

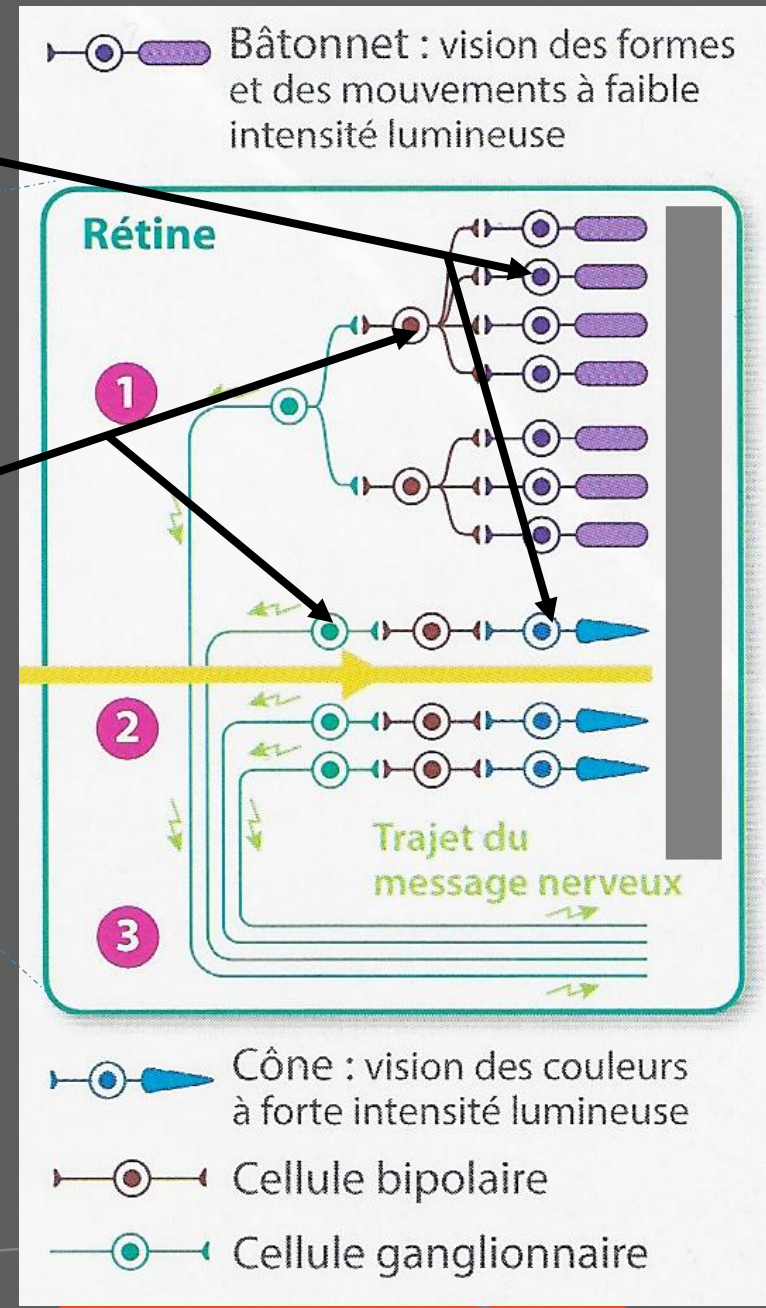
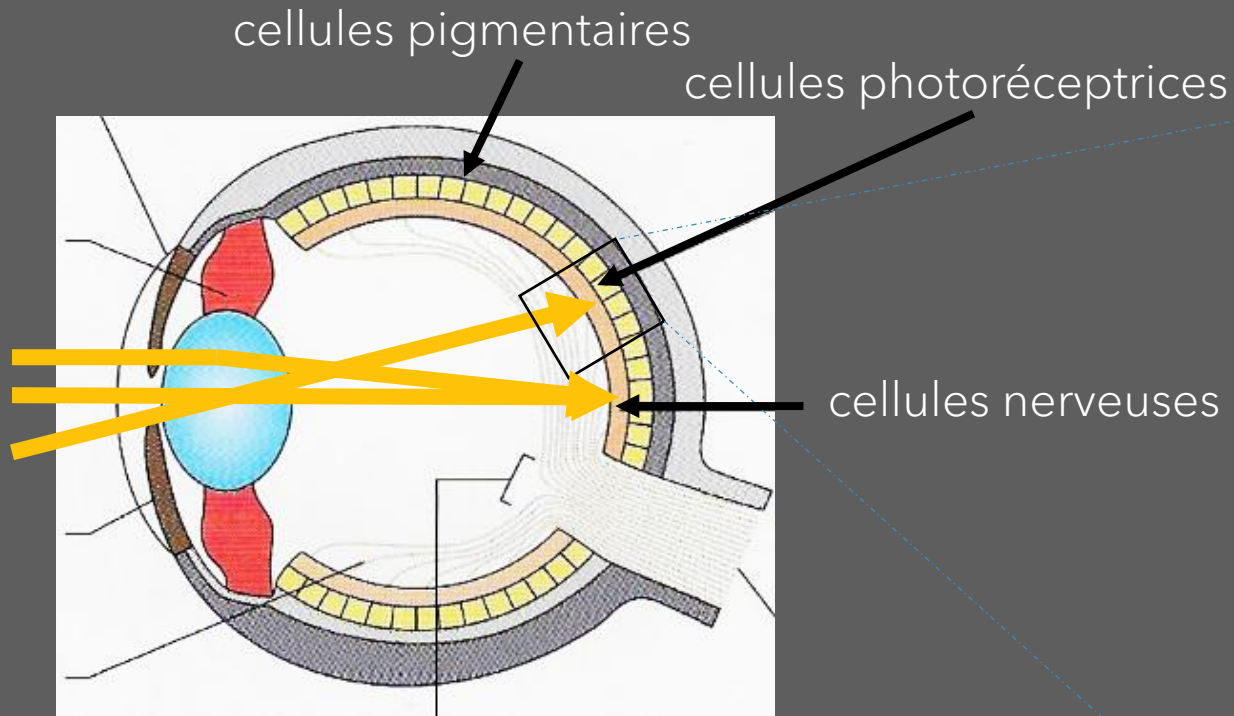
# Chapitre 5

