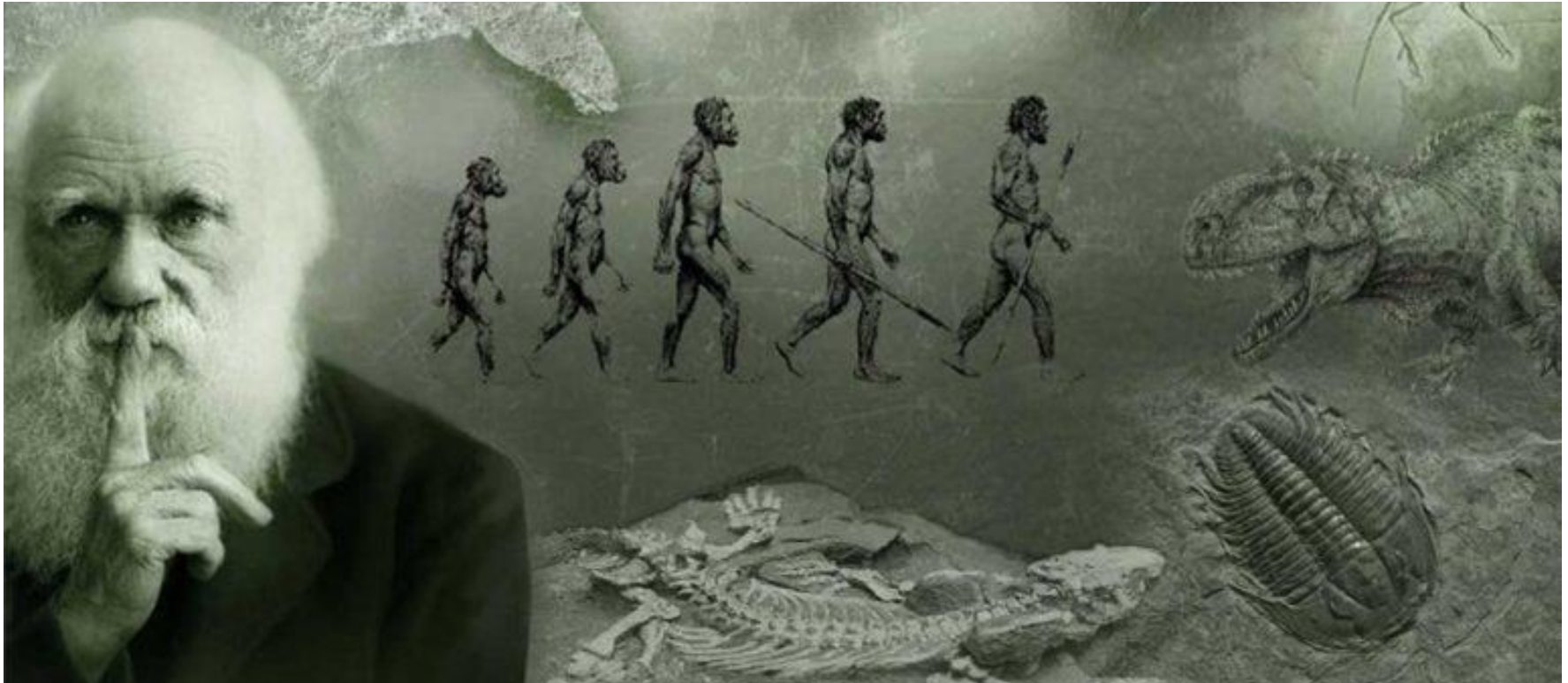


Chapitre 2 : L'évolution comme grille de lecture du monde



I. Structures anatomiques et évolution

A. Exemple de l'œil

B. D'autres exemples

II. Pratiques humaines et évolution

A. Médecine et évolution

B. Agriculture et évolution

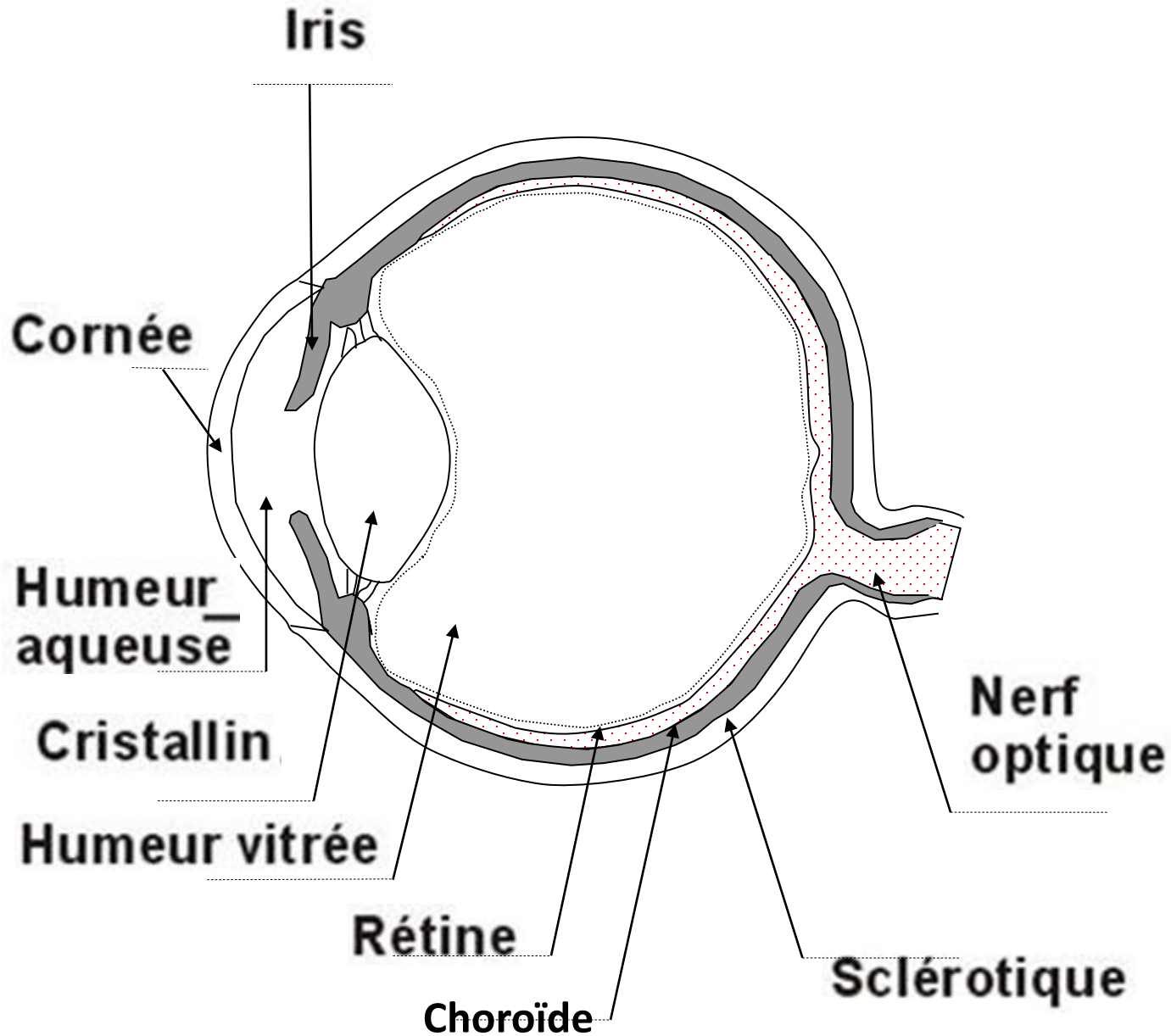
A partir de la vidéo, légènder les
principales structures
anatomiques de l'œil de
mammifère

[https://www.youtube.com/watch?v=
Y5sJoosvldo](https://www.youtube.com/watch?v=Y5sJoosvldo)

Vue
axiale



Anatomie du globe oculaire

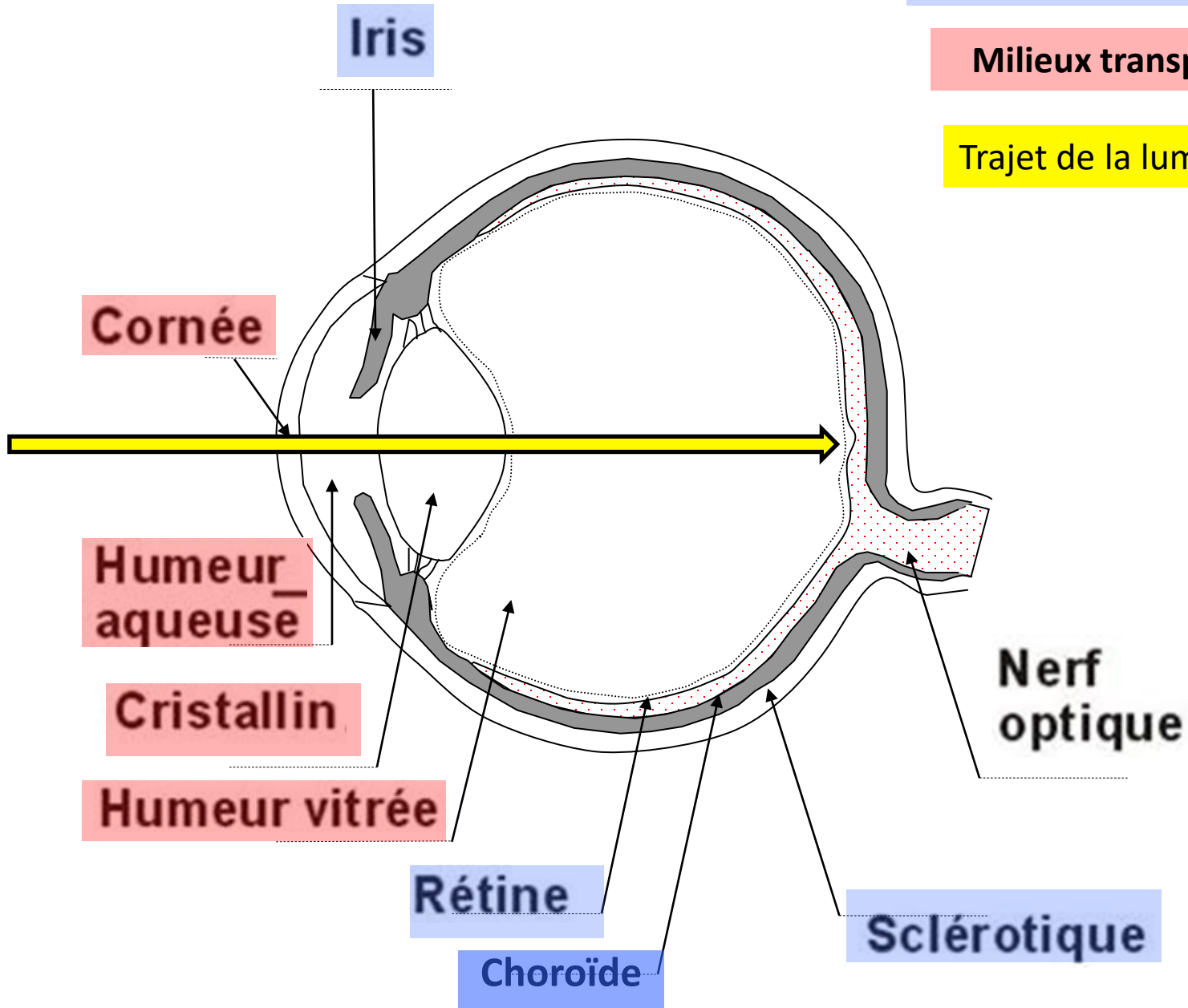


Anatomie du globe oculaire

Membranes opaques

Milieux transparents

Trajet de la lumière



Anatomie de l'oeil

1 L'oeil des Vertébrés, un organe complexe

Cristallin : lentille de tissu conjonctif permettant la mise au point

Humeur aqueuse et humeur vitrée : gels transparents à rôle protecteur à l'intérieur de l'œil

Rétine : ensemble de cellules sensibles aux photons (photorécepteurs) tapissant le fond de l'œil

Nerf optique : ensemble des fibres nerveuses conduisant le stimulus visuel vers les aires optiques du cerveau

Pupille : orifice de taille variable laissant passer les rayons lumineux

Cornée : tissu transparent

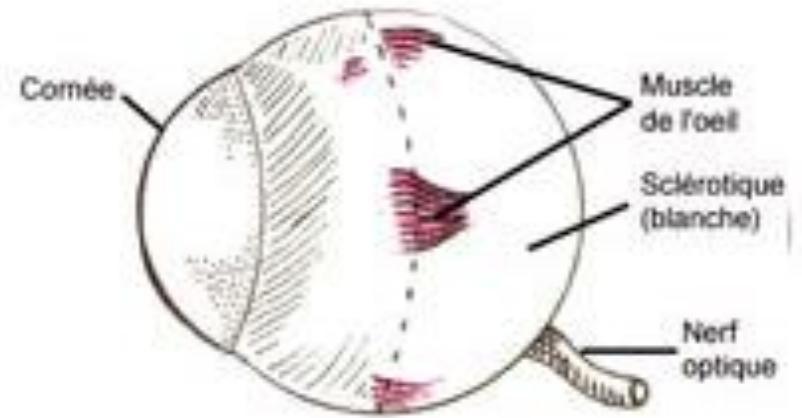
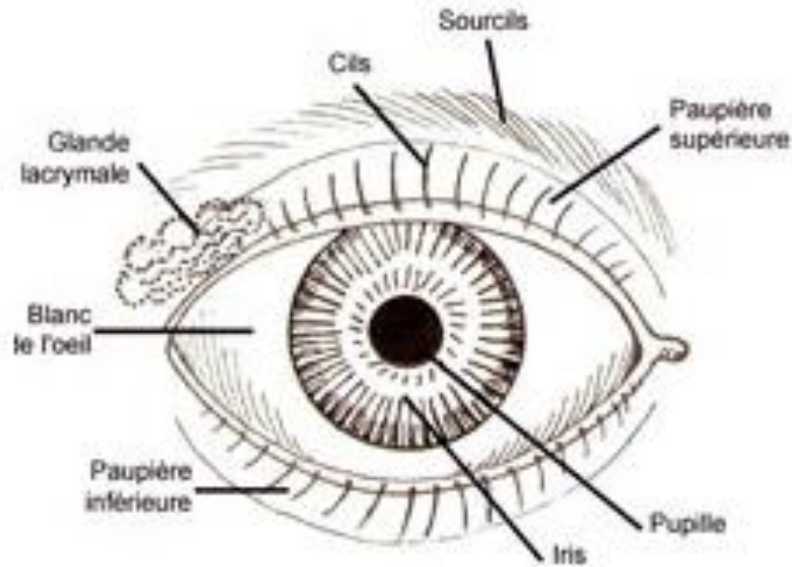
Sclérotique et choroïde : enveloppes rigides et protectrices entourant l'œil

Anatomie de l'œil humain

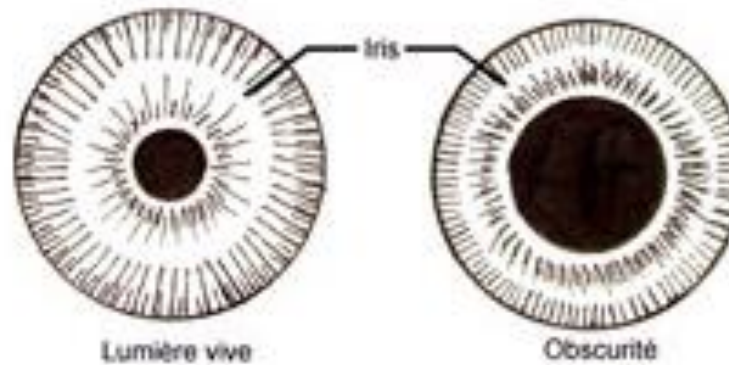


👉 **Animation 3D :** Visionner un œil en réalité augmentée (Merge cube)

Anatomie du globe oculaire



Variation de la pupille suivant l'éclairage



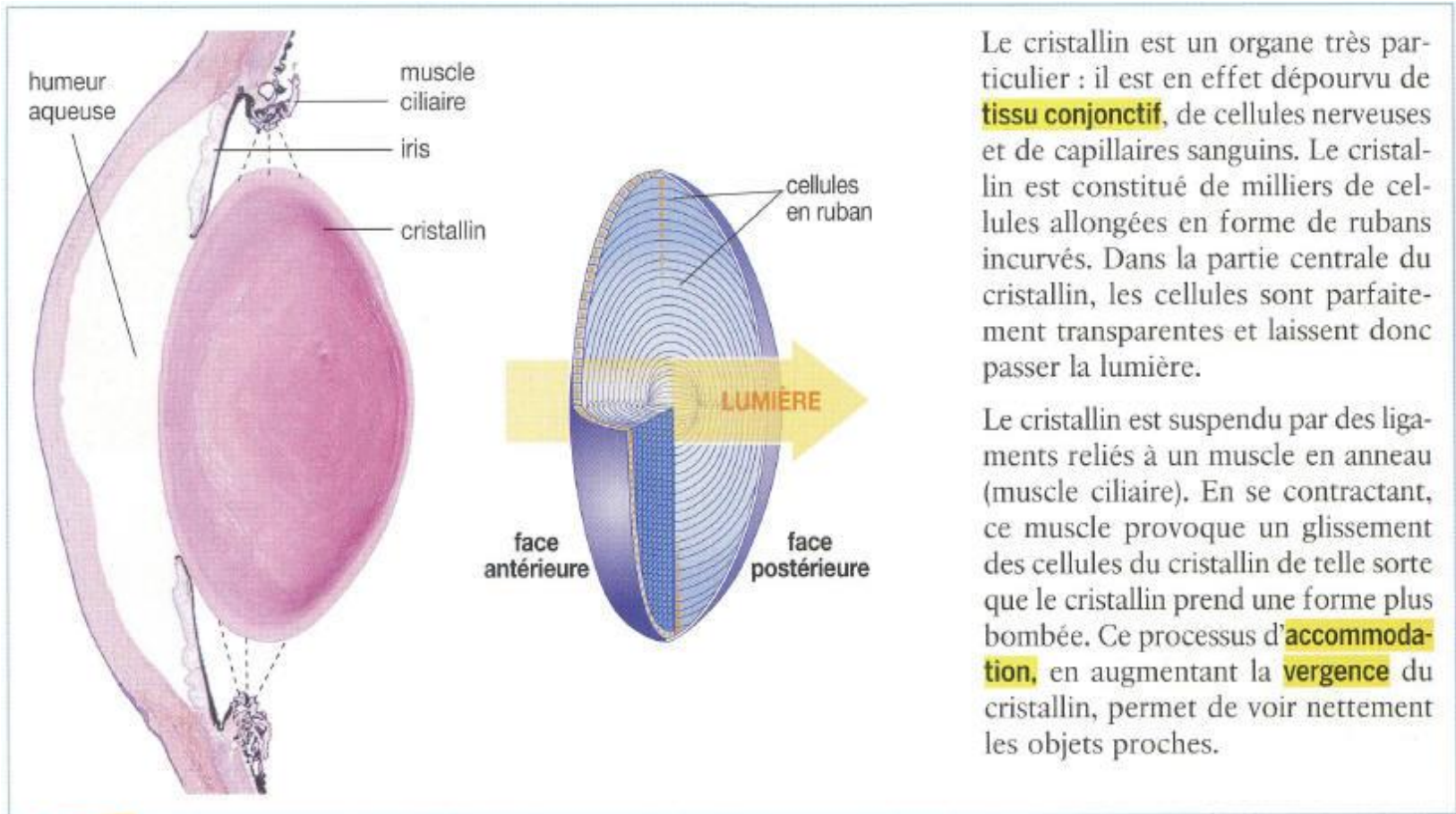
Anatomie du globe oculaire



Activité : Votre grand mère doit se faire opérer de la **cataracte**. Son médecin lui a dit que cela réglerait également son problème de **presbytie**. Elle est inquiète, n'a pas bien compris pourquoi elle doit se faire opérer et en quoi consiste l'opération.

Pour la rassurer, expliquez-lui :

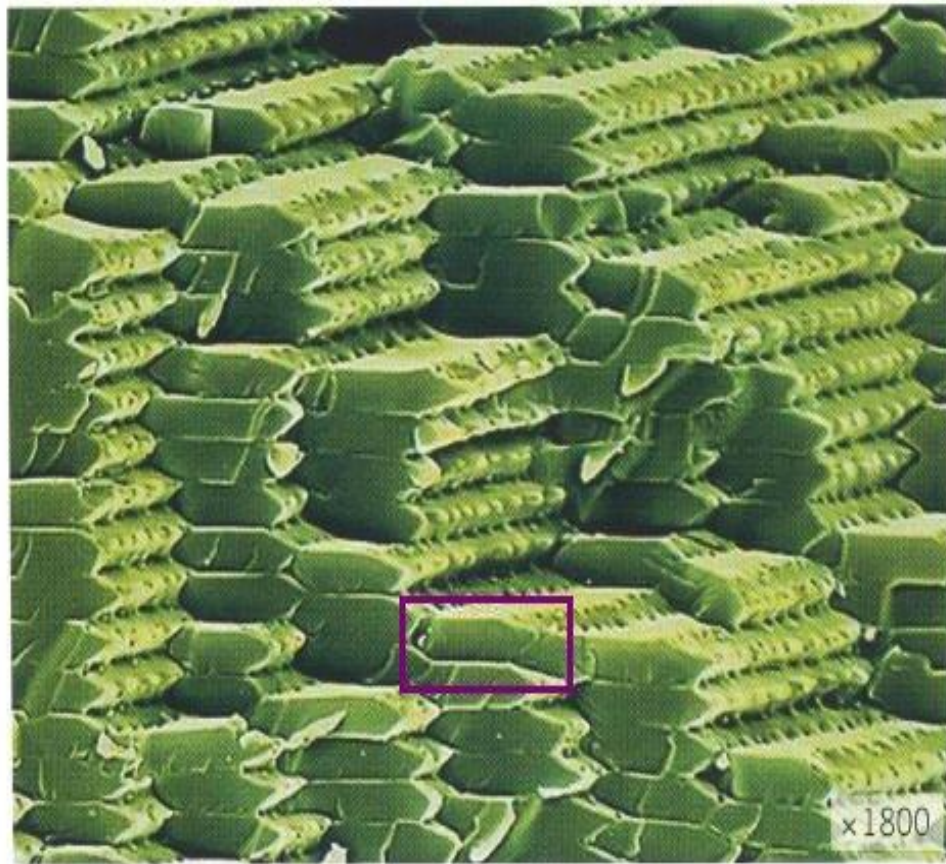
- **le rôle du cristallin**
- **en quoi consistent ses deux pathologies (cataracte et presbytie) et pourquoi elles altèrent sa vision**
- **en quoi consiste l'opération qu'elle doit subir et comment cela va régler ses troubles de la vision.**



Le cristallin est un organe très particulier : il est en effet dépourvu de **tissu conjonctif**, de cellules nerveuses et de capillaires sanguins. Le cristallin est constitué de milliers de cellules allongées en forme de rubans incurvés. Dans la partie centrale du cristallin, les cellules sont parfaitement transparentes et laissent donc passer la lumière.

