a été contre-sélectionnée tandis que la masse de muscle a été sélectionnée positivement.

Les ovins (Kurdistan)

Les moutons possèdent une laine que les espèces ancestrales sauvages n'avaient pas.

Dans tous les cas, le caractère agressif a été contre-sélectionné en faveur d'animaux dociles, pouvant vivre paisiblement entre eux et avec des humains.



Les blés (Moyen-Orient)

Les grains de blé des variétés domestiques se détachent plus facilement de leur enveloppe mais restent accrochés sur la plante. La maturation des grains se fait sur un temps court qui permet une récolte globale.

Les maïs (Mexique)

Les grains de maïs sont 15 fois plus gros que ceux de la plante sauvage d'origine.

Les riz (Chine et Inde)

Les grains de riz des variétés domestiques ne tombent pas de la plante mais y restent accrochés, ce qui permet de les récolter. Les rendements sont plus élevés.

Dans tous les cas, les épis sont plus solides ; les grains sont nus, plus nombreux, de plus grande taille, restant sur la plante et moins riches en toxine*. La période de maturation est plus courte.

La poule (*Gallus gallus domesticus*) a été domestiquée dans plusieurs régions d'Asie du Sud-Est il y a 8 000 ans environ. Des méthodes de génomique (= étude du génome) permettent de repérer dans les génomes des effets de la sélection. Des chercheurs ont ainsi identifié une mutation présente uniquement dans les lignées domestiquées. Cette mutation, qui aurait eu lieu vers l'année 1100, affecte un gène, appelé *TSHR*, et est à l'origine de deux changements importants : une ponte plus abondante (voir tableau) répartie sur une plus grande partie de l'année et une sociabilité accrue entre les poules elles-mêmes.

Le plus souvent, un petit nombre d'individus issus d'une population sauvage est à l'origine d'une lignée domestiquée. Ces lignées sont donc fortement soumises à la dérive génétique.

Sélection artificielle et dérive génétique sont donc responsables d'une baisse de la diversité génétique au sein des lignées domestiquées.

Document 29. Domestication et diversité des populations (chaque cercle représente un individu, chaque couleur un caractère héréditaire).

D'après Enseignement scientifique terminale Bordas 2020

Années	Nombres moyens d'œufs par poule et par an
1000	5 à 20
1950	160 à 180
2019	300 à 320