L'évolution comme grille  
de lecture du monde

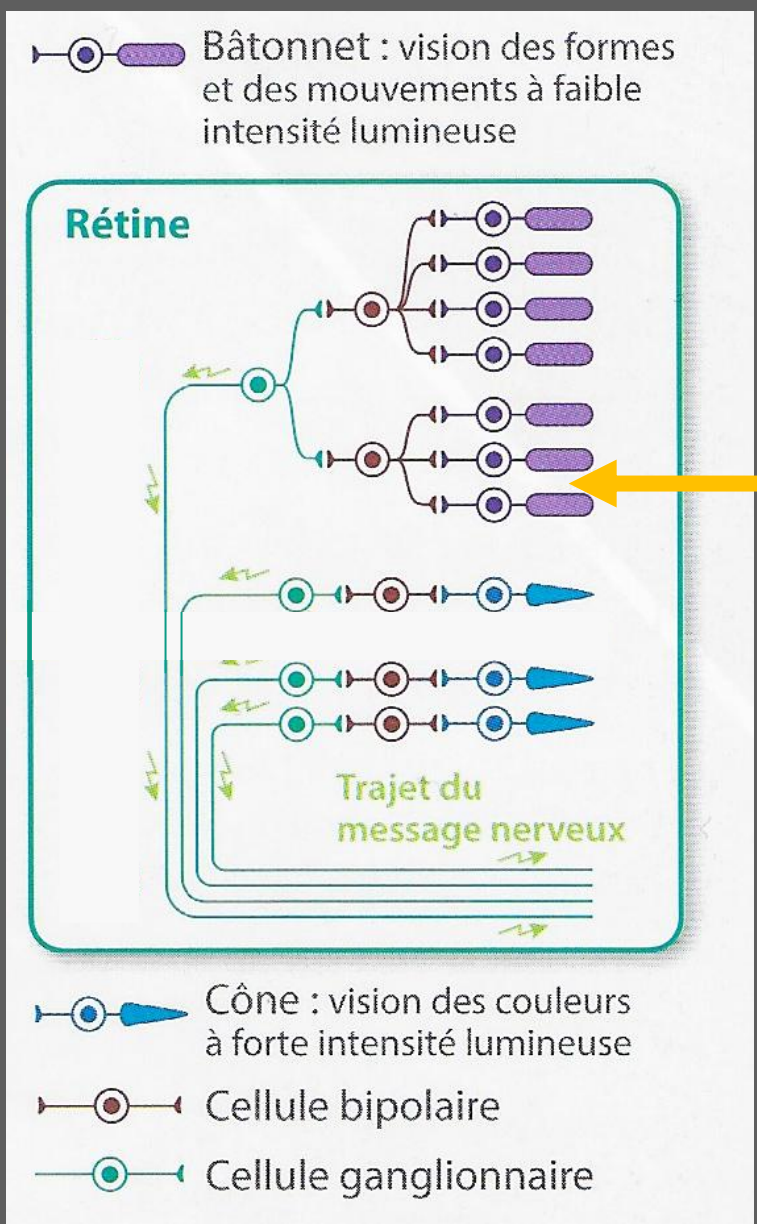
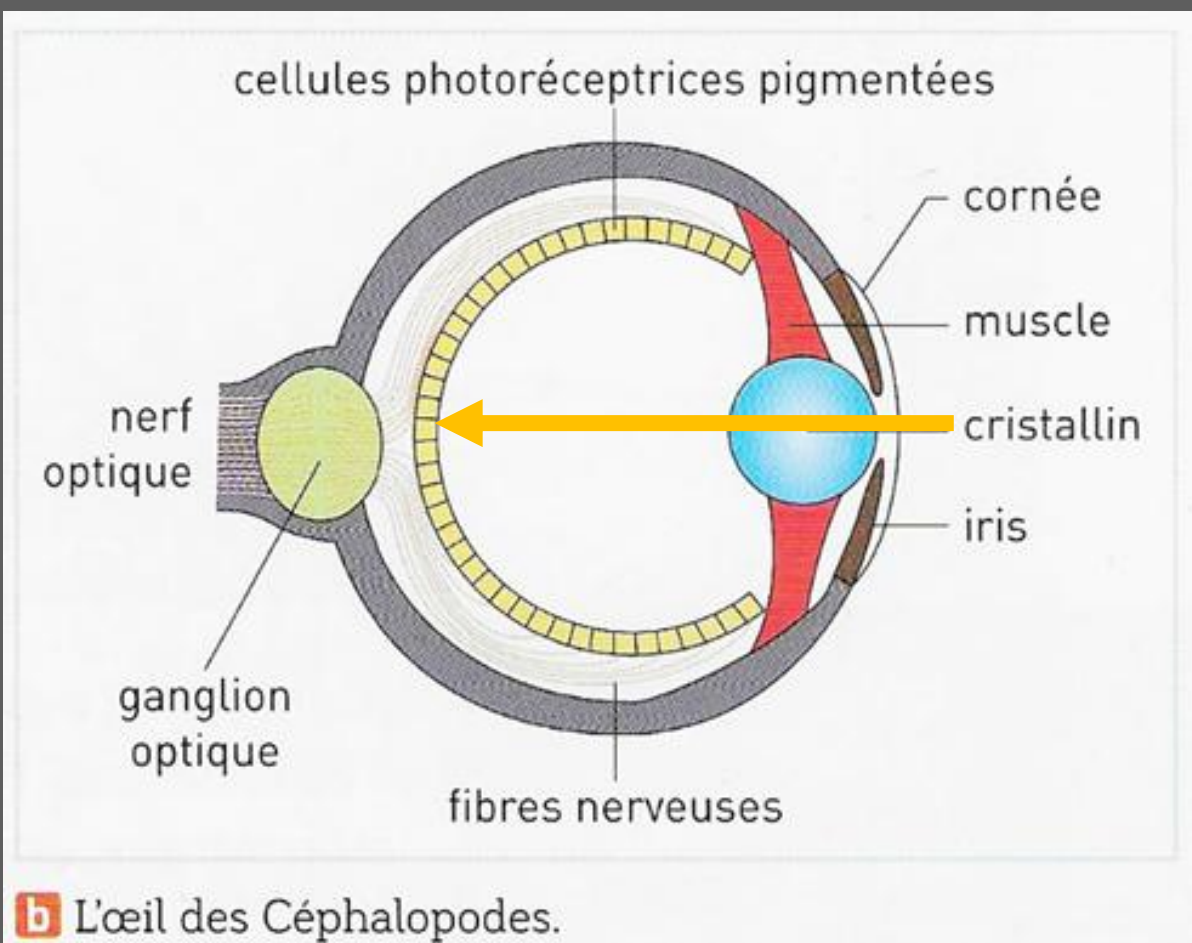