Le cristallin est suspendu par des ligaments reliés à un muscle en anneau (muscle ciliaire). En se contractant, ce muscle provoque un glissement des cellules du cristallin de telle sorte que le cristallin prend une forme plus bombée. Ce processus d'**accommodation**, en augmentant la **vergence** du cristallin, permet de voir nettement les objets proches.

Doc. 1 Le cristallin: un organe qui laisse passer la lumière et dont la forme peut varier.

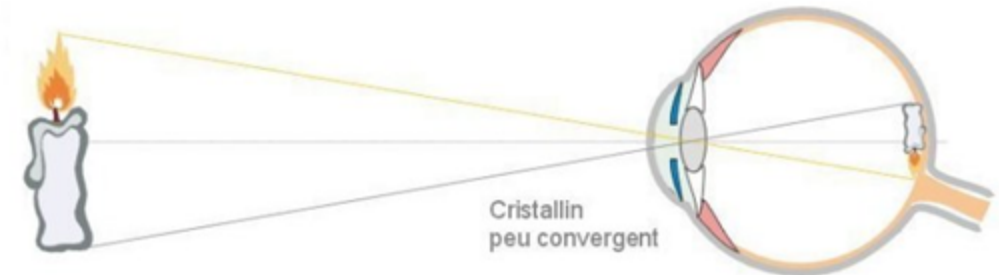
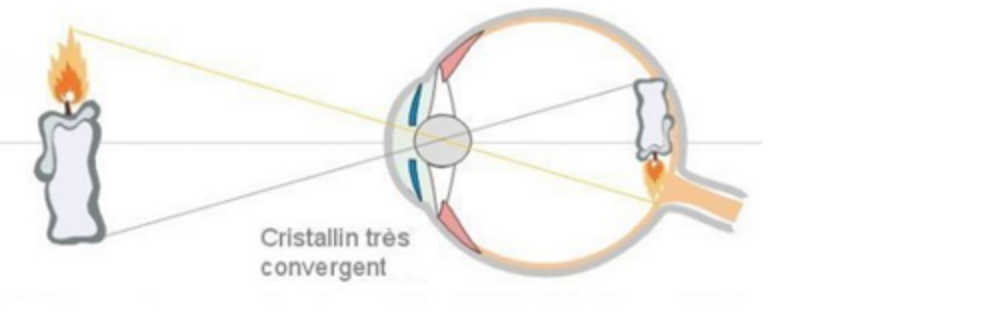
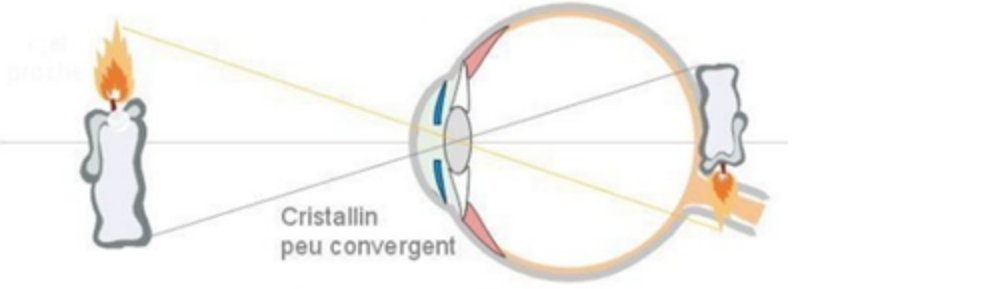


Les cellules en ruban du cristallin ont une forme très particulière, en « lames de parquet » comme le montre cette observation au microscope électronique. La lumière arrive perpendiculairement à leur surface, ce qui évite la dispersion.

Dans la partie centrale du cristallin, les cellules n'ont pas de noyau et sont totalement dépourvues d'**organite**. Leur cytoplasme est constitué à plus de 90 % de protéines (appelées cristallines) qui forment un réseau ordonné se traduisant par un aspect de gel optiquement très homogène.

Le métabolisme des cellules du cristallin est très particulier : les cellules reçoivent leurs nutriments solubles par diffusion à partir de l'**humeur aqueuse**.

Doc. 2 Une organisation cellulaire qui explique la parfaite transparence du cristallin.

 <p>Cristallin peu convergent</p>	<p>Le cristallin est une lentille convergente. L'image d'un objet lointain se forme, inversée, sur la rétine.</p>
 <p>Cristallin très convergent</p>	<p>Dans le cas d'un objet proche, le cristallin se déforme et devient plus bombé. Il devient ainsi plus convergent et l'image est également formée sur la rétine.</p>
 <p>Cristallin peu convergent</p>	<p>Dans le cas d'un objet proche, si il n'y a pas de bombement du cristallin, l'image se forme en arrière de la rétine, et donc la vision est floue.</p>

Doc 3 : L'accommodation

[Source des images: <http://raymond.rodriquez1.free.fr/>]

La presbytie

La presbytie est un phénomène qui apparaît chez tous les individus, à partir de 45 ans environ.

Elle se caractérise par une difficulté à voir de près : pour lire, l'individu est obligé de maintenir son livre à distance des yeux. La presbytie contraint à porter des lunettes augmentant la **vergence** du cristallin.

Ce défaut d'accommodation est dû au vieillissement des cellules du cristallin qui deviennent moins **élastiques** : le cristallin perd alors sa faculté à prendre une forme plus bombée.

La cataracte

Les cellules du cristallin mènent une vie « à l'économie » : de ce fait, elles disposent de capacités très limitées pour se réparer. Elles sont notamment incapables de fabriquer de nouveaux **ARN messagers**.

Les dégâts causés par exemple par les rayons ultraviolets ou par un taux de sucre trop important dû au diabète deviennent parfois irréversibles : les protéines cristallines finissent par précipiter, se déstructurent et l'en-



semble du cristallin devient opaque : c'est la cataracte. La cataracte peut s'opérer.

Doc. 4 Des anomalies de la vision dues au vieillissement.

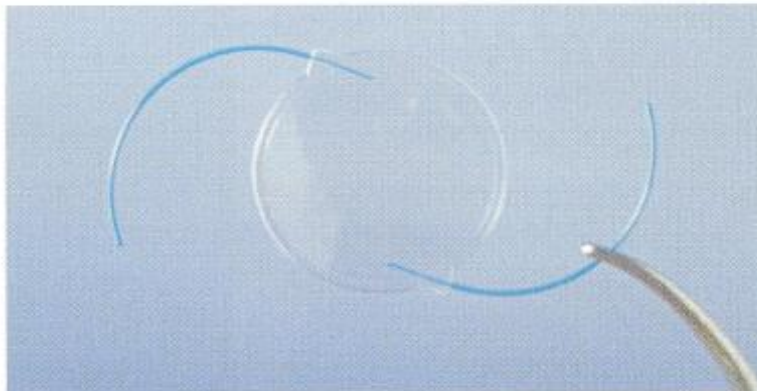
Les traitements des déficiences du cristallin

• Remplacer le cristallin

La **chirurgie** est la seule façon de traiter la **cataracte**, anomalie caractérisée par une opacification du cristallin (voir page 305).

L'opération (*photographie ci-contre*) consiste à remplacer le cristallin devenu opaque par un **implant artificiel**. Cette intervention est un **geste technique** qui se réalise en 20 à 25 minutes, sous anesthésie locale. La cornée est légèrement incisée (2,2 mm) et le cristallin est fragmenté à l'aide d'ultrasons puis aspiré. L'implant est ensuite introduit après avoir été plié. Il se déploie alors dans l'espace vacant. Un point de suture est parfois nécessaire.

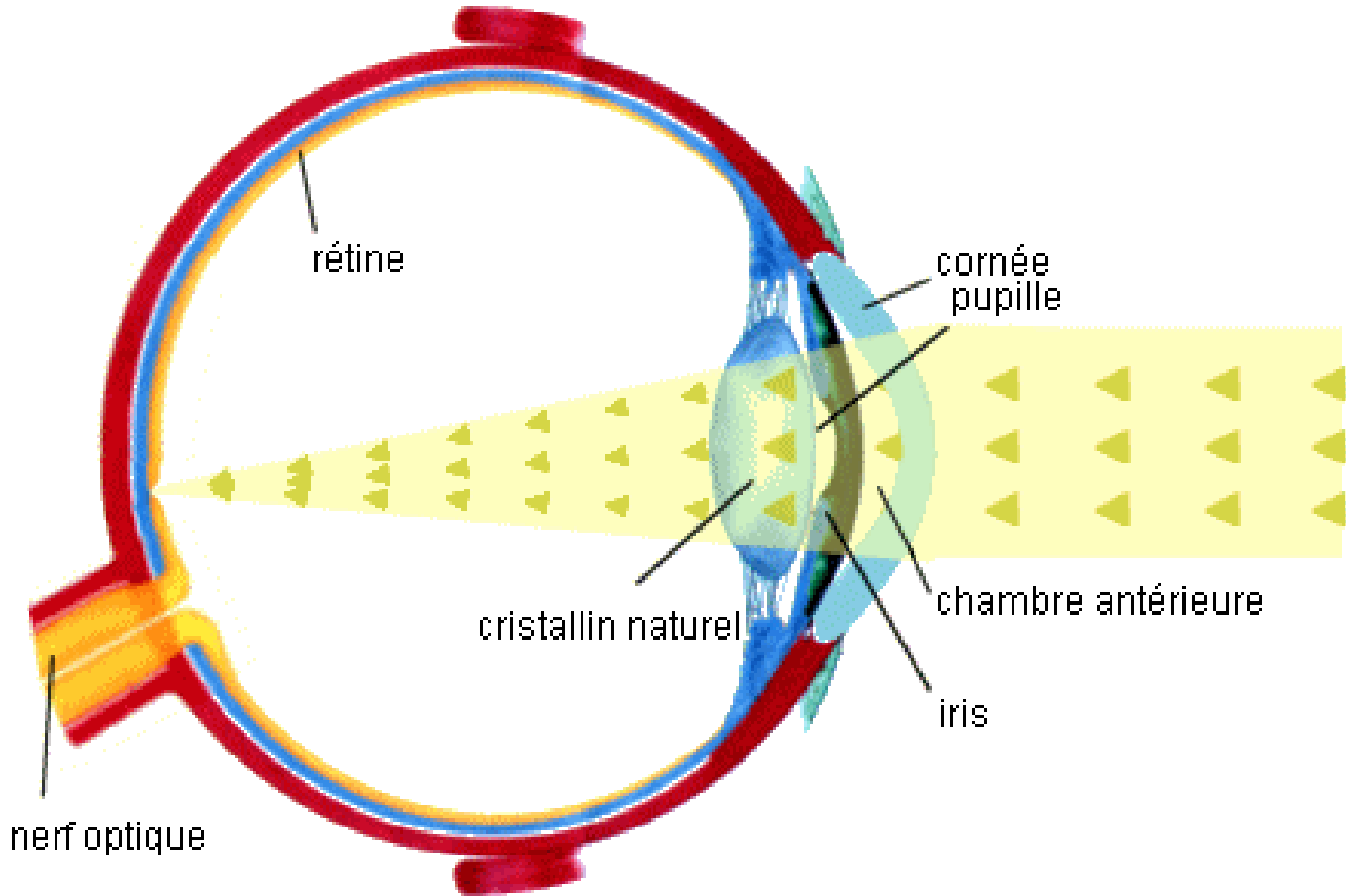
Les implants oculaires (*photographie ci-dessous*) sont en **matière synthétique** (acrylique ou silicone), ce qui évite toute réaction de rejet. Ils ne sont pas dégradés par les cellules de l'organisme.



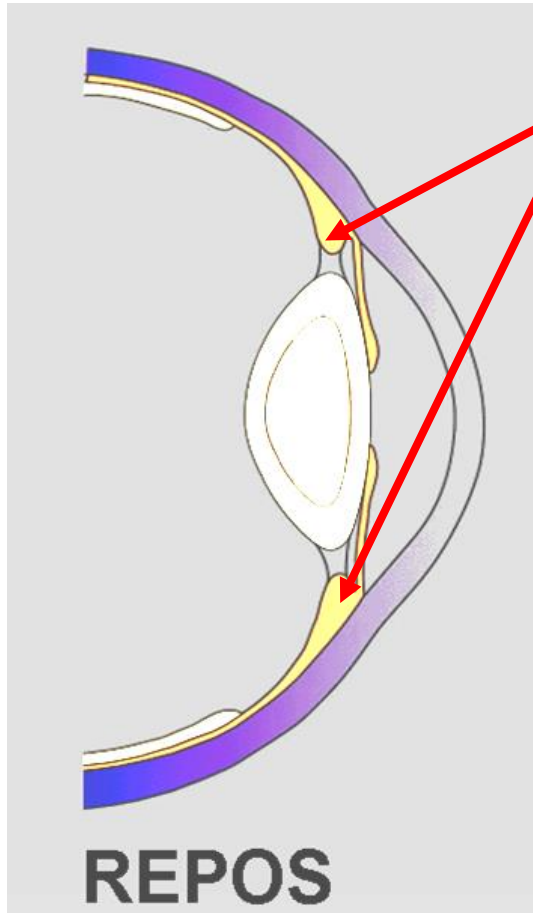
La **qualité optique** des implants est supérieure à celle d'un cristallin naturel. Ils sont traités contre les UV et protègent donc la rétine.

Le calcul de la puissance de l'implant utilisé permet de corriger en même temps une éventuelle myopie ou hypermétropie. Les progrès dans la réalisation des implants et la maîtrise de cette intervention sont tels que le remplacement du cristallin est depuis peu proposé pour traiter la **presbytie** : on greffe alors un **implant progressif** qui évite le port de lunettes et on anticipe le développement éventuel d'une cataracte.

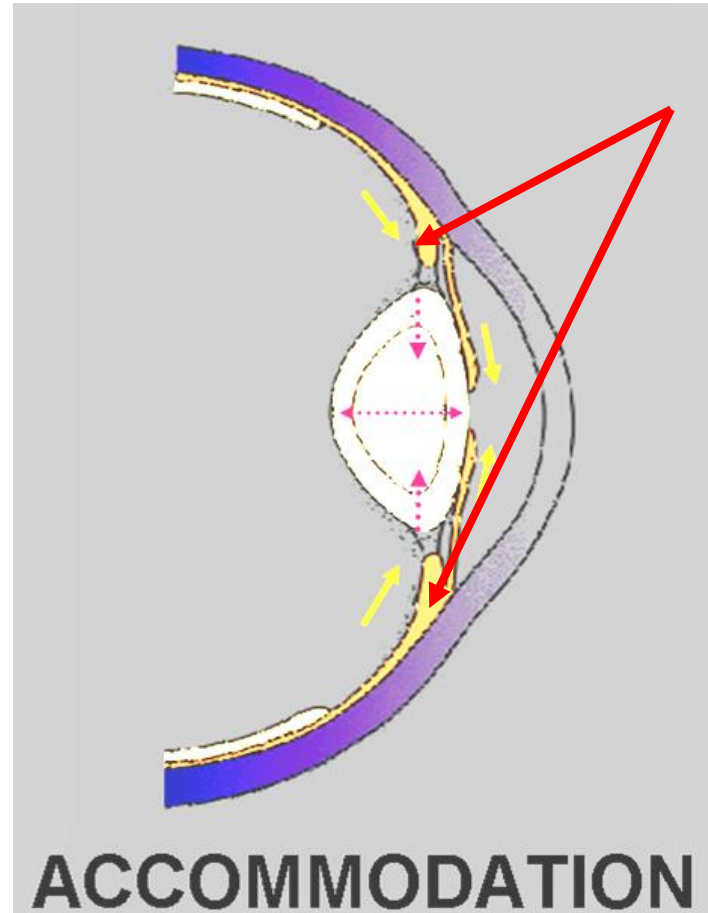
Le rôle du cristallin



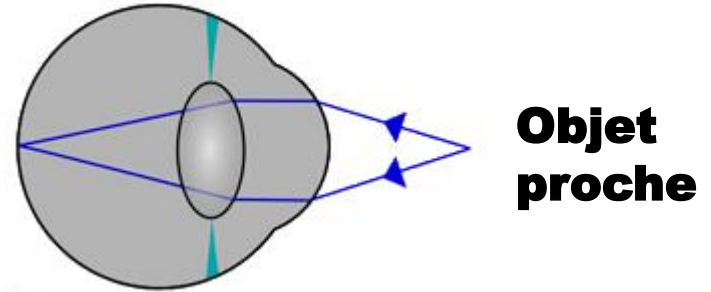
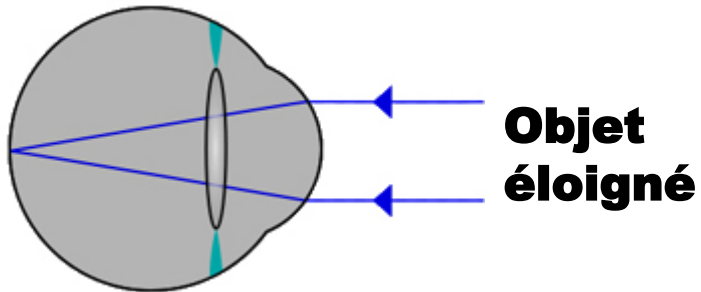
Le rôle du cristallin

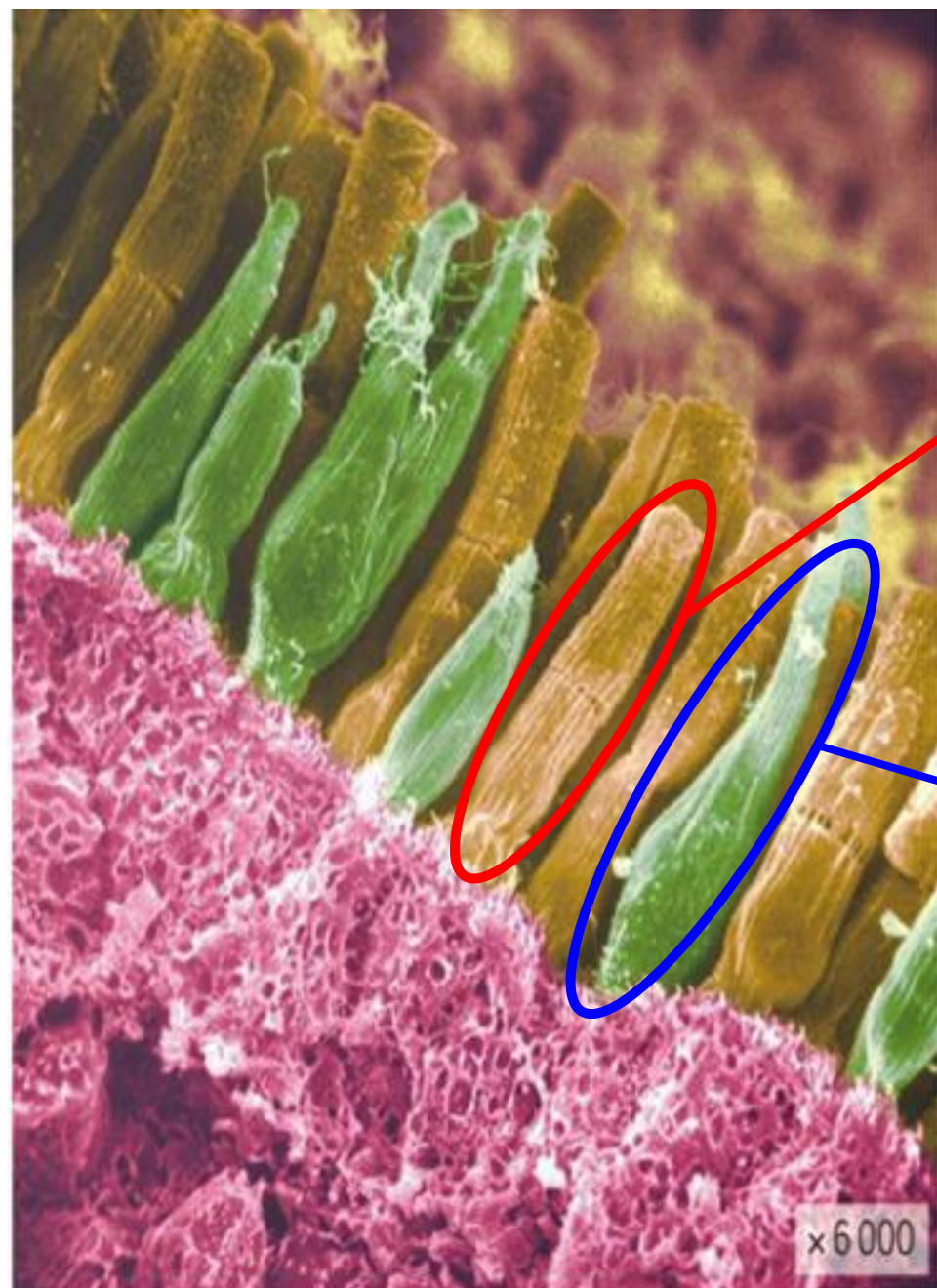


Muscles
ciliaires au
repos



Muscles
ciliaires
contractés





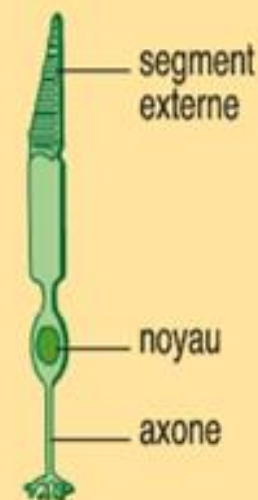
Bâtonnets

- **Nombre:** 125 millions
- **Pigment:** rhodopsine
- **Sensibilité:** très élevée (les bâtonnets sont 100 fois plus sensibles que les cônes)
- **Perception des couleurs:** non

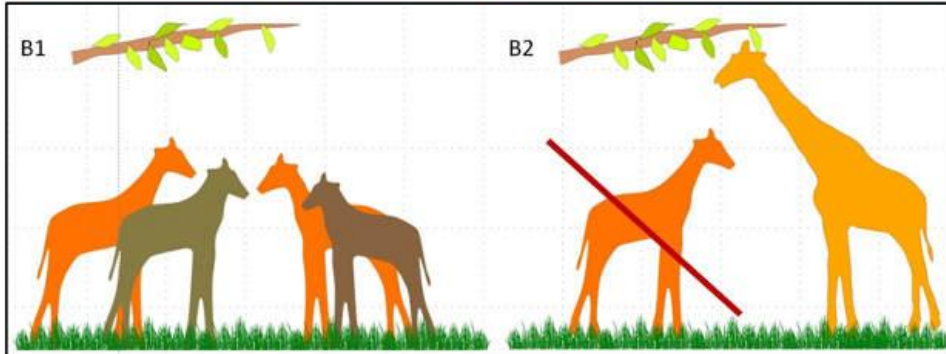
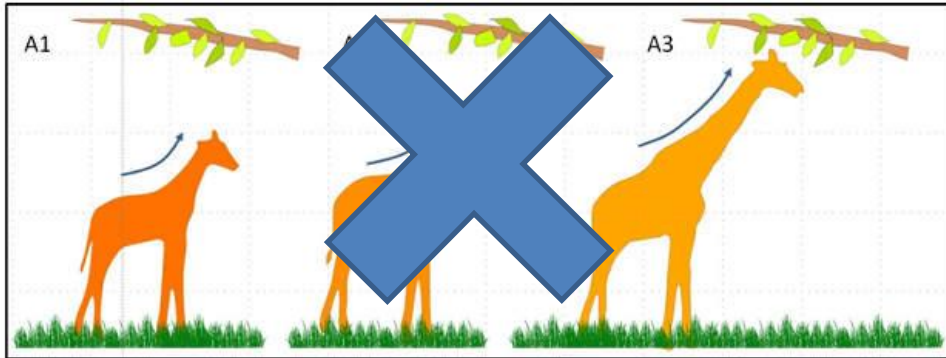


Cônes

- **Nombre:** 6,5 millions répartis en trois types
- **Pigment:** opsine (chaque type de cône possède une opsine particulière)
- **Sensibilité:** faible
- **Restitution des couleurs:** oui (voir page 309)



Transformisme versus sélection naturelle



Exemple de la phalène du bouleau.