# Correction activité 11

RQ. Le cristallin est une lentille qui peut se déformer pour faire converger les rayons lumineux sur la rétine



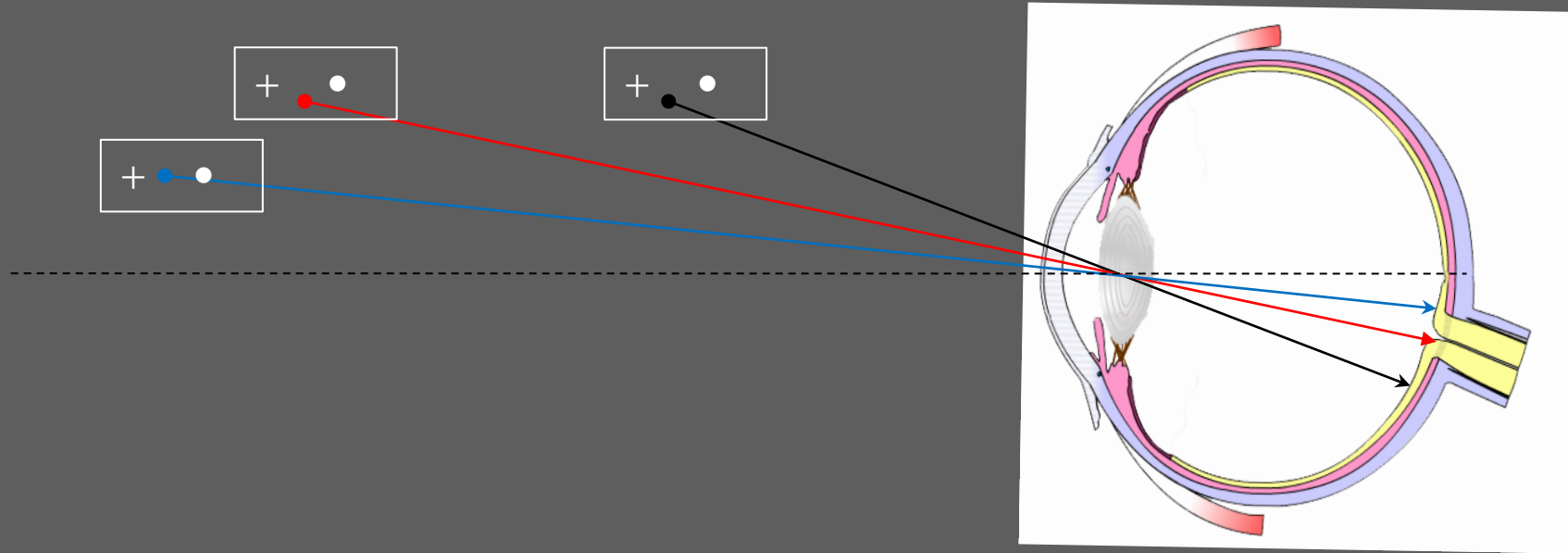
Un rayon lumineux qui vient de l'extérieur finit sa course sur la rétine. Il traverse le cristallin, puis différentes couches de cellules nerveuses : cellule ganglionnaire, cellule bipolaire et arrive au niveau des photorécepteurs (cône et bâtonnet) . Ces derniers transforment l'information lumineuse en information nerveuse.



Dans le cas de l'œil des céphalopodes, les rayons lumineux arrivent plus directement sur les photorécepteurs. Ils ne traversent pas les couches de cellules nerveuses.

De plus, il n'y a pas de tâche aveugle contrairement à l'œil humain.

# Expérience de Mariotte



Lorsque l'on rapproche lentement la feuille, la croix disparaît à une certaine distance de l'œil.





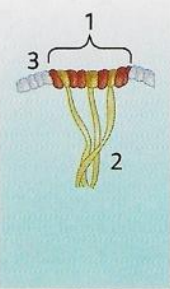
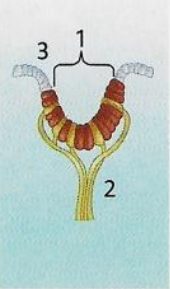
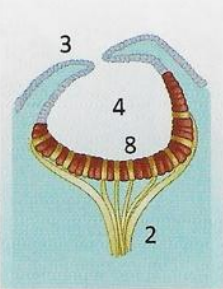
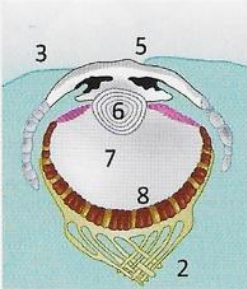
L'image se forme sur un endroit où la rétine est dépourvue de photorécepteurs : la tâche aveugle. C'est un endroit où toutes les fibres nerveuses se rejoignent pour former le nerf optique.

Ce phénomène n'existe pas chez l'œil des céphalopodes car les fibres nerveuses sont placées derrière les photorécepteurs

En résumé l'anatomie de l'œil humain n'est pas parfaite :

- La lumière doit traverser toute la rétine (et notamment les couches de cellules nerveuses) avant d'être absorbée par les photorécepteurs
- L'insertion du nerf optique sur la rétine induit une tâche aveugle (compensée par le deuxième œil)
- La présence de vaisseaux sanguins sur la rétine est à l'origine d'ombres parasites.

## La diversité des organes visuels chez les mollusques

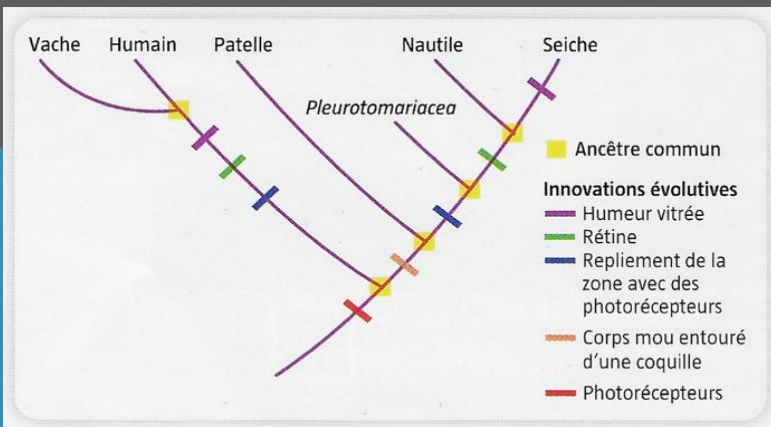
	Patelle	Pleurotomariacea	Nautile	Seiche
Animal				
Mode de vie	Peu mobile, elle passe l'essentiel de son temps à brouter les algues sur les rochers.	Espèce omnivore aujourd'hui disparue. Elle se déplaçait à la surface des fonds marins.	Charognard qui peut s'attaquer à des crustacés attachés aux rochers marins.	Prédateur qui doit être rapide et précis pour chasser ses proies mobiles.
Structure visuelle				
	1. <b>Photorécepteurs</b> 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 nautile contient de l'eau qui fait converger les rayons lumineux sur la rétine, ce qui permet au nautile 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.

On observe une évolution de l'anatomie de l'œil chez différentes espèces de mollusques en fonction des capacités de l'espèce.

Chez les espèces peu mobiles, l'œil est plat et capte les rayons lumineux sans distinction de leur provenance.

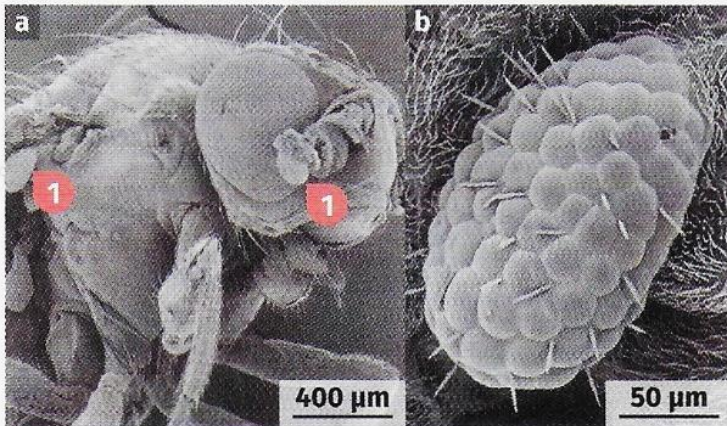
Chez les espèces qui se déplacent, l'œil est de forme repliée permettant de détecter la provenance de la source lumineuse

On remarque qu'en plus, chez ces dernières une amélioration de la structure (forme en trou d'épingle, puis cristallin) qui améliore la perception visuelle et la netteté.