Phalène blanche
« *typica* »

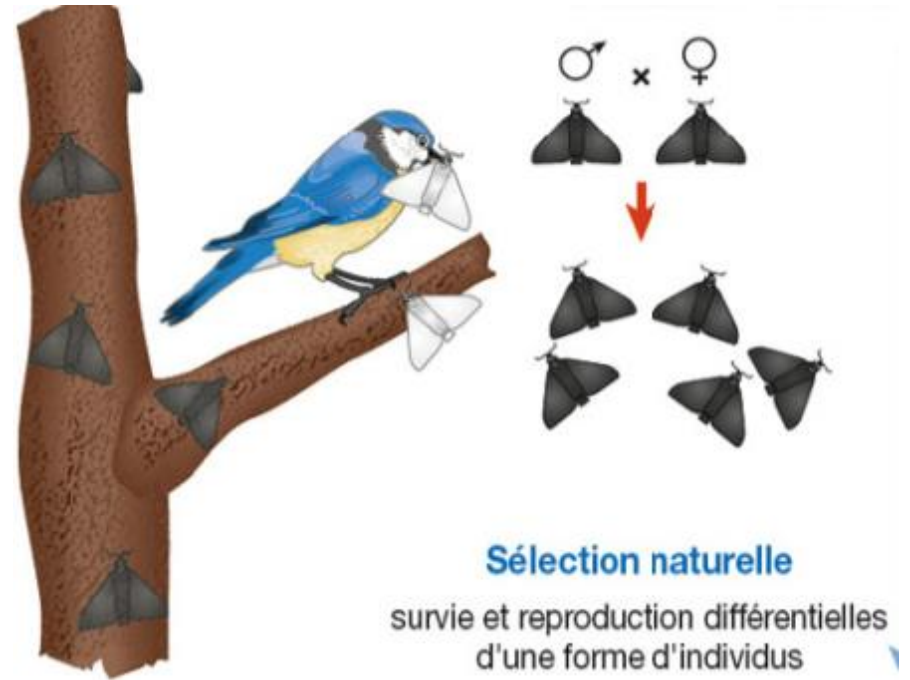


**MUTATION
ALEATOIRE**



Phalène noire
« *carbonaria* »

Exemple de la phalène du bouleau.



Sélection naturelle

Individus possédant un **caractère avantageux** dans un environnement donné

Augmentation de la probabilité de survie et de reproduction

Plus de descendants

Propagation du caractère (et éventuellement de l'allèle déterminant ce caractère) dans la population

Caractère sélectionné

Individus possédant un **caractère désavantageux** dans un environnement donné

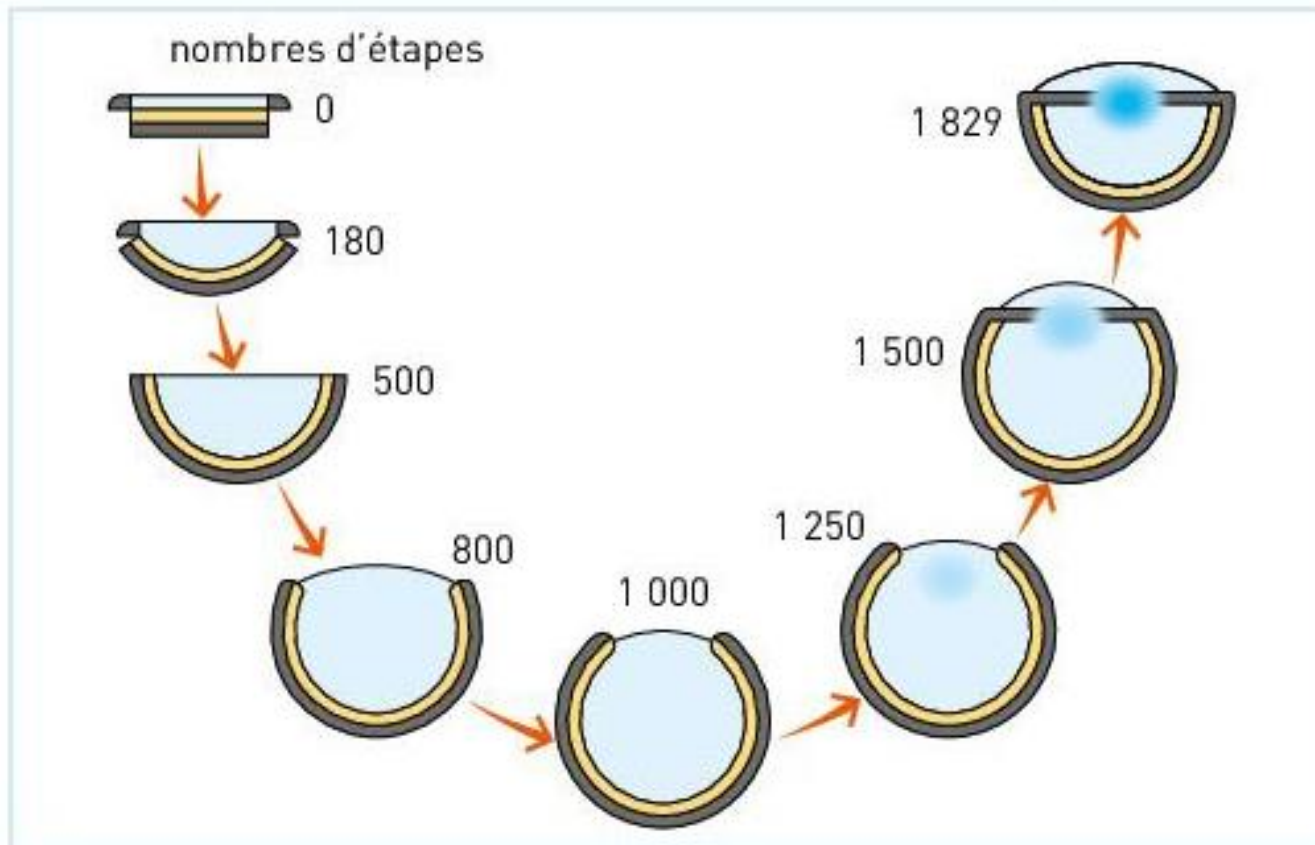
Diminution de la probabilité de survie et de reproduction

Moins de descendants

Régression (et même disparition) du caractère (et éventuellement de l'allèle déterminant ce caractère) dans la population

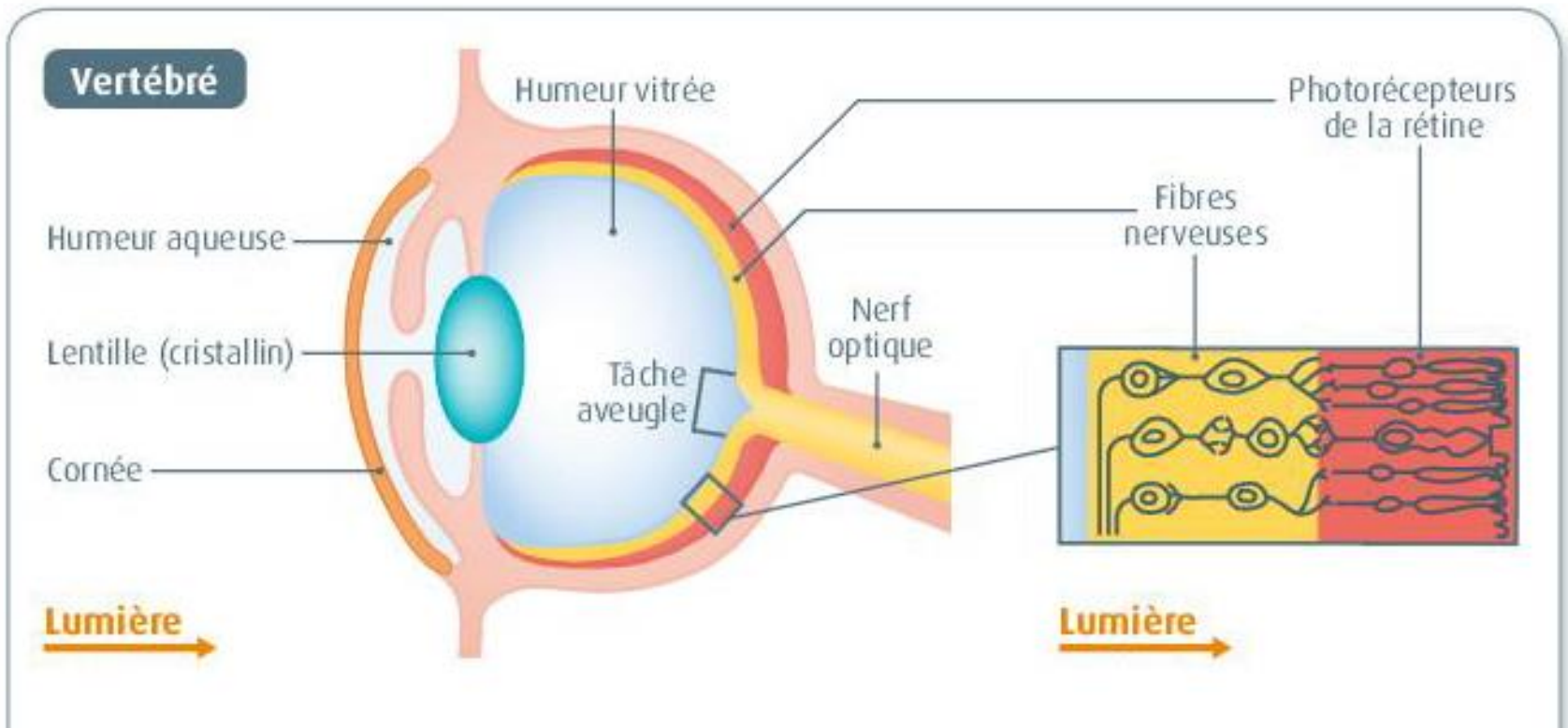
Caractère non sélectionné / éliminé

Un scénario d'apparition de l'oeil

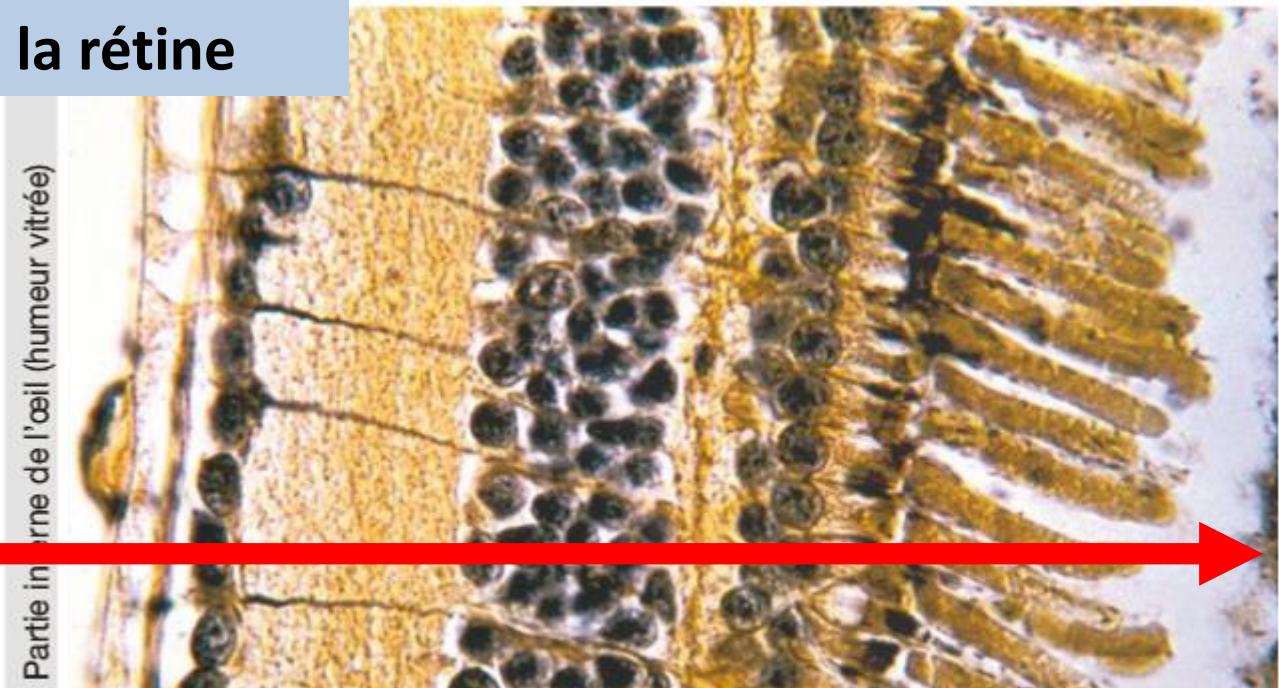
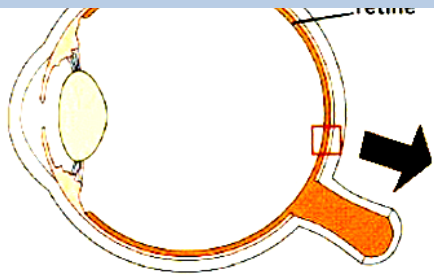


b Une évolution possible de l'oeil selon le modèle de Nilsson et Pelger.

Des imperfections?



La structure de la rétine

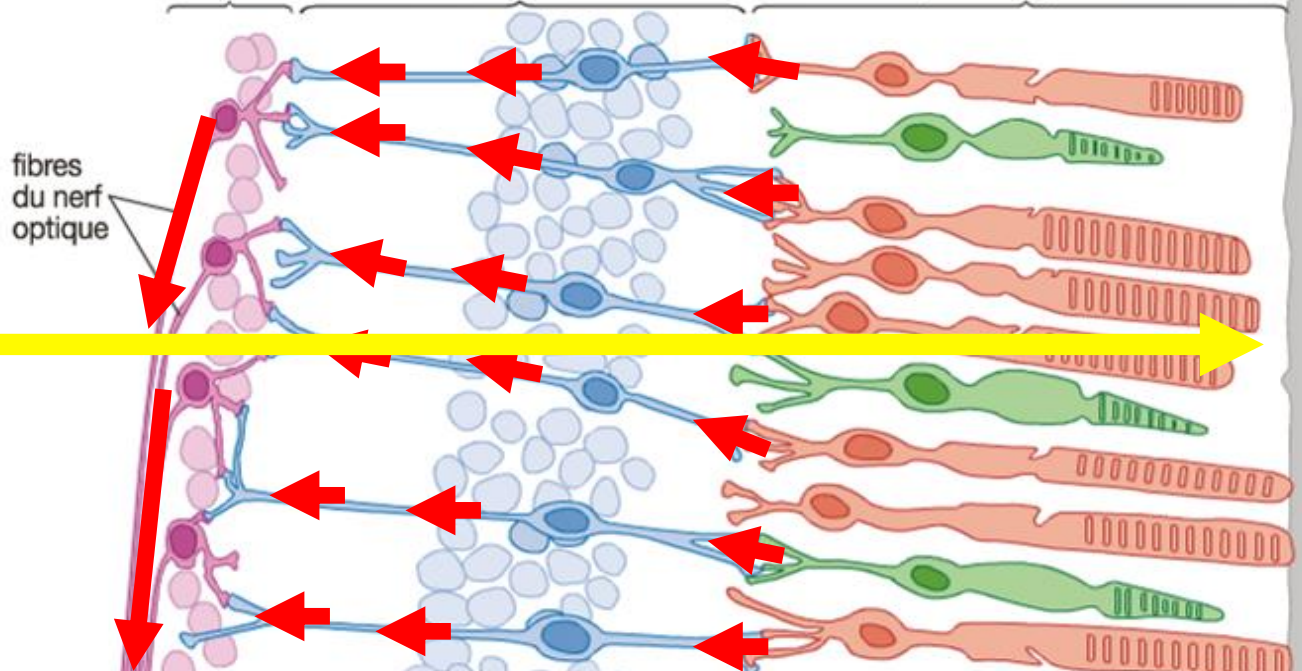


Lumière

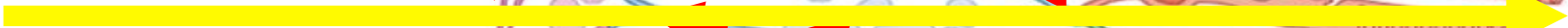


neurones ganglionnaires neurones bipolaires photorécepteurs

Messages nerveux

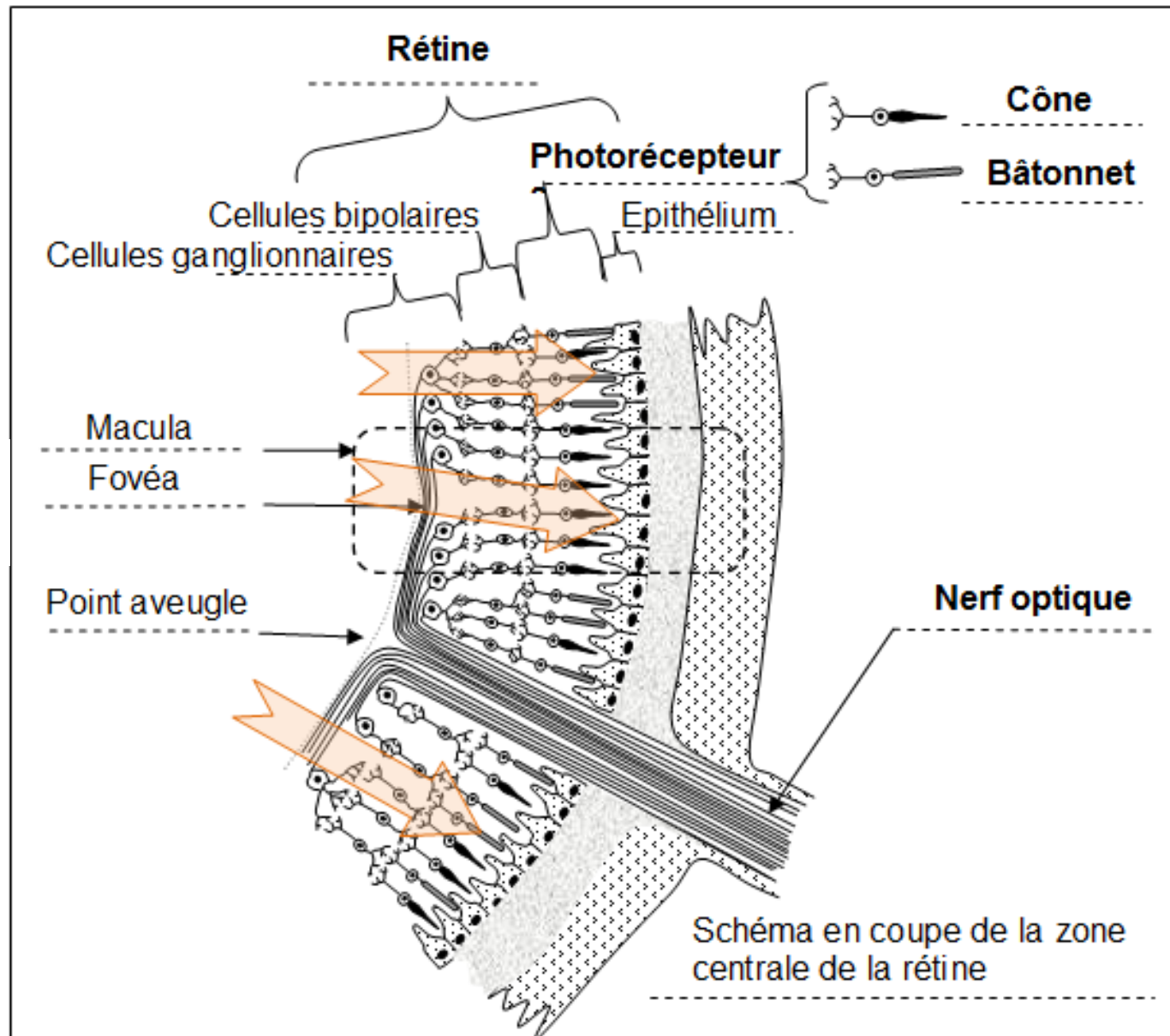


Lumière



La structure de la rétine

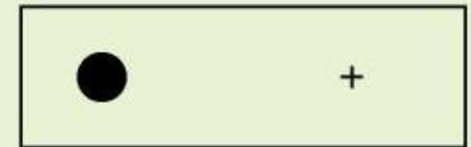
Humeur
vitrée



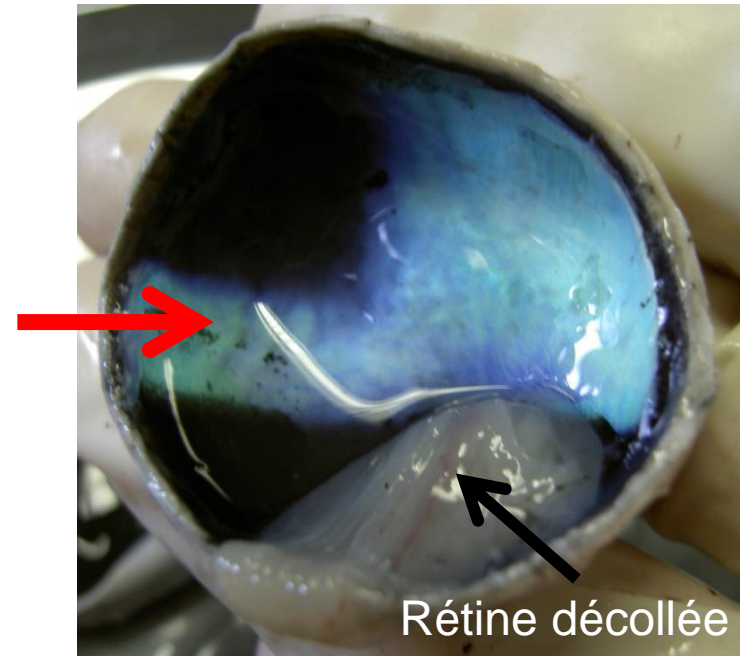
「EXPÉRIENCE」

L'expérience de Mariotte permet de mettre en évidence la tache aveugle.

- Masquer l'œil droit et fixer la croix avec l'œil gauche.
- Se mettre à une dizaine de centimètres de la page et faire doucement varier cette distance.
- Le point noir va disparaître quand il se trouvera au niveau de la tache aveugle.



Les yeux des vertébrés :



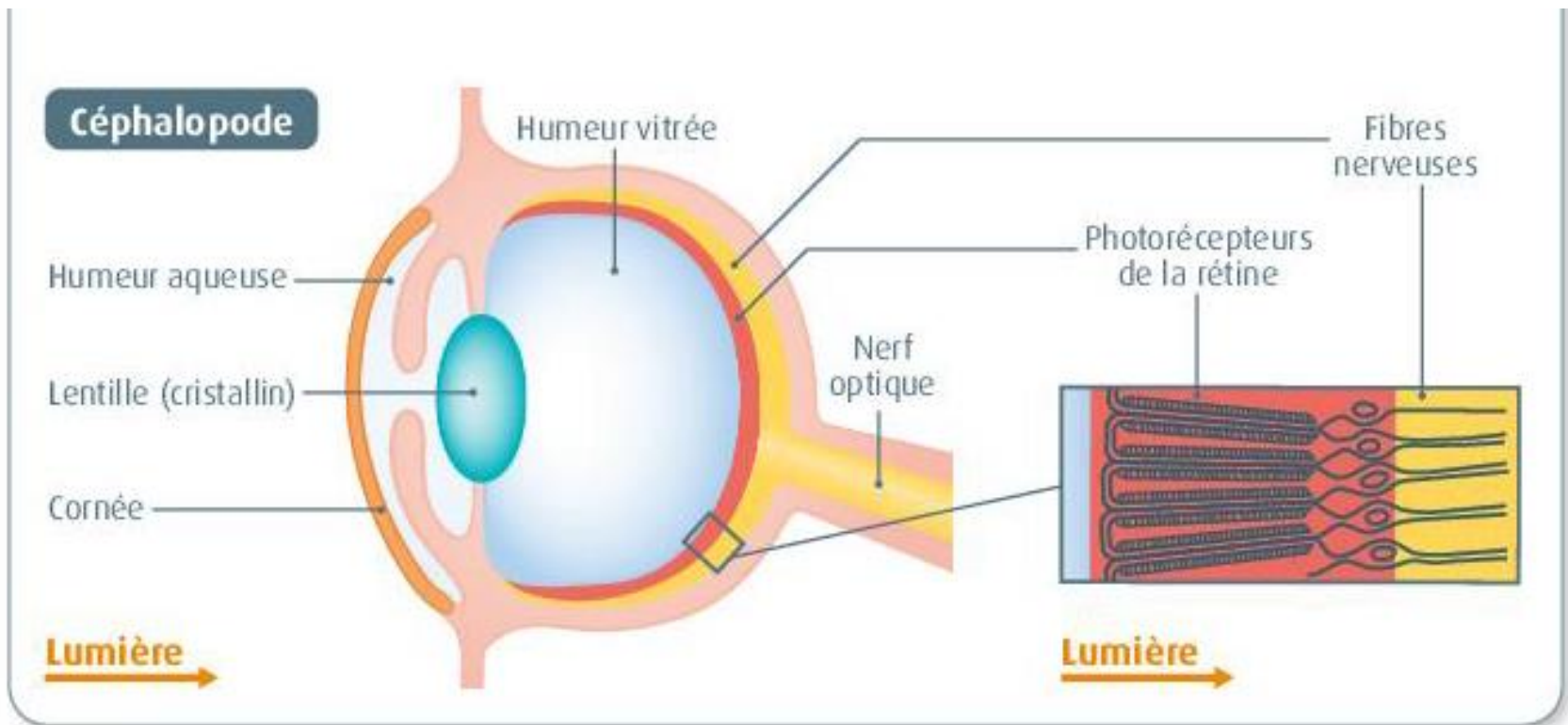
Les yeux des vertébrés:

Doc 4 L'évolution de l'œil dans un milieu obscur



- D'après les archives géologiques, les premiers mammifères connus vivaient il y a 125 Ma. Ils possédaient un œil complexe.
- Le rat taupe (*Spalax ehrenbergi*) est un mammifère actuel d'Afrique du Nord qui vit dans des terriers obscurs. Ses yeux sont **atrophiés**, leurs diamètres oculaires ne dépassent pas 700 μm , soit 0,7 mm. En effet, non adaptés au milieu obscur, les yeux ne confèrent plus d'avantage aux individus.

D'autres yeux:



D'autres yeux:



Nautilus

Il se nourrit essentiellement de crustacés, qu'il capture en profondeur à l'aide de ses tentacules.



Calmar

Les calmars sont des prédateurs agiles. Ils s'attaquent principalement aux poissons, aux crustacés ainsi qu'à d'autres mollusques.



Coquille St Jacques

Mollusque filtreur qui se nourrit de phytoplancton. Il est capable de faire des sauts rapides pour fuir ses prédateurs.



Patelle

Les patelles sont des animaux peu mobiles qui passent l'essentiel de leur temps à brouter les algues qui poussent sur les rochers de l'estran.



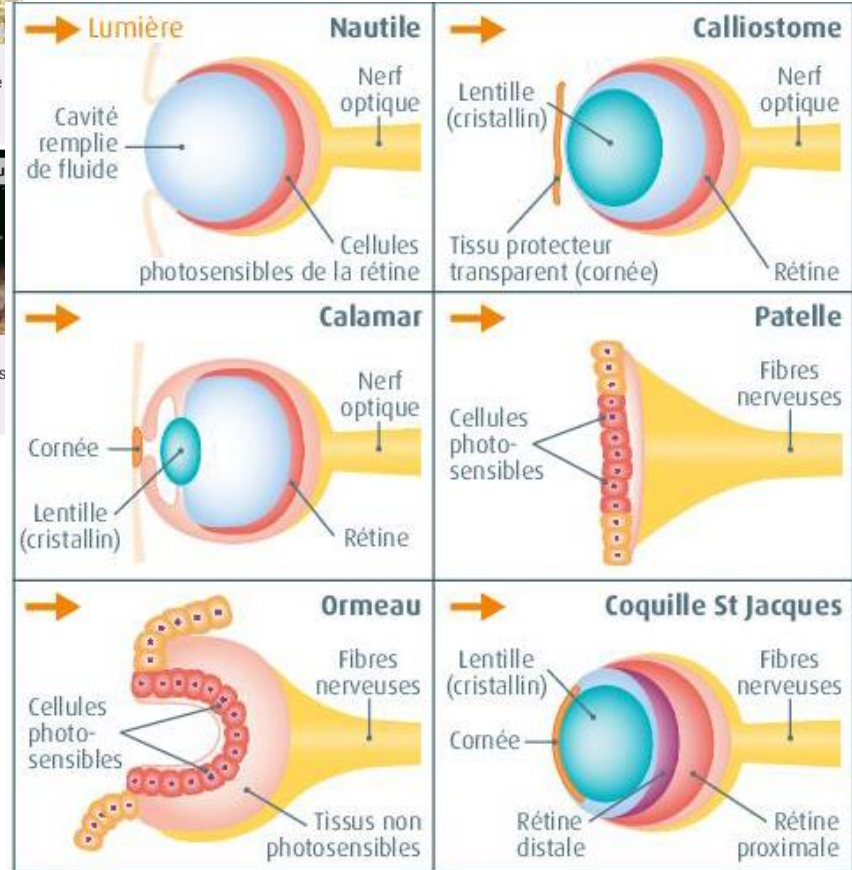
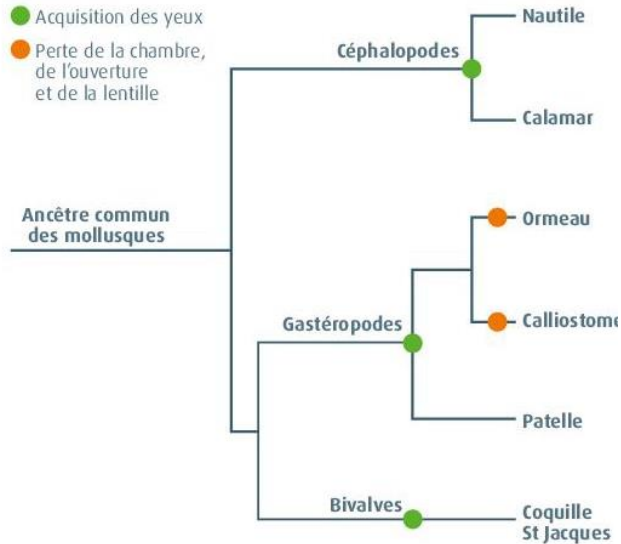
Calliostome

Les calliostomes sont des escargots marins, ils sont principalement herbivores et/ou détritivores.

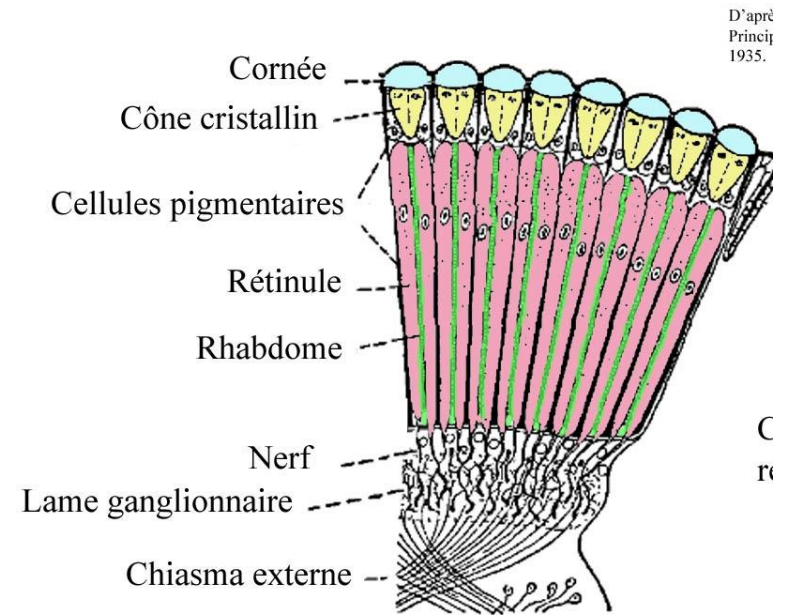


Ormeau

Mollusques marins à coquille unique, qu'on trouve dans les eaux peu profondes du littoral. Ils se nourrissent d'algues qu'ils raclent sur la roche.



D'autres yeux:



Ex de convergence



Courtilière, insecte



Taupe, mammifère

Ex de convergence



lépidoptère, insecte



écureuils volants (Glaucomys volans), mammifère

Video convergence



Exocet atlantique, poisson osseux

Exercice

13 Les yeux de l'anableps

✓ Expliquer l'origine d'une structure anatomique (exemple de l'œil)

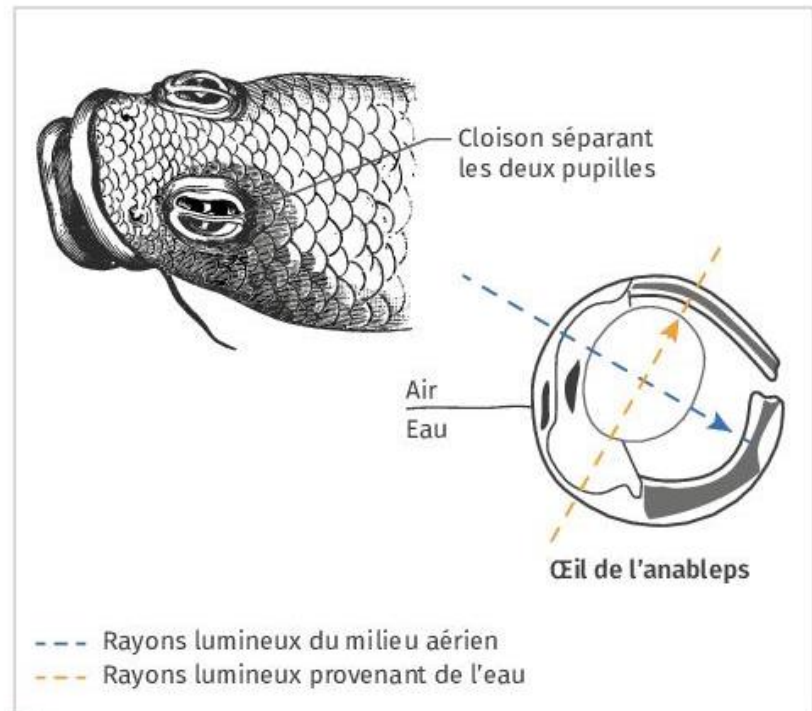
L'anableps, aussi appelé *four-eyed fish* (« poisson à quatre yeux »), vit dans les eaux douces dormantes d'Amérique centrale. Il cherche ses proies à la surface de l'eau, des insectes par exemple. Ses prédateurs se trouvent dans l'eau.



1 **Un anableps à la surface de l'eau, à la recherche d'une proie.**
L'animal reste la plupart du temps dans cette position.

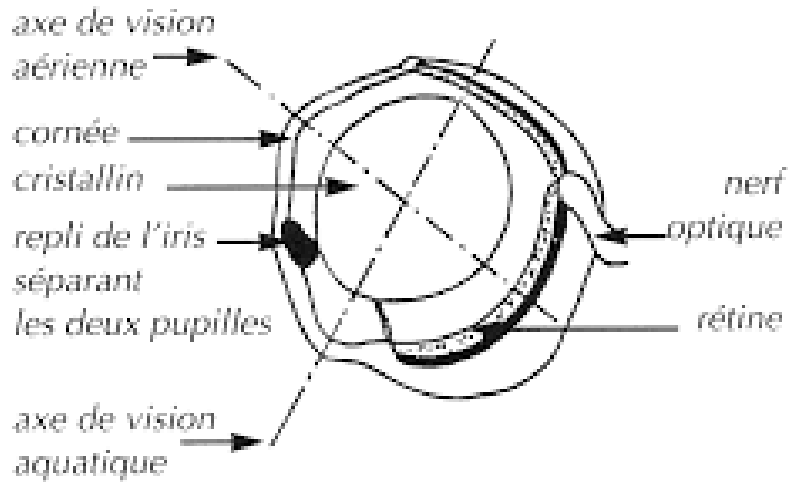
Questions

1. Décrire l'œil de l'anableps : nombre de rétines, nombre de pupilles, nombre de cristallins.
2. Justifier l'appellation « poisson à quatre yeux ».
3. Expliquer le lien possible entre sélection naturelle et anatomie de l'anableps.



2 **Les yeux de l'anableps.** Ses yeux possèdent deux pupilles.

Exercice



3 - Coupe longitudinale d'un oeil d'Anableps

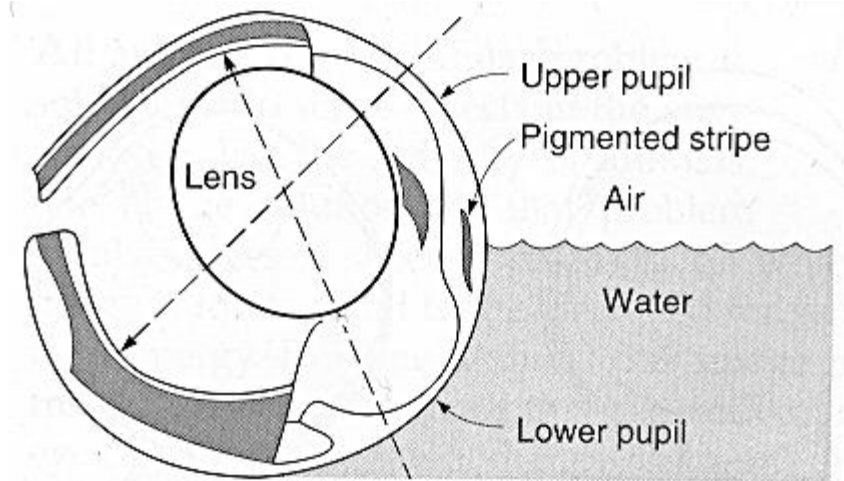


Figure 2.56

Eye of the Anableps. Light from the water passes through the lower pupil and is focused by the powerful elliptical axis of the lens. Light from the air passes through the upper pupil and is focused by the less-powerful flattened axis of the lens (Sivak, 1976).

I. Structures anatomiques et évolution

A. Exemple de l'œil

B . D'autres exemples

II . Pratiques humaines et évolution

A. Médecine et évolution

B. Agriculture et évolution

Les tétons des hommes

DOC

1

Pourquoi les hommes ont-ils des tétons ?



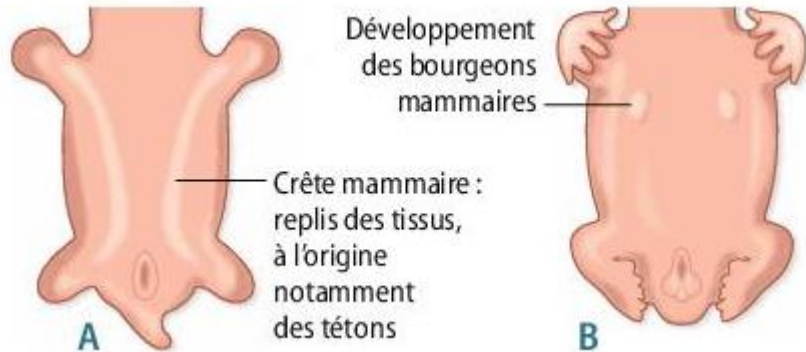
■ Torse de la célèbre statue *David* de Michel-Ange.

Les tétons sont mis en place assez tôt dans le développement embryonnaire à un moment où la différenciation sexuelle n'a pas encore eu lieu. Cette **contrainte évolutive** de construction pourrait expliquer pourquoi, chez de nombreuses espèces, les tétons sont aussi présents chez les mâles alors qu'ils n'allaitent pas.

Notons que cette hypothèse doit toutefois être nuancée :

- les mâles de nombreuses espèces de Mammifères, comme les souris, sont dénués de tétons, ce qui montre qu'il ne s'agit pas d'une contrainte de construction insurmontable ;
- les tétons des hommes pourraient être avantageés par la sélection sexuelle* en constituant un caractère ayant une influence dans le choix du partenaire sexuel des femmes.

Les tétons des hommes



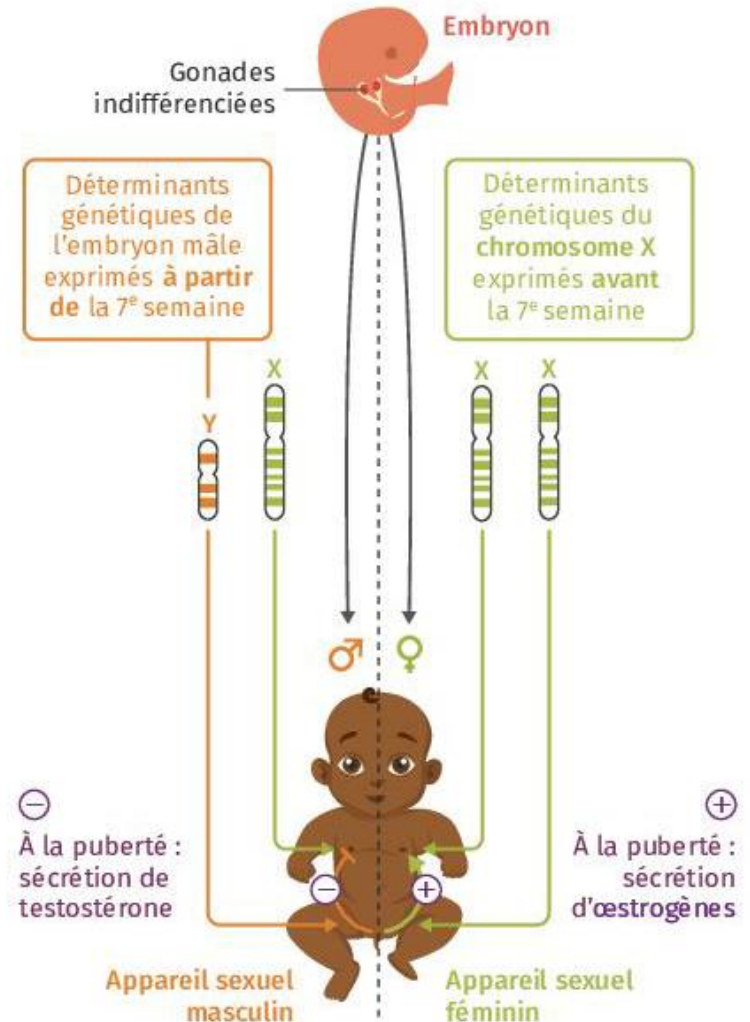
A) Vue ventrale d'un embryon humain à 4 semaines de développement

B) Vue ventrale d'un embryon à 6 semaines de développement

À la naissance, filles et garçons sont pourvus de tétons mis en place vers la 4^e semaine de développement, grâce à des gènes présents sur le chromosome X. À la puberté, l'augmentation dans le sang du taux d'hormones de type œstrogènes permet le développement des seins chez les femmes. Pendant la grossesse, l'hormone prolactine permet la fabrication du lait. Ce schéma général peut varier, notamment dans le cas de l'intersexuation.

Doc. 2

Un développement sous contrôle génétique et hormonal



Le trajet du nerf laryngé

DOC

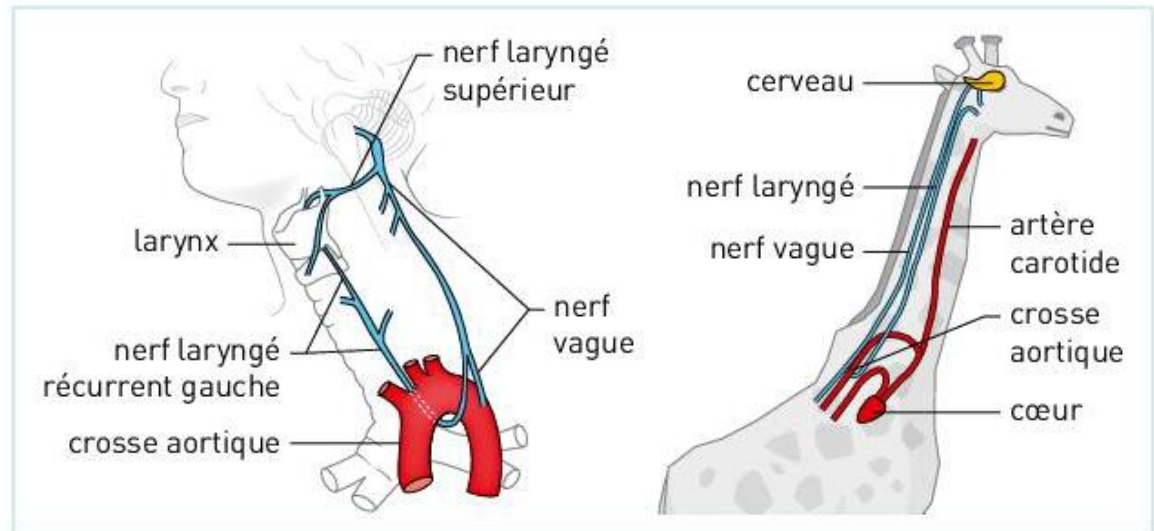
2

Pourquoi le nerf laryngé a-t-il un trajet si étrange ?