On en déduit qu'au hasard de l'évolution, l'œil s'est modifié permettant aux individus qui les portent d'acquérir de nouvelles possibilités (prédateurs) et donc de conquérir de nouveaux milieux. Cette évolution est résumée par l'arbre phylogénétique ci-contre.

Walter Jakob Gehring découvre en 1983 qu'une mutation du gène *Pax6* entraîne des anomalies sévères des yeux chez la drosophile et chez l'humain. Il transfère alors le gène *Pax6* de la souris dans le génome de la drosophile. *Pax6* est un gène qui permet le développement de tous les yeux chez les animaux (en interaction au sein d'un réseau d'autres gènes).



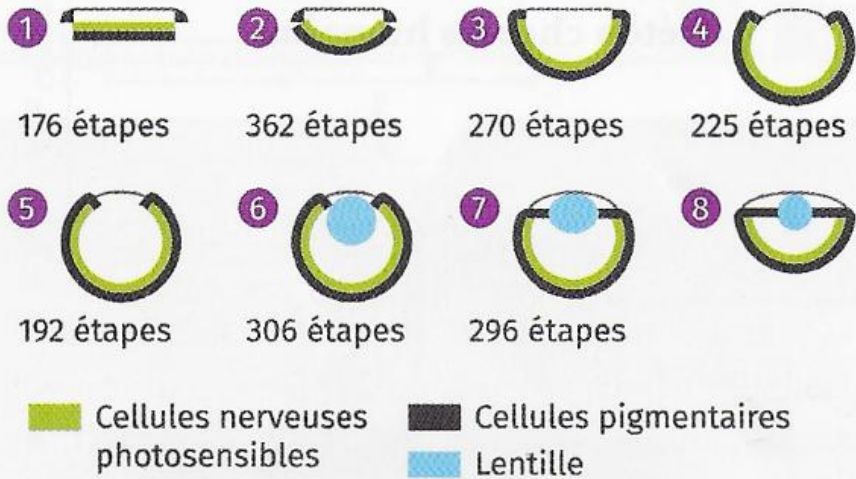
1 yeux surnuméraires.

Resultat de transgénèse de *Pax6* sur une drosophile a. Zoom sur un œil surnuméraire b.

On constate que la fabrication de l'œil est sous contrôle génétique. Le gène *pax6* a un rôle important dans la genèse de l'œil.

De plus, on constate que ce gène est très conservé dans l'évolution, puisqu'un gène *pax6* de souris permet de fabriquer un œil normal chez la drosophile.

Une modélisation de l'évolution de l'œil est réalisée à l'aide d'ordinateurs pour savoir combien d'étapes sont nécessaires pour obtenir un œil de type vertébré ou pieuvre. Chaque stade de la modélisation correspond à un œil fonctionnel qui procure un avantage sélectif. Par exemple, un animal pourvu du caractère dérivé « présence d'une lentille » (stade 6) sera avantagé par la sélection naturelle (meilleure survie) par rapport à celui qui n'en possède pas (stade 5). On estime ainsi qu'en seulement 2 000 étapes il est possible d'obtenir un œil de type vertébré ou pieuvre et ce, en moins de 400 000 ans, par principe de descendance avec modification, ce qui est très court à l'échelle de l'évolution.



Source : M. Ridley, *Evolution*, Wiley-Blackwell, 2003.

■ Stades d'œil fonctionnel.