Chez tous les Mammifères, le nerf laryngé part du cerveau et innerve le larynx*. Au lieu de suivre un trajet direct, ce nerf fait un détour en passant sous la crosse aortique.

Chez les girafes, par exemple, il s'agit d'un détour de plus de 4 m ! Cette étrangeté est la conséquence d'une contrainte évolutive historique. Le nerf laryngé est apparu chez un Vertébré ancestral dénué de cou chez qui le trajet le plus direct consistait alors à passer sous la crosse aortique. Lorsque le cou est apparu, éloignant le cœur du cerveau, il était impossible de modifier évolutivement ce trajet. Le nerf laryngé s'est alors allongé.

L'évolution agit à l'image d'un bricoleur qui doit toujours « faire avec ce qu'il a ». En conséquence, les organismes vivants portent des traces de leur histoire évolutive.

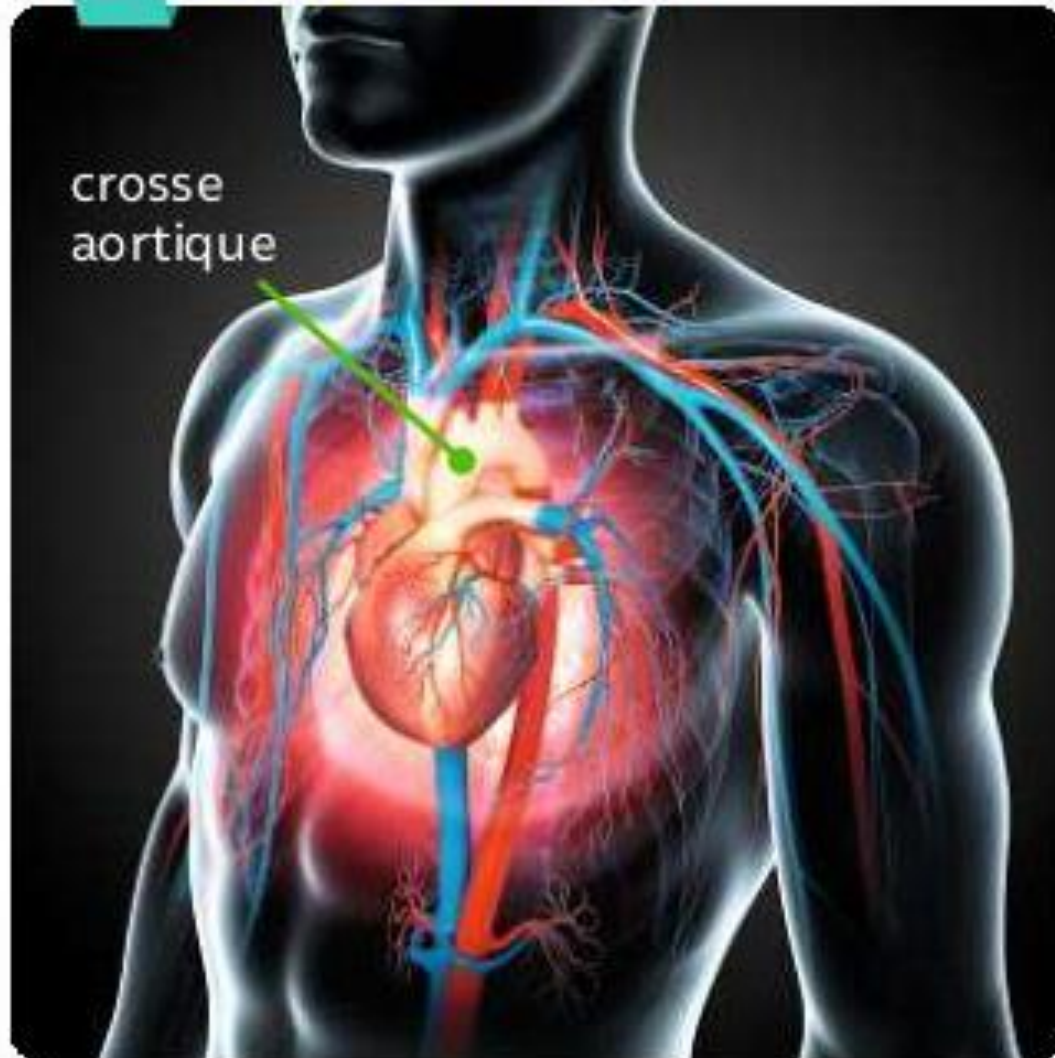


■ Trajet du nerf laryngé autour de la crosse aortique chez l'humain et chez la girafe.

Un autre exemple : la crosse aortique

5

Le cœur humain

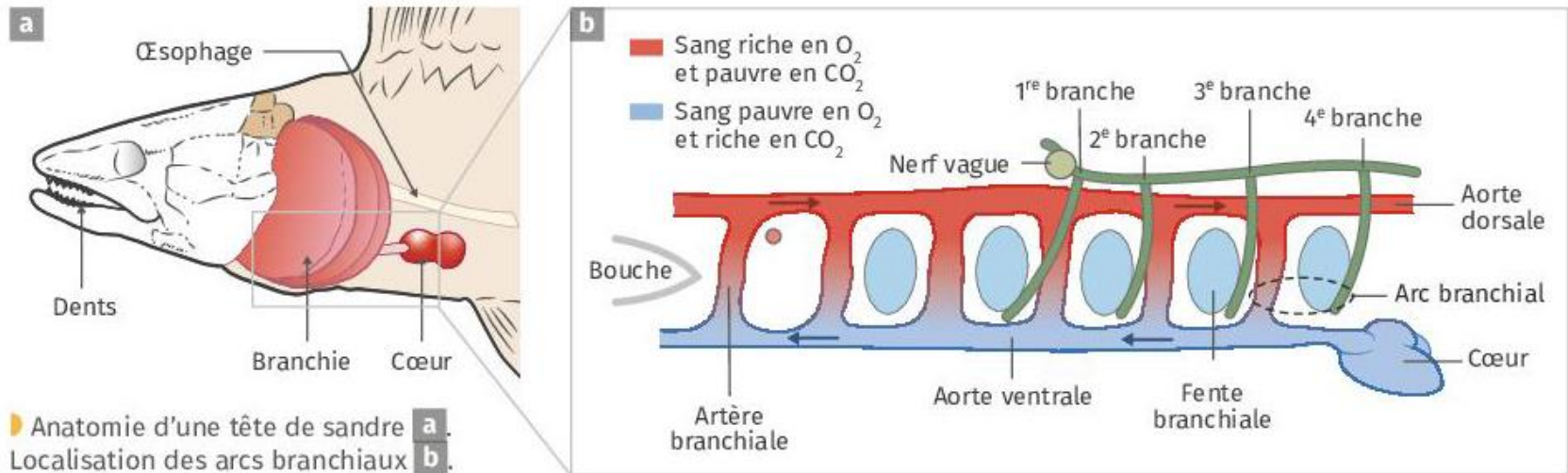


Un autre exemple : la crose aortique

Doc. 9 Organisation des arcs branchiaux chez le sandre

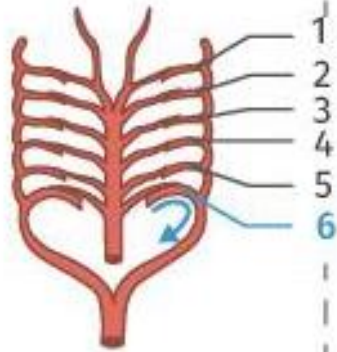
Le sandre est un vertébré d'eau douce. Il respire grâce à des branchies portées par les arcs branchiaux squelettiques. La présence d'arcs branchiaux est un **caractère ancestral** des vertébrés. Chez le sandre, l'arc branchial est constitué d'un arc squelettique osseux, d'une artère et d'un nerf. L'artère irrigue la branchie, permettant les échanges respiratoires.

Source : *Evolution*, M. Ridley, 3^e édition Wiley-Blackwell.



Un autre exemple : la crosse aortique

Requin



Humain



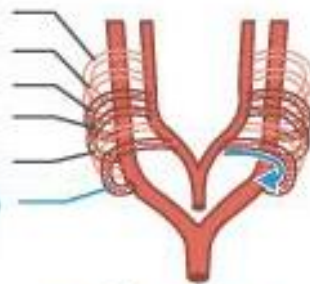
29 jours



49 jours



56 jours



→ Courbure



Conduit artériel

Aorte

Crosse aortique

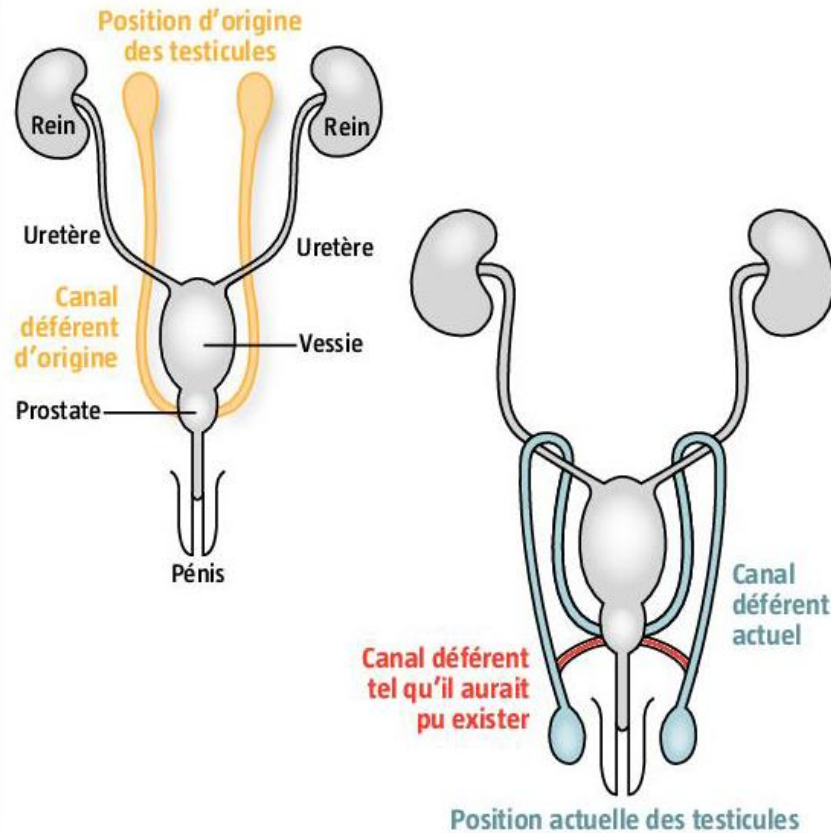


Source : Introduction à l'évolution, C. Zimmer, De Boeck.

Animation sur le développement embryonnaire des arcs aortiques:
<http://www.embryology.ch/francais/pcardio/arterien01.html>

Un autre exemple : le trajet des canaux déférents

Doc 3 La longueur des canaux déférents, une **contrainte évolutive** liée à l'histoire



- Chez les ancêtres des mammifères et des autres groupes de vertébrés, les testicules sont situés à l'intérieur de l'abdomen. Le déplacement des testicules à l'extérieur de la cavité abdominale chez de nombreux mammifères leur permet d'augmenter le stockage de spermatozoïdes.
- Lors de l'éjaculation, les gamètes circulent dans le canal déférent qui relie les testicules à la prostate. Le déplacement des testicules à l'extérieur du corps rallonge d'une quarantaine de centimètres le trajet de ce canal qui remonte derrière les uretères pour ensuite redescendre vers la prostate.
- L'absence d'une connexion avec un parcours optimal entre les testicules et la prostate chez l'être humain peut donc s'expliquer par l'histoire évolutive de leur appareil reproducteur. Sur le schéma, le canal représenté en rouge montre une trajectoire hypothétique qui aurait été plus fonctionnelle pour relier ces deux organes.

Les dents de sagesse

DOC

3

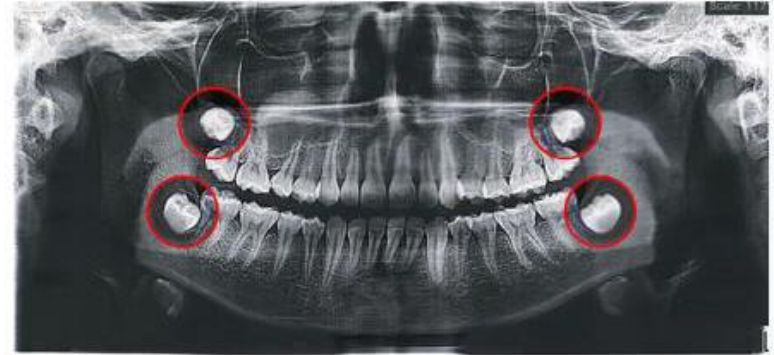
Pourquoi les dents de sagesse deviennent-elles moins répandues ?

Nos troisièmes molaires sont plus couramment appelées dents de sagesse. Comme pour les autres dents, nous en avons, ou devrions en avoir, quatre. Cependant, 20 à 25 % des individus naissent avec au moins une dent de sagesse manquante. De plus, dans les pays développés, ces troisièmes molaires sont très souvent enlevées pour éviter douleurs et complications médicales.

Au cours de notre histoire évolutive récente, la taille de notre mâchoire a diminué, d'où un manque d'espace pour les troisièmes molaires et l'apparition de troubles de la santé bucco-dentaire. Les individus n'ayant pas toutes leurs dents de sagesse présentent ainsi un avantage.

L'évolution de notre denture* est en cours, mais la disparition complète des dents de sagesse sera très lente puisque le désavantage qu'elles provoquent disparaît grâce aux soins dentaires.

L'évolution par sélection naturelle a besoin de temps pour accumuler des mutations. Elle n'est pas instantanée ! Ce qui était adapté à un moment donné peut devenir mal-adapté à un autre moment ; on parle d'**anachronisme évolutif**. On peut alors assister à une **régression** de ces mal-adaptations.

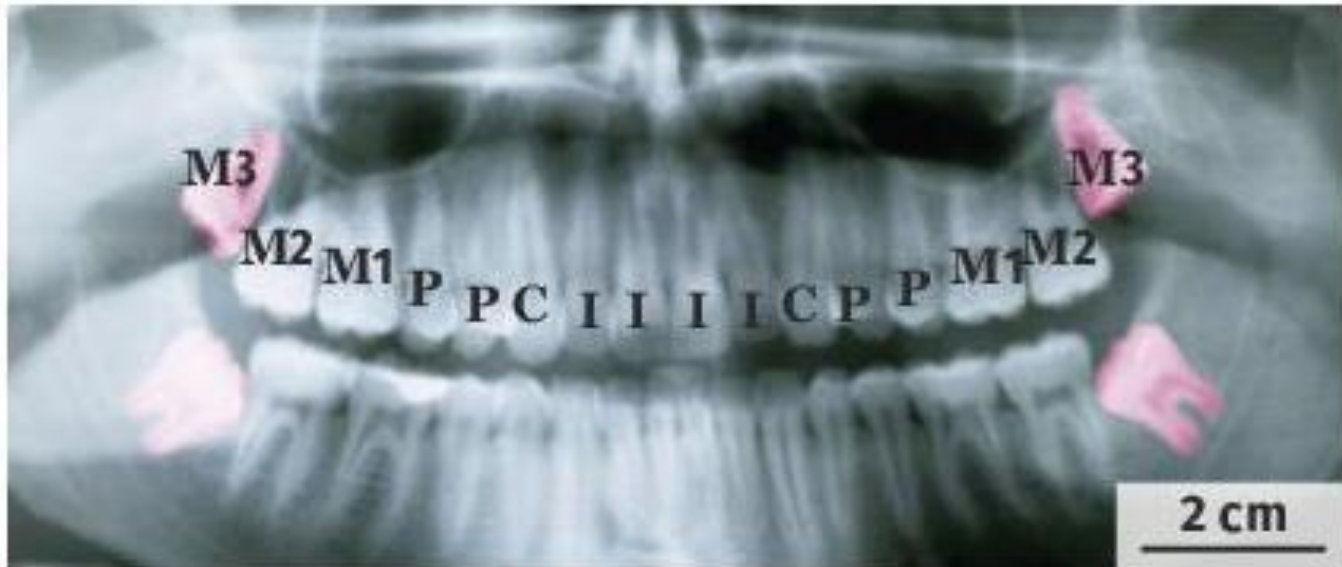


■ Radiographie dentaire. (Les dents de sagesse sont entourées en rouge).

Les dents de sagesse

Radiographie des dents chez l'être humain adulte, vue de face

Doc. 4

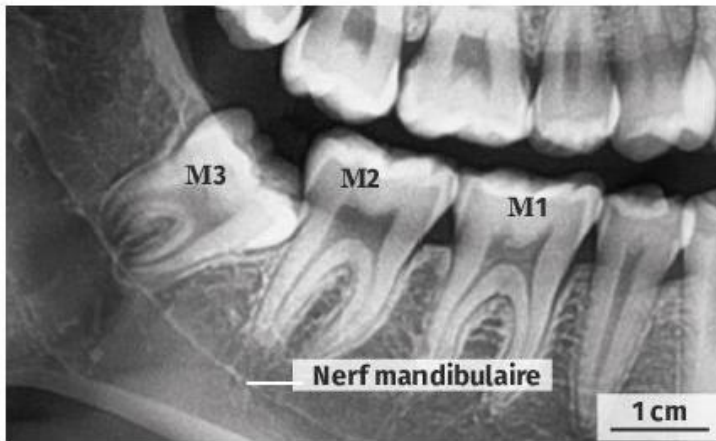


Le nombre de dents peut varier selon les individus, mais le modèle chez l'adulte est pour chaque demi-mâchoire : 3 molaires (numérotées M_1 , M_2 , M_3), 2 prémolaires (P), 1 canine (C), 2 incisives (I). Les dents de sagesse correspondent à la molaire M_3 (en rose ici, fausses couleurs).

Les dents de sagesse

Doc. 6

Radiographie d'un patient
avant l'extraction de la molaire M_3



Doc. 8

Quelques statistiques sur les dents

Personnes présentant un mauvais positionnement des dents de sagesse lors de leur croissance	50 %
Proportion de la population actuelle dont au moins une dent (hors M_3) ne pousse pas	1 à 6 %
Proportion de la population actuelle dont au moins une dent de sagesse ne pousse pas	20 à 30 %
Diminution de la taille des dents entre les humains actuels (<i>H. sapiens</i>) et l'homme de Dmanisi (<i>H. georgicus</i>), dont les fossiles sont datés de 1,8 Ma	15 %

Les dents de sagesse

Doc. 7

Évolution des dents de sagesse

Pour Charles Darwin, la dent de sagesse tend à disparaître : il évoque « la faiblesse de cette dent, qui naît la dernière [...] et fait souvent défaut ». Il est cependant difficile de tirer des conclusions à partir des statistiques sur les dents de sagesse ou des quelques fossiles disponibles. Il n'est pour l'instant pas possible d'affirmer que l'absence de formation de dents de sagesse corresponde à une évolution de l'être humain. Si ces absences semblent plus nombreuses, c'est parce qu'elles sont mieux diagnostiquées. Ainsi il peut s'agir d'incidents liés à la diversité humaine. Celui-ci aura sans doute encore longtemps une formule dentaire à 32 dents. Comme les dents de sagesse ne sont plus indispensables, les mutations qui touchent des gènes impliqués dans leur formation n'affectent pas le succès reproducteur des individus. Il est donc possible que les fréquences des allèles impliqués évoluent au hasard.

Les difficultés de l'accouchement

DOC

4

Pourquoi la naissance du bébé est-elle si difficile ?

Chez l'espèce humaine, l'accouchement (a) est plus long et plus difficile que chez les autres Primates* (b). De nos jours, les accouchements compliqués entraînent encore, chez certaines populations humaines, des taux de mortalité maternelle et néonatale élevés.

Au cours de notre 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. La largeur du bassin est donc la résultante intermédiaire de ces deux pressions de sélection.

Certains caractères des êtres vivants résultent donc de **compromis sélectifs** issus de pressions de sélection antagonistes.

(b) Relation entre la taille de l'entrée du bassin maternel (contour) et la taille de la tête du bébé (forme pleine) chez les humains et les Chimpanzés. ➤

ANIMATION BONUS

L'accouchement

bordas
Flash
PAGE

animation

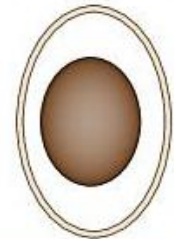


(a) Position du bébé juste avant l'accouchement.

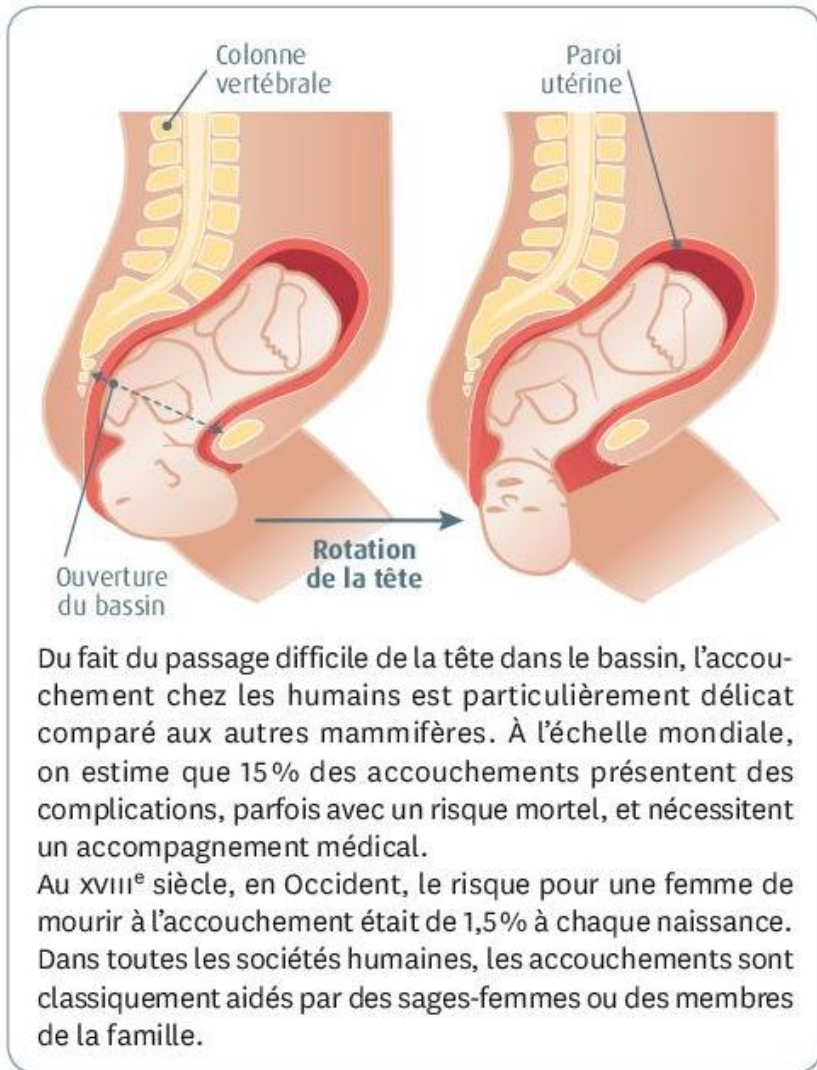
femme



femelle
chimpanzé



Les difficultés de l'accouchement



Animation : la rotation de la tête du bébé lors de l'accouchement
<https://www.youtube.com/watch?v=XJARThwJTXA>

Les difficultés de l'accouchement

Bassins vus de face



Chimpanzé
commun



98 mm

*Homo
sapiens*



122 mm

Bassin
vu du dessus



71 mm



124 mm

Taille du crâne du nouveau-né

L'augmentation du volume crânien des nouveau-nés s'est accompagnée d'un élargissement de l'ouverture du bassin chez *Homo sapiens* au cours de l'évolution. Cependant, les exigences de la marche debout entraînent des contraintes fortes sur la dimension du bassin. Ce compromis difficile entre un bassin plus étroit pour la bipédie et un bassin élargi pour l'accouchement a été baptisé le **dilemme obstétrical**. Ce concept est encore très discuté entre les chercheurs aujourd'hui.

DOC 4 Le dilemme obstétrical.

Les difficultés de l'accouchement

Engagement de la tête du nouveau-né dans le bassin

Progression intermédiaire

Sortie de la tête

Chimpanzé ▶



Genre *Homo* ▶

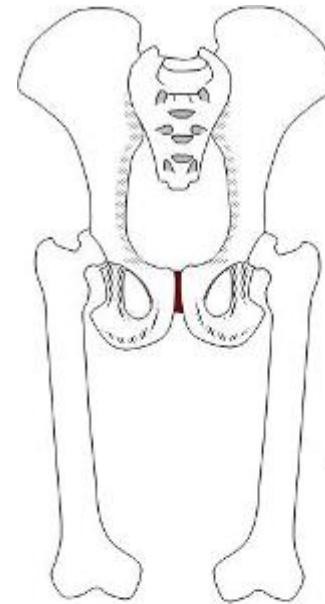
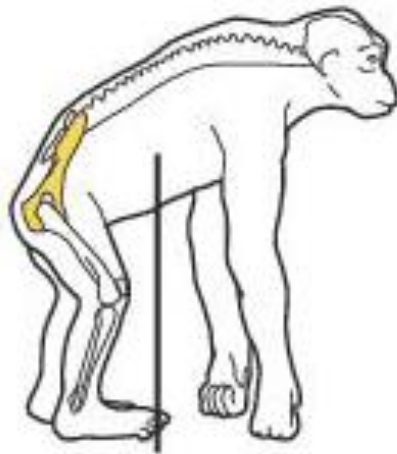


Positions successives de la tête du nouveau-né lors de sa descente dans le bassin à l'accouchement chez le Chimpanzé, l'Australopithèque et l'Humain moderne.

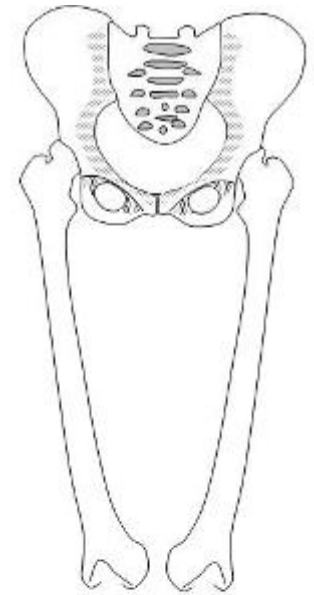
Les difficultés de l'accouchement

a

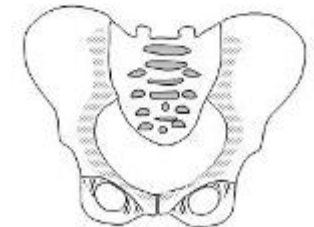
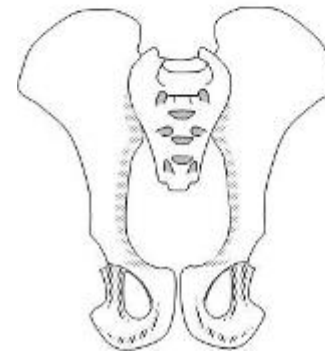
Échelle
non respectée



Chimpanzé



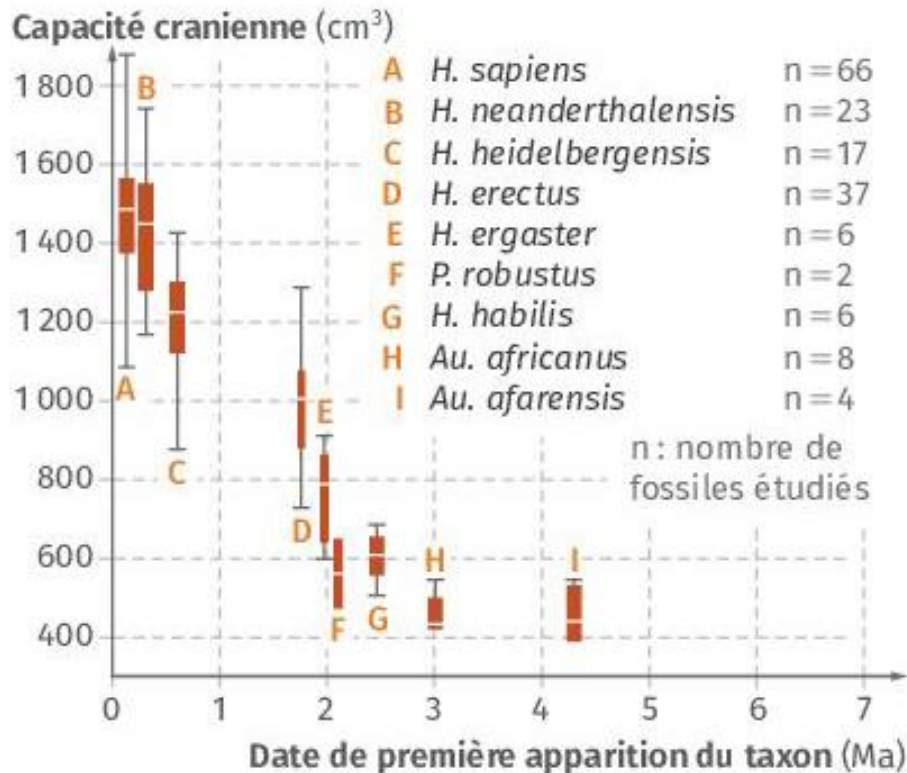
Homme



Les difficultés de l'accouchement

Doc. 12

Capacité crânienne humaine et de différentes espèces fossiles d'hominidés



Source : Planet-terre, ENS de Lyon.

Comme le montre le cas de l'œil humain, adaptation ne signifie pas perfection. Certains facteurs peuvent constituer des barrières à l'évolution.

Ainsi des mal-adaptations peuvent être dues :

- à des **contraintes évolutives** historiques. L'évolution procédant par petites étapes successives, chaque étape est sélectionnée selon les avantages qu'elle procure immédiatement et non par rapport à un potentiel avantage ou désavantage qu'elle pourrait procurer plus tard. Ainsi, la sélection naturelle engage l'organisation des organismes dans des voies évolutives.

Exemples : Le trajet réalisé par le nerf laryngé, la rétine inversée des yeux des Mammifères...

- à des **contraintes évolutives** de construction : certains caractères établis lors du développement embryonnaire sont conservés même s'ils ne remplissent pas de fonctions précises tant qu'ils ne confèrent aucun désavantage à l'organisme qui les porte.

Exemple : Les tétons apparaissent très tôt lors du développement embryonnaire de l'être humain et sont conservés toute la vie, même si l'individu est masculin.

- à des **anachronismes évolutifs** : la sélection naturelle est un processus qui dépend de l'environnement. Un caractère peut devenir inadapté suite à une modification de l'environnement, ce qui peut entraîner sa régression (exemple des dents de sagesse).

I. Structures anatomiques et évolution

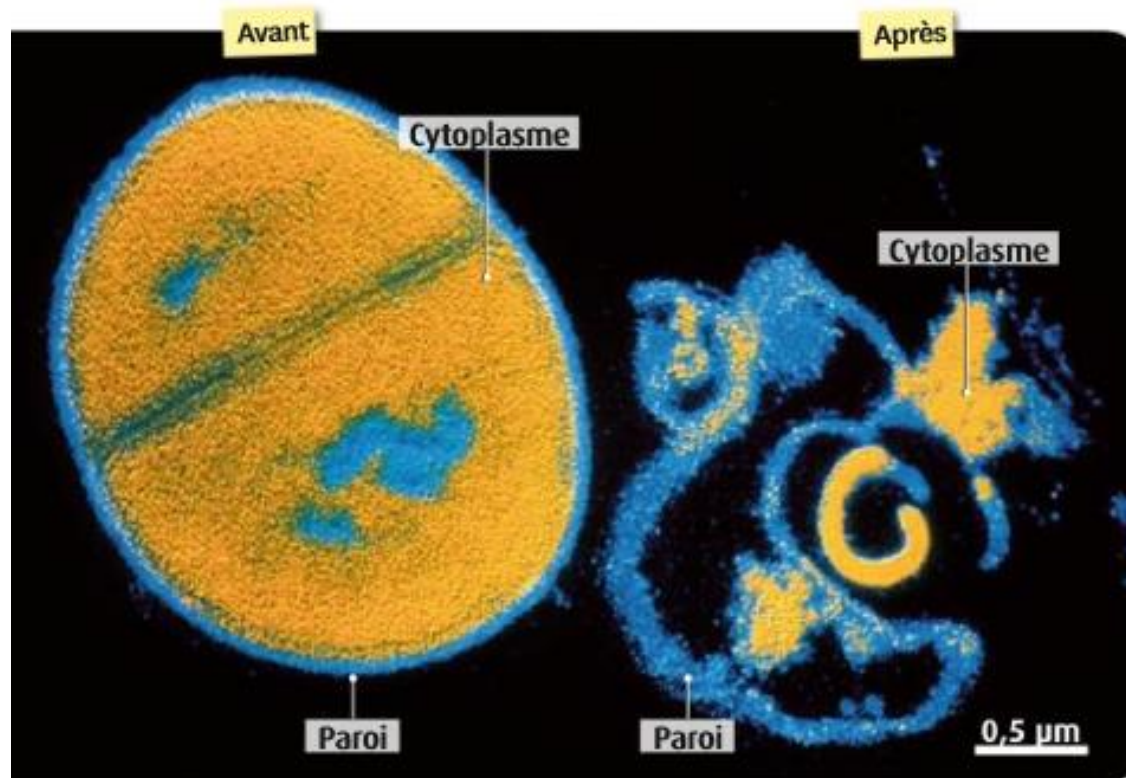
A. Exemple de l'œil

B . D'autres exemples

II . Pratiques humaines et évolution

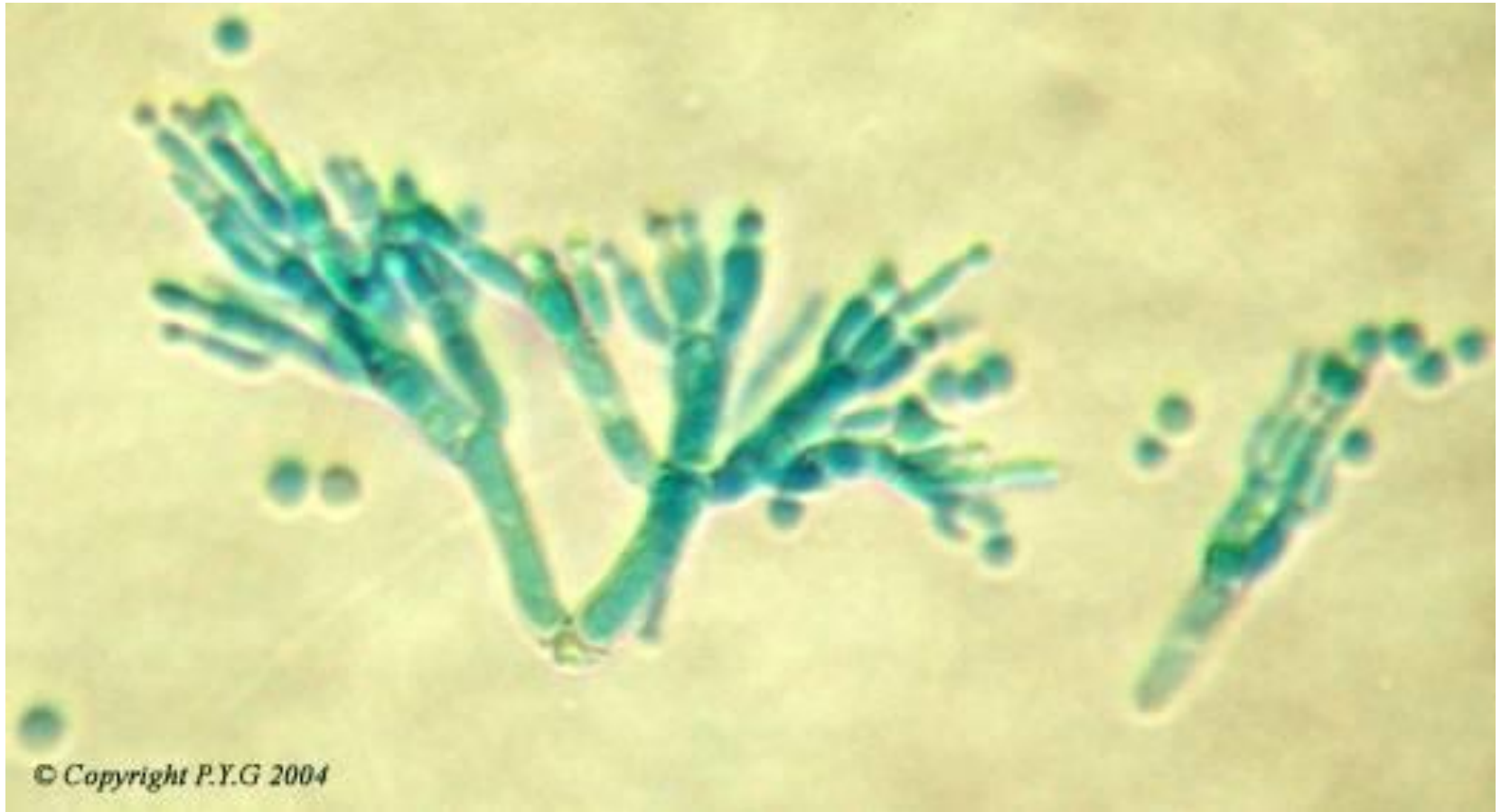
Médecine et évolution

Qu'est-ce qu'un antibiotique ?



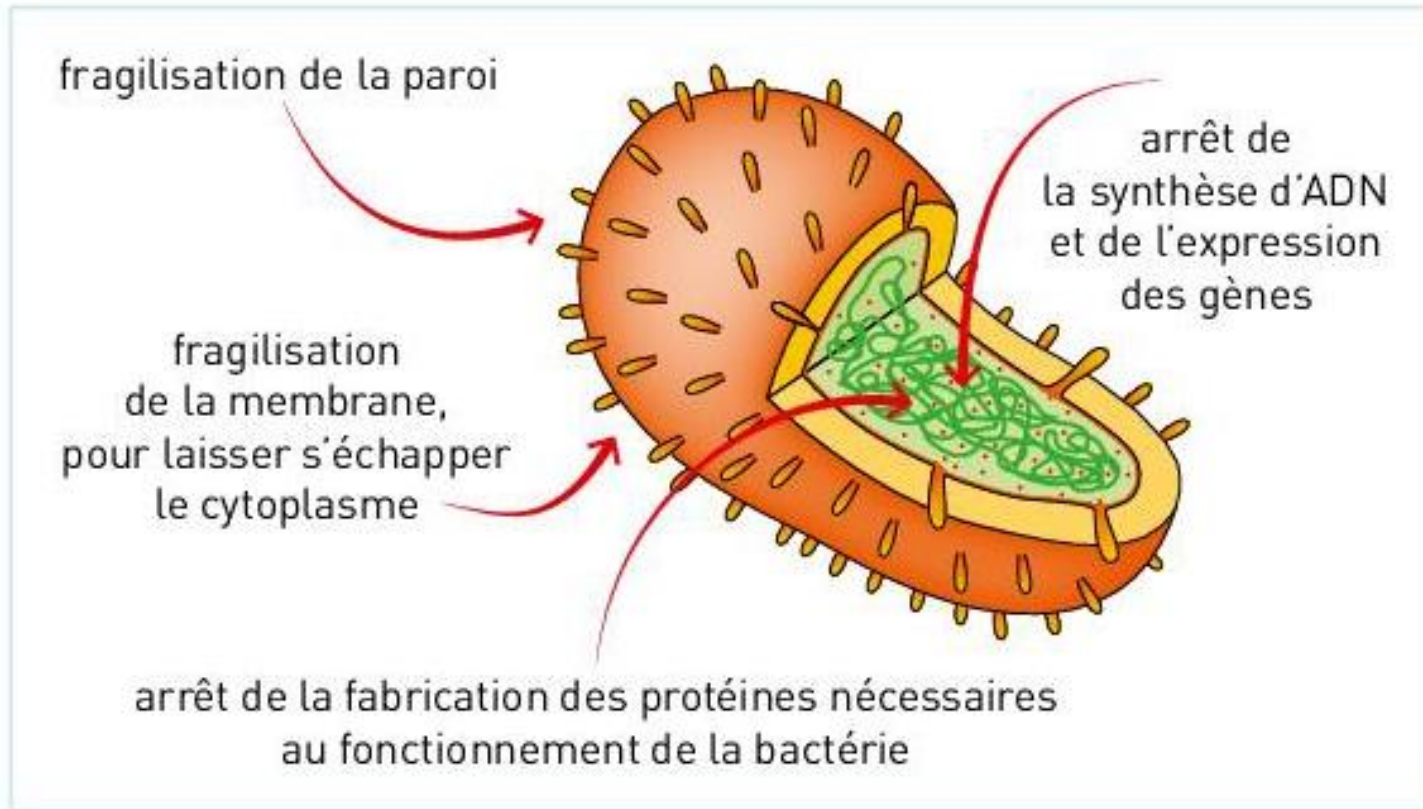
1 Une bactérie avant et après traitement à la pénicilline. Une bactérie est un organisme unicellulaire présentant un cytoplasme dans lequel règne une forte pression. Sa membrane est doublée d'une paroi rigide qui permet ainsi à la bactérie de ne pas éclater. Les pénicillines sont des antibiotiques de type « β -lactamines» qui empêchent la formation de la paroi bactérienne. Ce sont les antibiotiques les plus utilisés en France (exemples de pénicillines : amoxicilline, pénicilline G...).

Les antibiotiques, des molécules naturelles



Penicillium roqueforti

Différents mécanismes de résistance aux antibiotiques

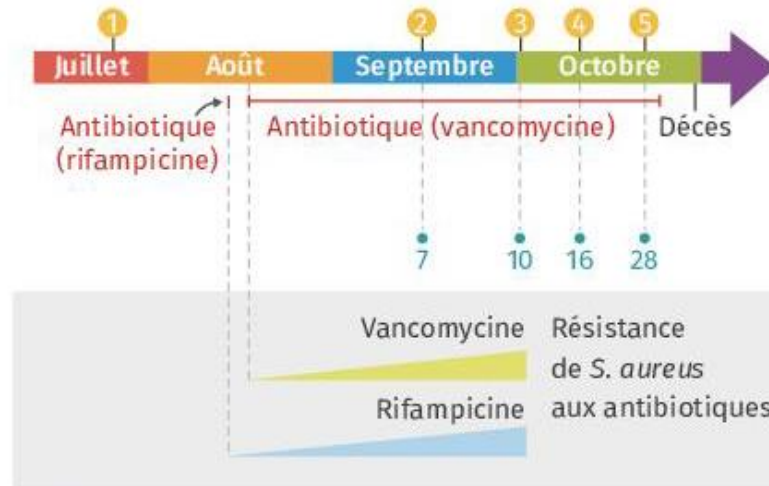


a Chaque antibiotique cible différemment un élément vital du fonctionnement de la cellule bactérienne.

Problèmes de résistance aux antibiotiques

Doc. 3

Infection au staphylocoque doré
(*S. aureus*) chez un patient

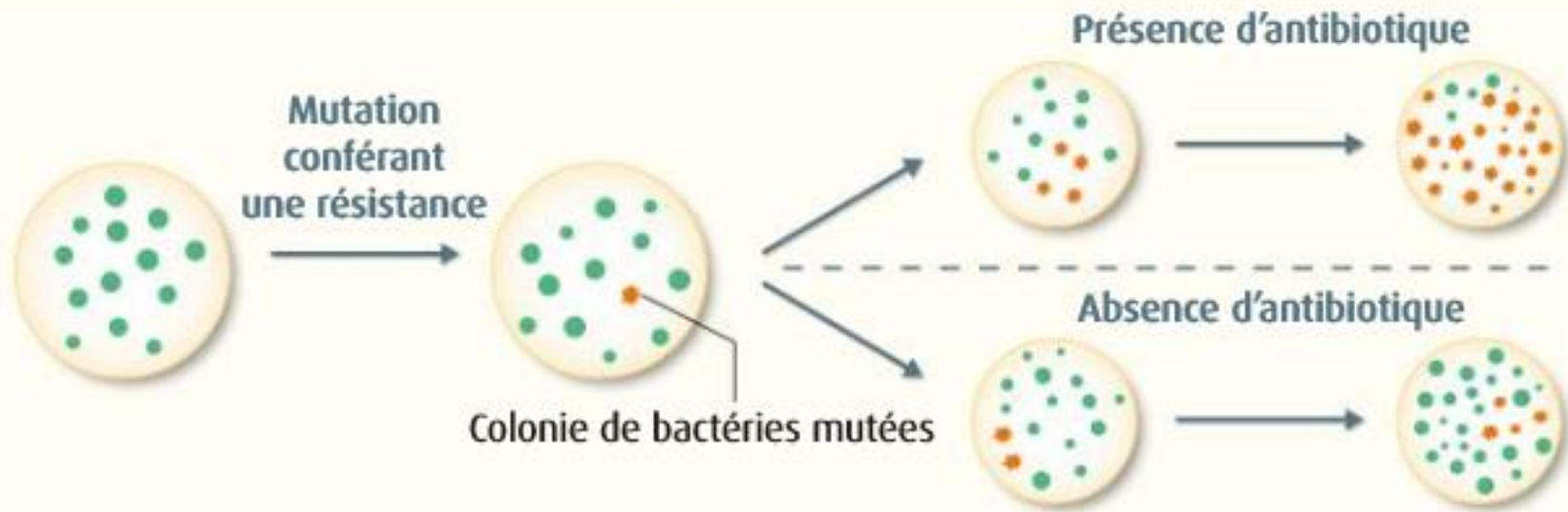


- ① Prises de sang
- Traitement médical
- Nombre de mutations repérées chez *S. aureus*

Source : *Introduction à l'évolution*, C. Zimmer, De Boeck.

Un patient est admis à l'hôpital suite à une infection par *S. aureus*, les médecins lui prescrivent un traitement antibiotique. Des prises de sang régulières sont effectuées puis des analyses sont réalisées sur les bactéries *S. aureus* prélevées pour estimer le nombre de mutations par rapport à la souche initiale et tester la sensibilité aux antibiotiques par antibiogramme.

La sélection des bactéries résistantes : vidéo

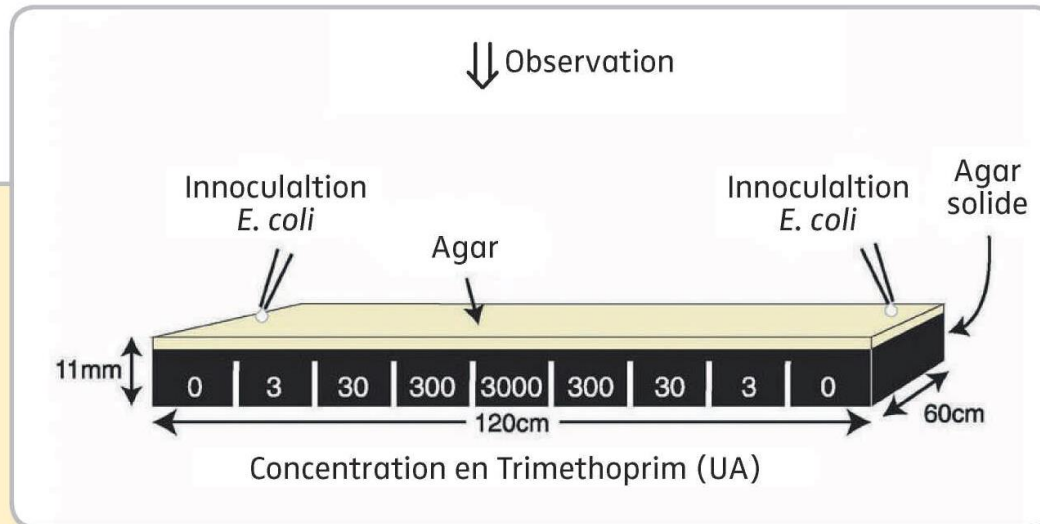


7

Effet d'un antibiotique sur des bactéries porteuses d'un gène conférant la résistance à un antibiotique.

Les bactéries porteuses de ce gène se multiplient moins vite que les autres en l'absence d'antibiotique. En présence d'antibiotiques, la plupart des bactéries meurent, sauf les plus résistantes.

La sélection des bactéries résistantes : vidéo

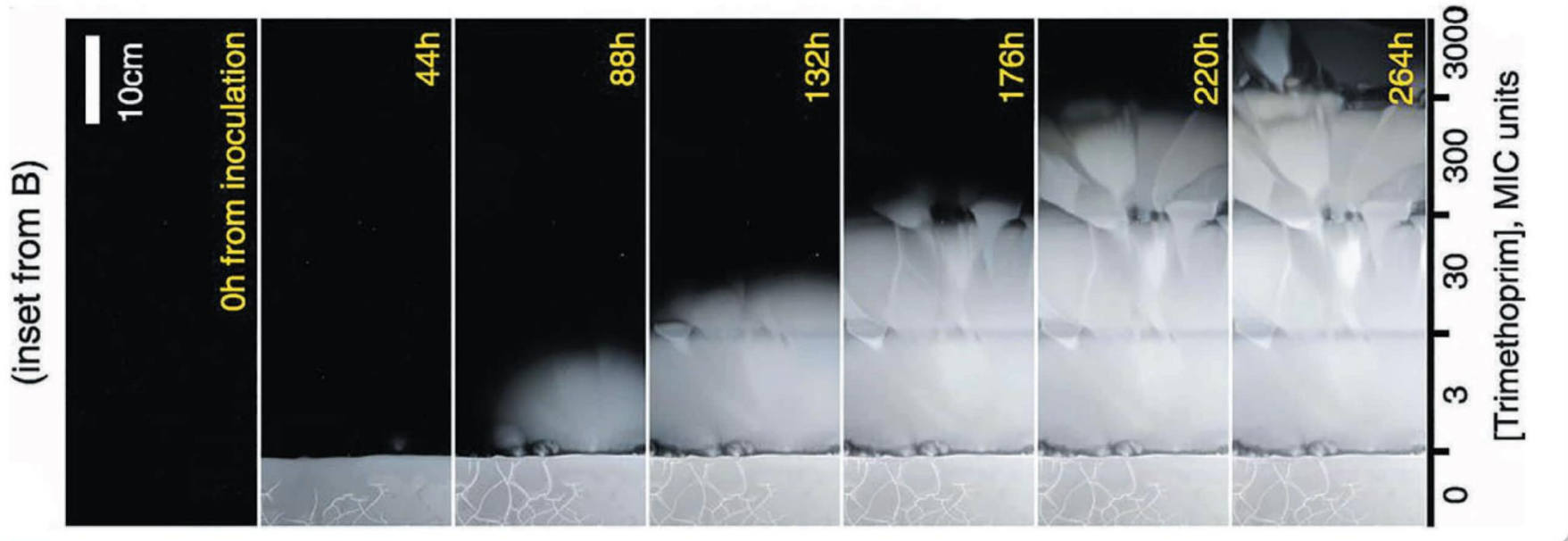


Les scientifiques ont cultivé une souche d'*Escherichia coli* sensible à un antibiotique, le triméthoprime, sur une boîte de Petri géante remplie avec de la gélose noire. Dans ce milieu, on retrouve des éléments nutritifs permettant aux bactéries de se multiplier et de former un tapis blanc en surface. Il contient aussi une concentration croissante de ce même antibiotique.

Au bout de 11 jours, on observe les résultats et on identifie les différentes mutations (présence d'un rond) qui aboutissent à la formation de nouvelles souches de bactéries résistantes.

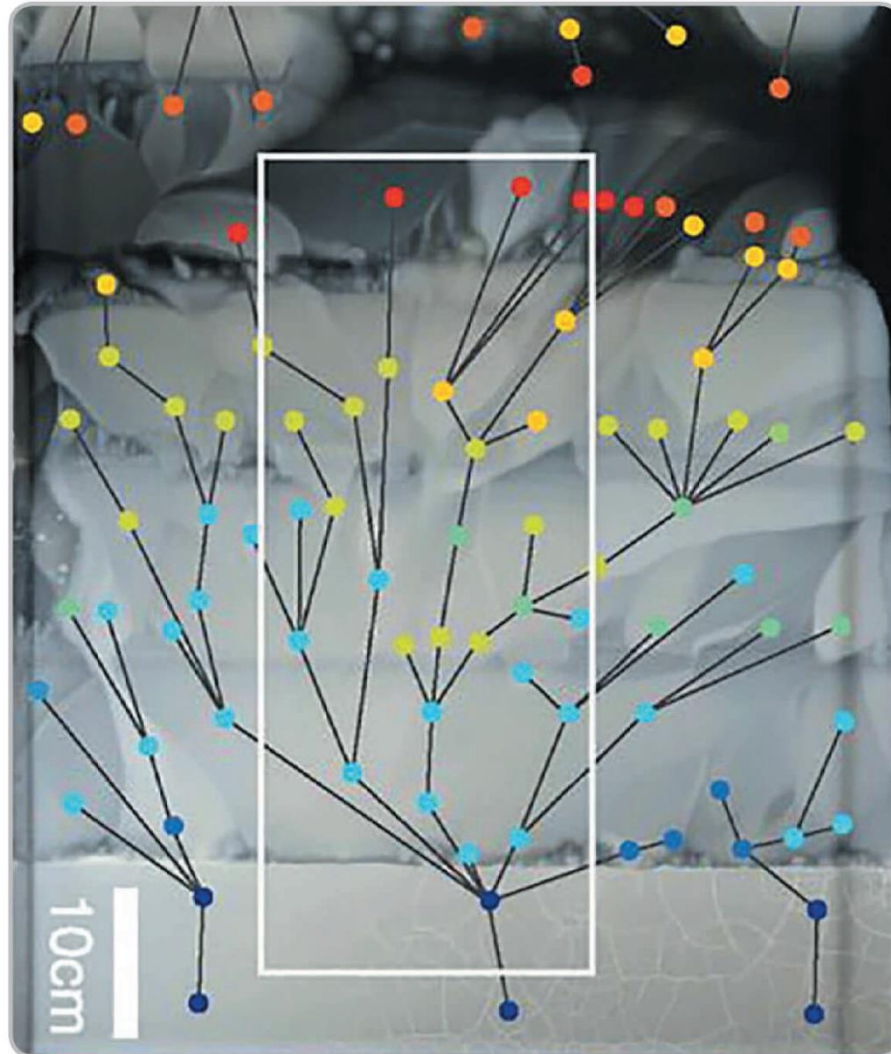
b Principe de l'expérience.

La sélection des bactéries résistantes : vidéo



a Résultats de l'expérience de croissance d'une souche d'*Escherichia coli* sensible à l'antibiotique trimethoprim.

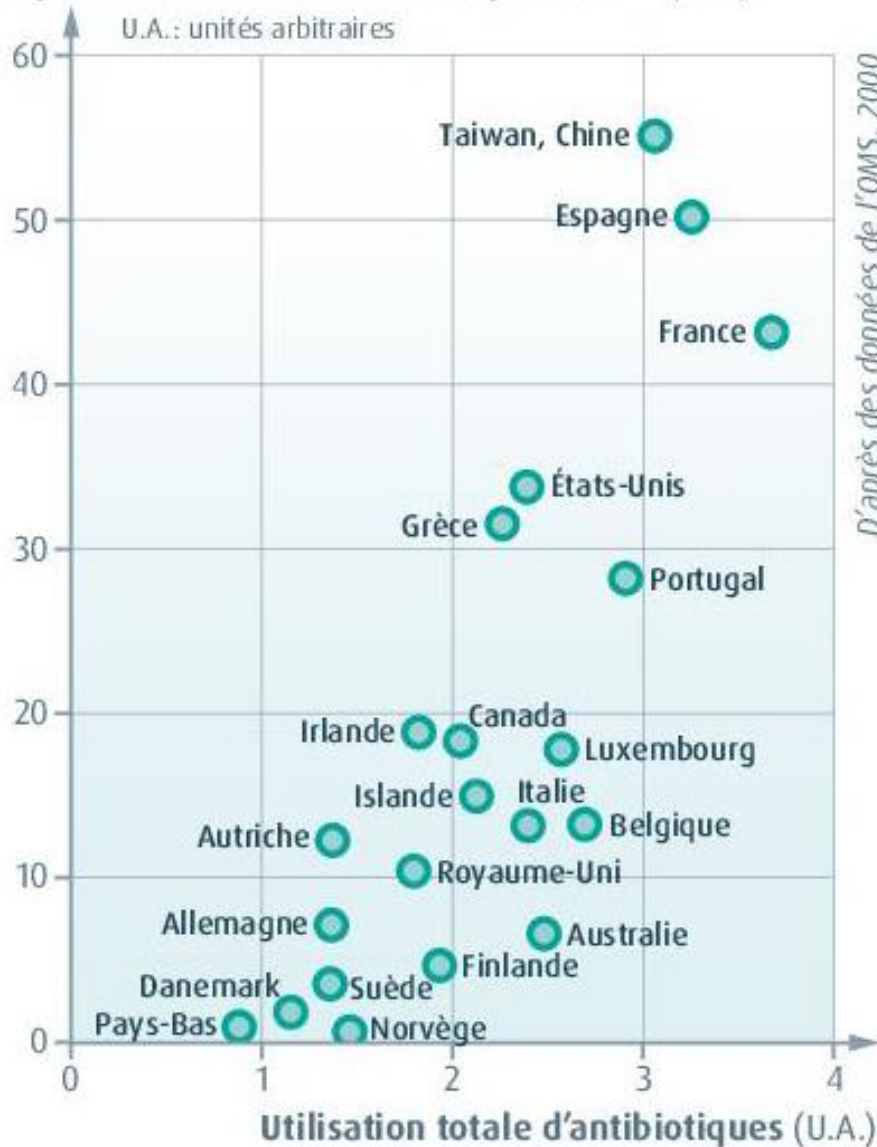
La sélection des bactéries résistantes : vidéo



c Identification des mutations survenues chez les bactéries au cours des divisions cellulaires à l'origine de l'acquisition de l'antibiorésistance.

Usage abusif d'antibiotiques et résistances

S.pneumoniae résistants à la pénicilline (U.A.)



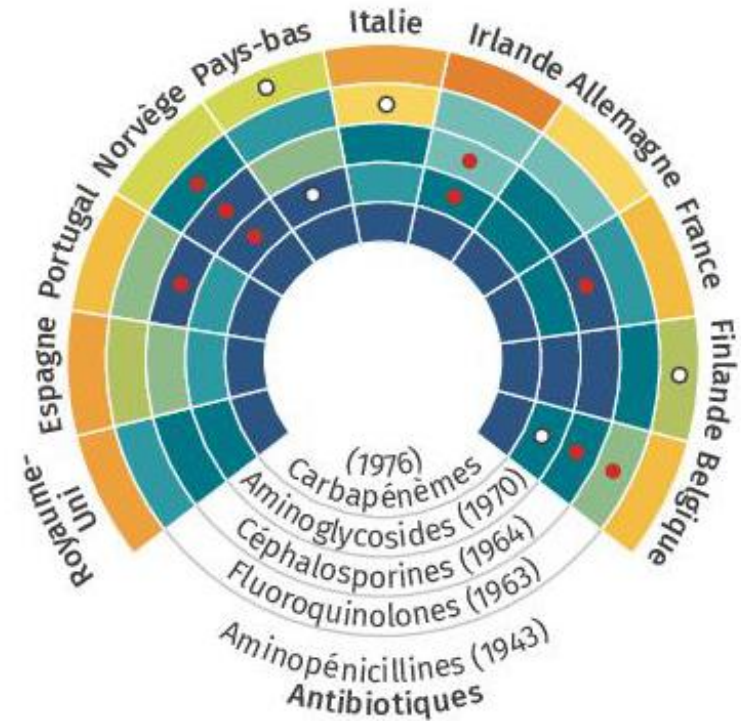
DOC 3 **Corrélation entre quantité de pénicilline et résistance bactérienne.** Une bactérie est dite résistante aux antibiotiques lorsque la dose d'antibiotique utilisée habituellement n'est pas suffisante pour éliminer la bactérie de l'organisme. Plusieurs types de mutations peuvent permettre à la bactérie de détruire ou d'expulser la molécule d'antibiotique.

Usage abusif d'antibiotiques et résistances

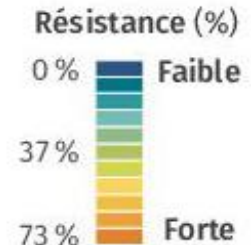
État des lieux des multirésistances d'une bactérie : *Escherichia coli*

Doc. 6

L'utilisation des antibiotiques ne cesse d'augmenter, que ce soit en santé humaine, dans les élevages pour prévenir les maladies ou dans l'industrie alimentaire, etc. La demande des patients est forte partout dans le monde et les prescriptions médicales ne sont pas toujours appropriées. La France est un des pays où l'utilisation des antibiotiques est la plus élevée au monde.



- Résistance observée en diminution
- Résistance observée en augmentation



Source : *Pour la science* n° 469, 2016.

► Pourcentages de résistance à cinq familles d'antibiotiques. L'année de mise sur le marché est précisée entre parenthèses.

Prescription excessive d'antibiotiques et résistances

Traitements
curatifs

Traitements
préventifs



Médecine
vétérinaire

Pesticides

Pisciculture

Stimulateurs de
croissance

Adapter les stratégies phylactiques

Rhinopharyngites, angines, bronchites :
aider son corps
à se défendre, ça s'apprend



RHINOPHARYNGITES, ANGINES, BRONCHITES

**LES ANTIBIOTIQUES
C'EST PAS AUTOMATIQUE**

**LES ANTIBIOTIQUES SONT INEFFICACES
CONTRE LE VIRUS DU RHUME.**



Pas d'antibiotiques contre les virus.

Suite à la surconsommation et le mauvais usage des antibiotiques, des nouvelles bactéries résistantes aux antibiotiques se développent. Pour préserver l'efficacité des antibiotiques, il faut les utiliser à bon escient. Demandez conseil à votre médecin et suivez toujours le traitement prescrit.



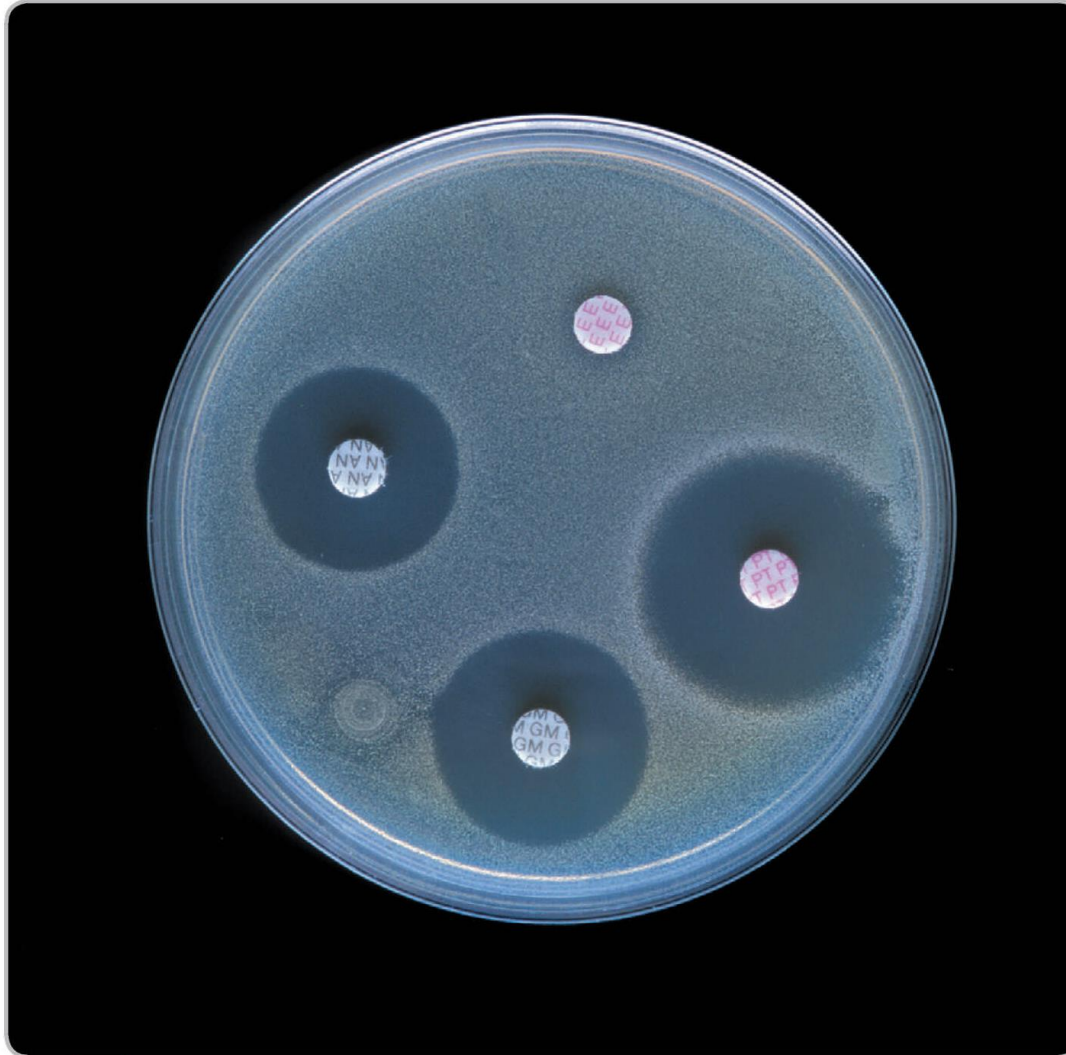
LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de la Santé
Direction de la Santé

Adapter les stratégies prophylactiques



a Test diagnostic rapide de l'angine d'origine virale ou bactérienne.

Adapter les stratégies prophylactiques



b **Antibiogramme.** On teste l'efficacité de plusieurs antibiotiques sur la bactérie isolée chez le malade avant de lui donner un traitement.

LES ANTIBIOTIQUES

PRENEZ-LES COMME IL FAUT ET UNIQUEMENT QUAND IL FAUT !

Adapter les stratégies prophylactiques



PAS CONTRE LES VIRUS

LES ANTIBIOTIQUES N'ONT AUCUN SENS EN CAS
DE GRIPPE, RHUME OU BRONCHITE AIGUË.



UNIQUEMENT CONTRE LES BACTERIES

LES ANTIBIOTIQUES PEUVENT SAUVER DES
VIES QUAND IL S'AGIT D'INFECTIONS GRAVES
COMME UNE PNEUMONIE.



PAS TOUJOURS NECESSAIRE

LES INFECTIONS BACTERIENNES AUSSI
GUÉRISSENT SOUVENT SPONTANÉMENT. NE
PRENEZ D'ANTIBIOTIQUES QUE LORSQUE VOTRE
MÉDECIN LES PRESCRIT.



SUIVEZ MINUTIEUSEMENT L'ORDONNANCE

NE SAUTEZ JAMAIS UNE PRISE ET PRENEZ
EXACTEMENT LA DOSE PRESCRITE.



N'ARRÊTEZ PAS À MI-CHEMIN

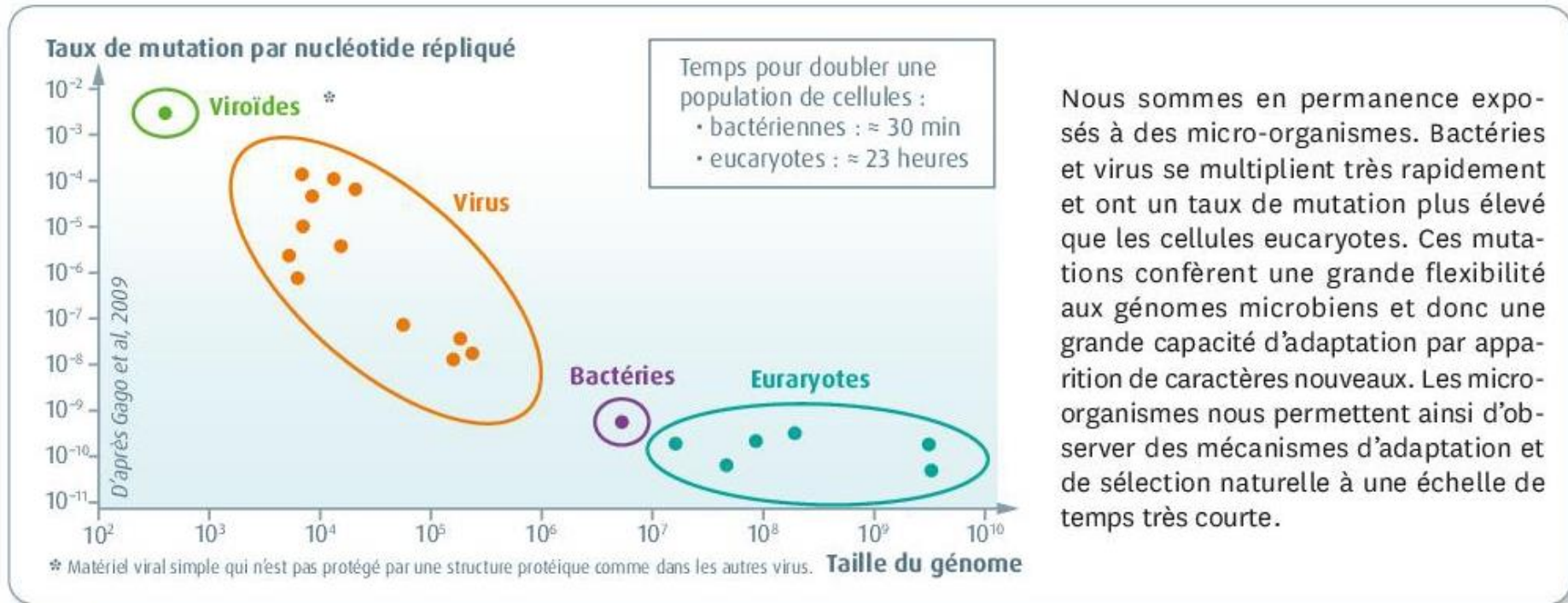
N'ARRÊTEZ PAS AVANT LA FIN DU TRAITEMENT
PRESCRIT, MÊME SI VOUS VOUS SENTEZ MIEUX.



NE GARDEZ PAS DE RESTES

RAMENEZ LES MÉDICAMENTS RESTANTS
CHEZ VOTRE PHARMACIEN. NE PRENEZ JAMAIS
D'ANTIBIOTIQUES DE VOTRE PROPRE INITIATIVE !

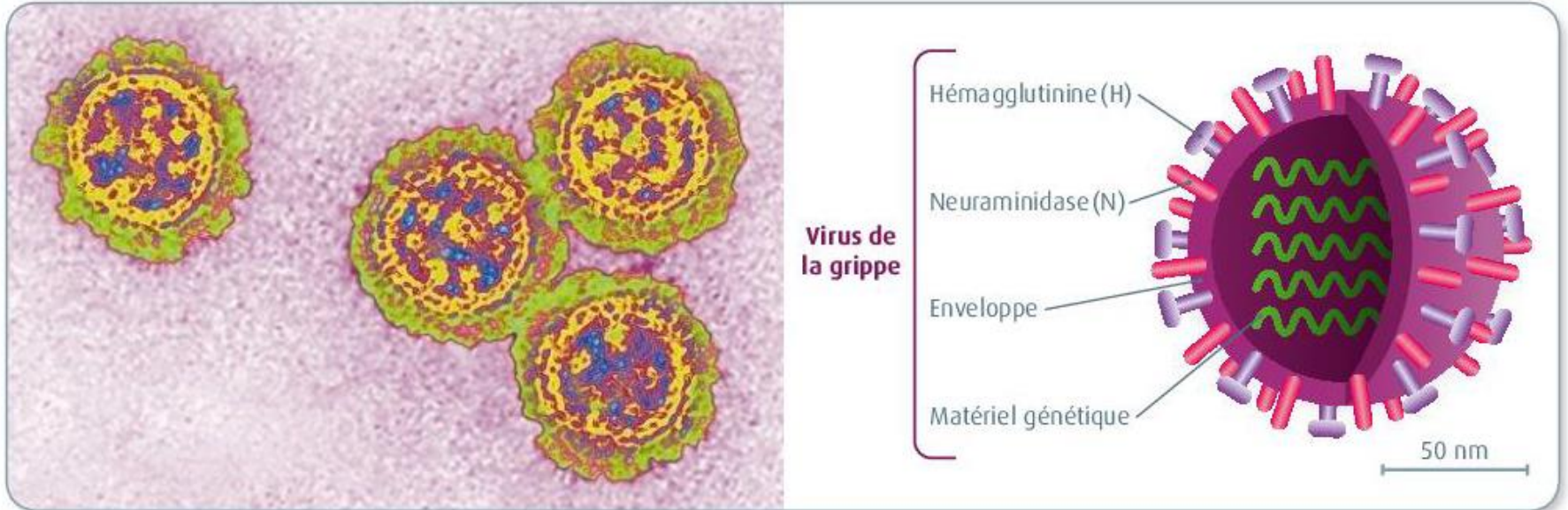
Des virus qui mutent beaucoup!



Nous sommes en permanence exposés à des micro-organismes. Bactéries et virus se multiplient très rapidement et ont un taux de mutation plus élevé que les cellules eucaryotes. Ces mutations confèrent une grande flexibilité aux génomes microbiens et donc une grande capacité d'adaptation par apparition de caractères nouveaux. Les micro-organismes nous permettent ainsi d'observer des mécanismes d'adaptation et de sélection naturelle à une échelle de temps très courte.

DOC 1 Une grande flexibilité du génome des micro-organismes.

Le virus de la grippe



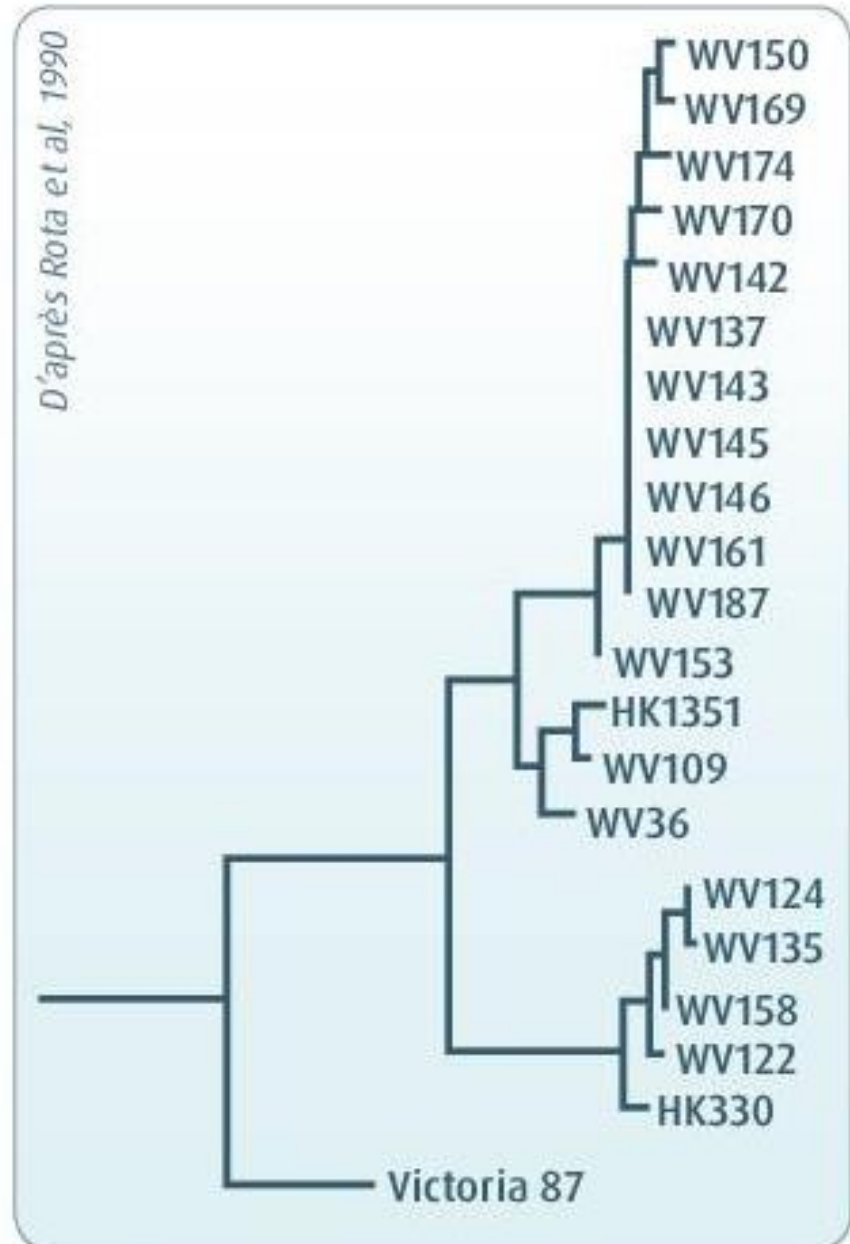
DOC 4 Virus de la grippe. Différents types de virus de la grippe coexistent et peuvent infecter les humains grâce à leurs protéines de surface H (hémagglutinine) et N (neuraminidase). À cause du taux de mutation élevé du virus, les protéines H et N des virus circulant une année donnée, ne sont pas exactement les mêmes que les protéines H et N des virus ayant circulé auparavant. Or ces protéines sont les cibles du système immunitaire humain.

Le virus de la grippe

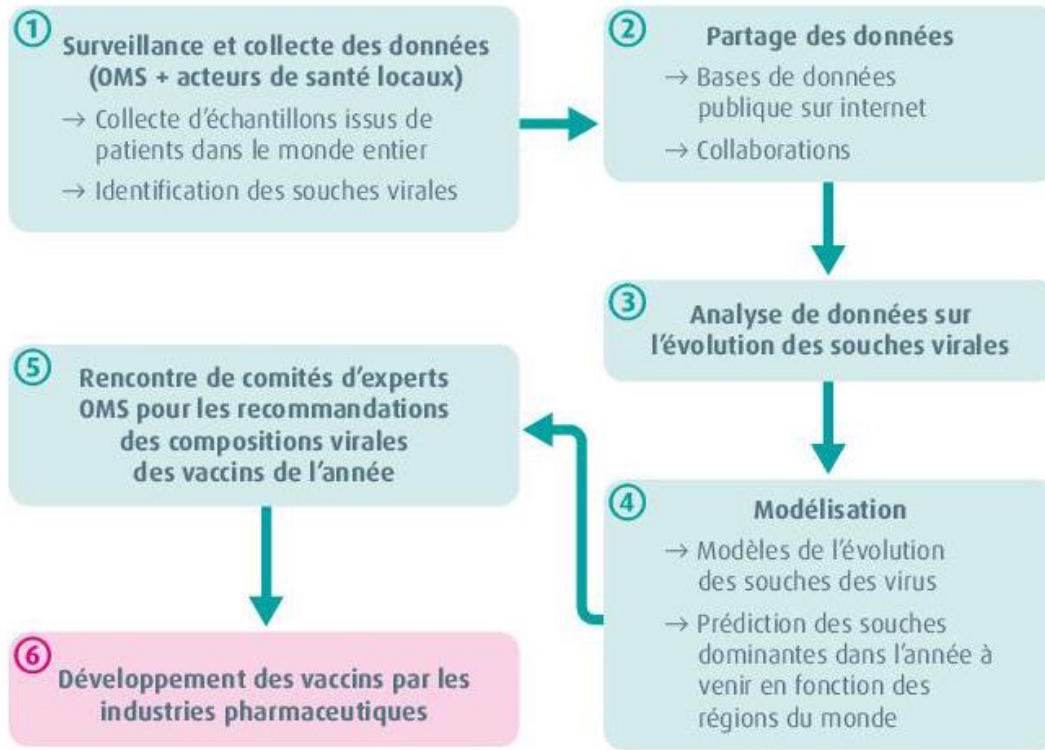
DOC 5 Exemple d'évolution du génome d'un virus grippal.

Des chercheurs ont comparé les séquences nucléotidiques de fragments d'hémagglutinine de virus de la grippe et ont ainsi établi des liens de parenté entre les différentes souches.

Cette approche permet notamment aux scientifiques d'étudier la propagation géographique d'une souche donnée.



Adapter les stratégies prophylactiques



Étapes contrôlées par l'OMS (organisation mondiale de la santé)

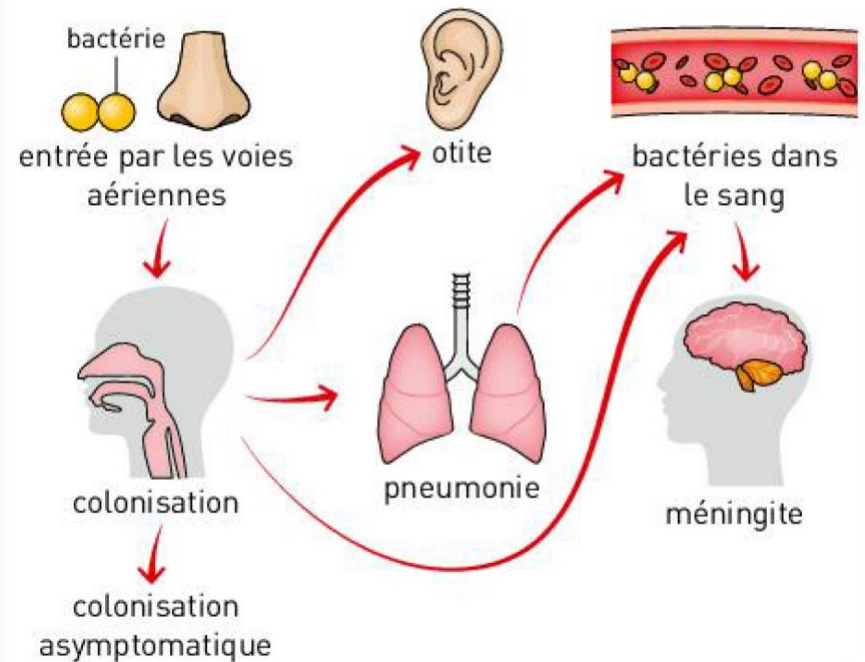
DOC 6 La production du vaccin contre la grippe saisonnière. En France, la grippe saisonnière touche 2 à 8 millions de personnes et est responsable de 10 000 à 15 000 décès chaque année. Bien que les épidémies de grippe soient annuelles, elles restent imprévisibles: on ne sait pas quand elles vont démarrer, 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.



13 Antibiotique, vaccin et résistance

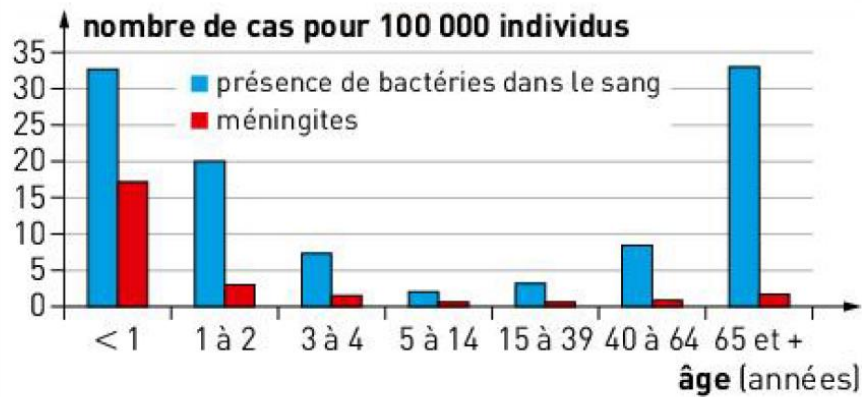
Les infections à pneumocoques sont dues à une bactérie appelée *Streptococcus pneumoniae*. Il s'agit d'une bactérie commune du pharynx qui peut devenir pathogène (a et b). Ces infections se caractérisent par leur évolution brutale avec des dégâts qui peuvent être considérables même sous traitement antibiotique. Des séquelles nerveuses sont ainsi constatées chez 35 % des survivants atteints de méningites à pneumocoques. La pénicilline a pendant longtemps été l'antibiotique majeur utilisé pour lutter contre les infections à pneumocoques (c). Cependant, d'autres antibiotiques sont efficaces comme l'amoxicilline, la céfazoline ou les fluoroquinolones.

Une vaccination contre le pneumocoque a été proposée au début des années 2000 (d et e). En 2015, la couverture vaccinale des enfants de 9 mois était de 92,4 % alors que l'objectif de santé public était de 95 %. Depuis le 1^{er} janvier 2018, elle est devenue obligatoire chez l'enfant en France.

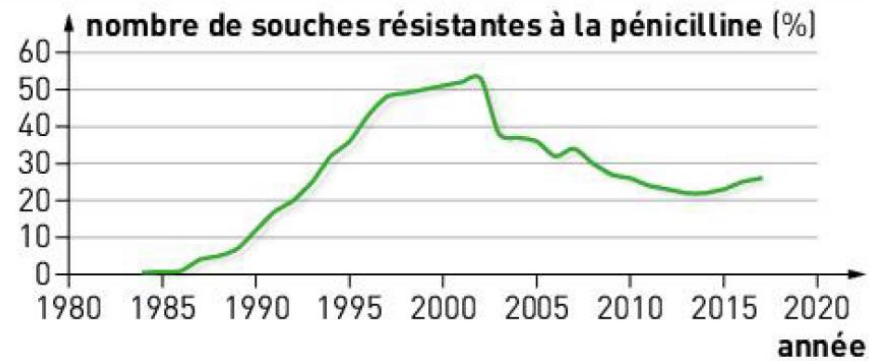


a Progression d'une infection au pneumocoque.

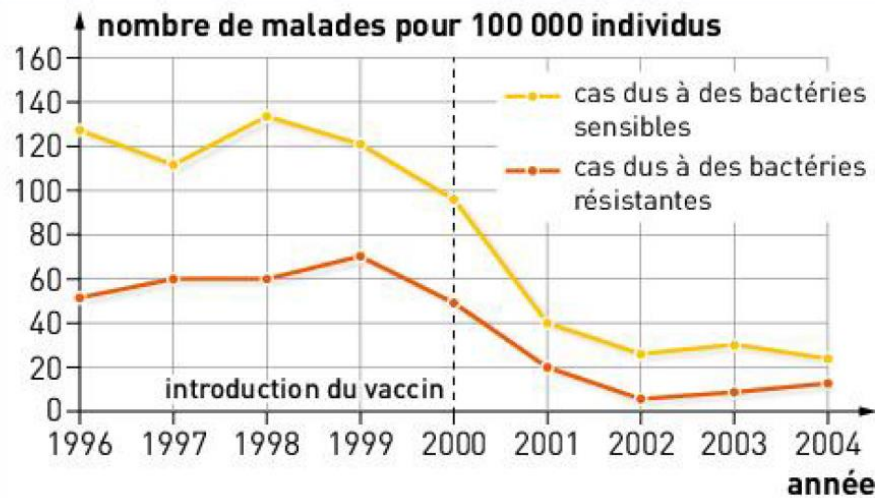
1. Expliquer les effets de l'introduction de la vaccination aux infections à pneumocoques.
2. Expliquer l'évolution de la résistance des pneumocoques aux antibiotiques, dont la pénicilline.
3. Argumenter l'utilité de décisions publiques telles que des campagnes d'information sur l'utilisation des antibiotiques ou la décision de rendre un vaccin obligatoire.



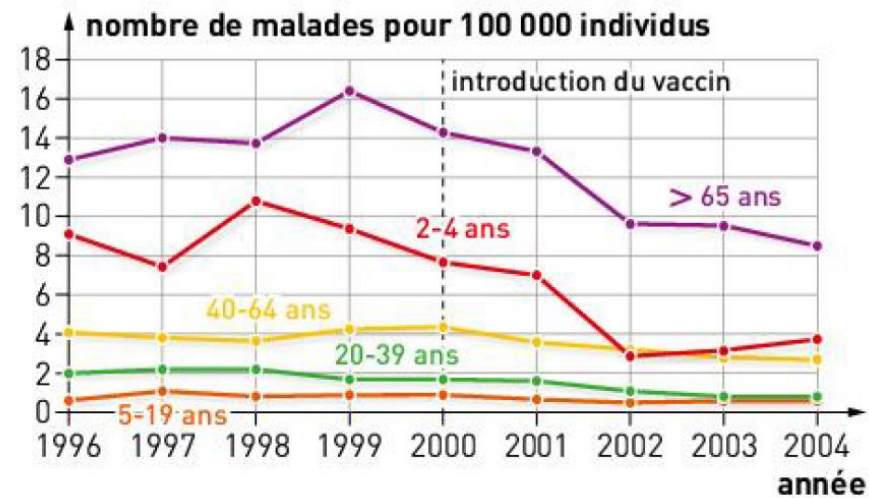
b Incidence des méningites et présence des bactéries à pneumocoques selon l'âge des personnes malades.



c Résistance des pneumocoques à la pénicilline au cours du temps.



d Incidence des pathologies à pneumocoques résistants et non résistants chez des enfants de moins de 2 ans.



e Incidence des pathologies à pneumocoques résistants chez des personnes de plus de 2 ans.

1. Expliquer les effets de l'introduction de la vaccination aux infections à pneumocoques.
2. Expliquer l'évolution de la résistance des pneumocoques aux antibiotiques, dont la pénicilline.
3. Argumenter l'utilité de décisions publiques telles que des campagnes d'information sur l'utilisation des antibiotiques ou la décision de rendre un vaccin obligatoire.

Antibiotique, vaccin et résistance

1. La vaccination fait chuter drastiquement l'incidence de la maladie dans les populations les plus exposées : les moins de 2 ans et les plus de 65 ans (les personnes dont le système immunitaire est encore immature ou bien affaibli).

2. Dans une période où seuls les antibiotiques sont utilisés pour lutter contre cet agent pathogène, le nombre de souches résistantes augmente considérablement (de 0 à 50 % entre 1985 et 2000).

La vaccination permet de limiter la prolifération de ces bactéries et le nombre de malades.

Du fait qu'il y a moins de malades, la pénicilline est moins utilisée contre les pneumocoques. La pression de sélection favorisant la résistance est donc plus faible. La fréquence des bactéries résistantes diminue donc.

3. La vaccination a un effet très fort en termes de santé publique, à la fois parce qu'elle permet de réduire l'incidence de la maladie (docs a, d et e) et donc de sauver des vies, mais aussi parce qu'elle permet de limiter l'utilisation des antibiotiques et donc l'évolution de la résistance (doc. c). De ce fait, les antibiotiques restent efficaces dans les situations critiques où ils sont nécessaires.