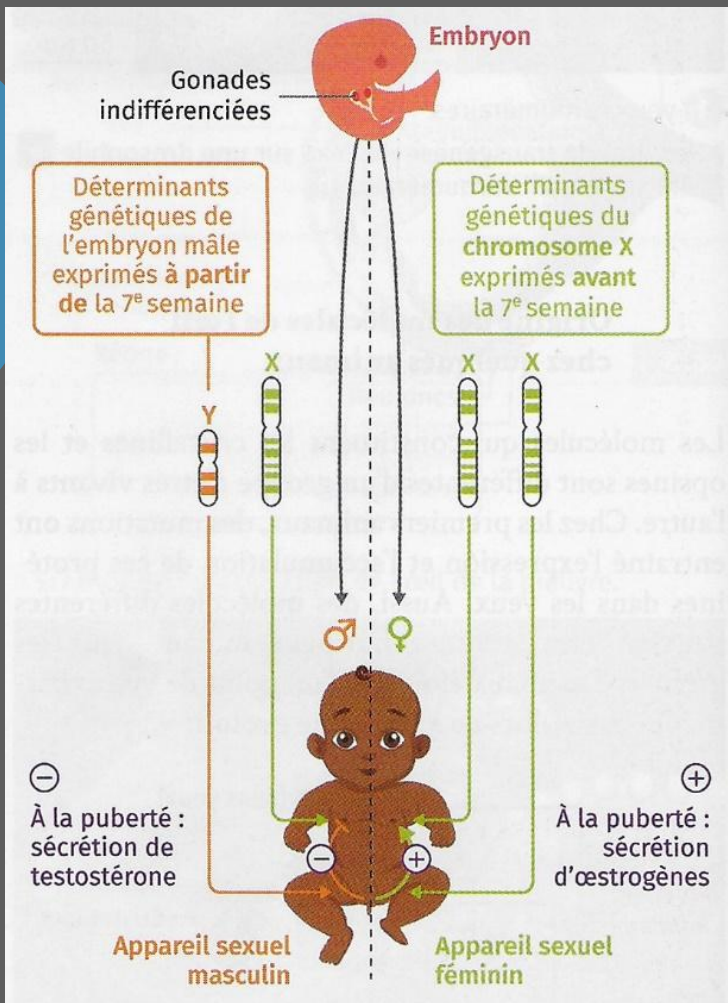
On observe avec cette modélisation que l'on peut passer d'un œil plat à l'œil humain (étape 8) en 2000 étapes environ. Ce modèle utilise la sélection naturelle comme base évolutive, ainsi on passe d'une étape à la suivante par acquisition d'un avantage sélectif.

On voit que l'obtention, avec ce modèle, d'un œil de type vertébré prend 400 000 ans, ce qui est très court à l'échelle de l'évolution.

En vous aidant des documents présentés ci-dessous, expliquer l'évolution de l'œil en utilisant les notions de hasard, de variation, de sélection naturelle et d'adaptation au milieu.

Au cours des temps, des innovations aléatoires (dus au **hasard**) se sont accumulées. Celles qui ont conféré un avantage aux individus qui les ont portées ont été sélectionnées et transmises aux générations suivantes (c'est le principe de sélection naturelle) . Ainsi les variations qui ont amélioré la perception visuelle ont permis la diversification des modes de vie au sein du groupe des mollusques et une adaptation à de nouveaux milieux de vie.

# Correction activité 12 : la présence du téton masculin



► À la naissance, filles et garçons sont pourvus de tétons mis en place vers la 4<sup>e</sup> 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.

On observe qu'à la naissance les filles et les garçons sont tous les deux pourvus de tétons.

Cet organe s'est formé dans les deux cas durant les huit premières semaines de développement embryonnaire.

À la puberté, l'augmentation dans le sang des hormones œstrogènes permet le développement des seins. Lors d'une grossesse, la synthèse d'une hormone : la prolactine permet la fabrication du lait.

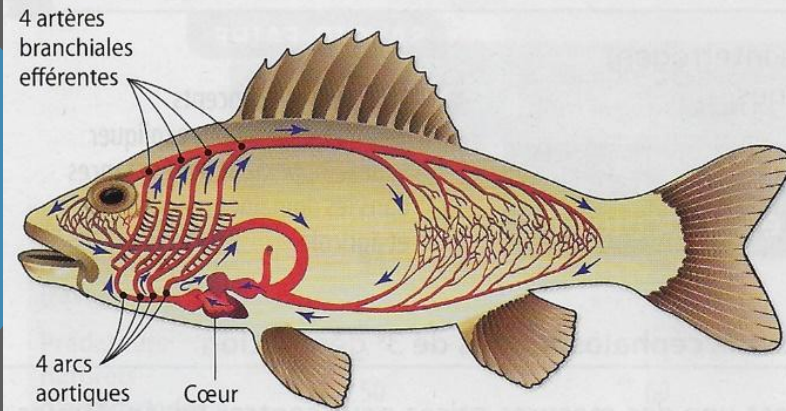
Chez l'homme, ces deux hormones sont absentes, les seins ne se développent donc pas. Le téton est dès lors inutile pour la lactation. L'évolution aurait pu aboutir à une disparition de ce dernier chez l'homme mais le surcoût en énergie qu'une telle disparition représente laisse à supposer qu'un mécanisme de disparition n'a pas été sélectionné.

- Les tétons masculins n'ont pas de fonction de lactation (production de lait) car la production de prolactine est bloquée. Ils sont en moyenne 36 % plus petits que ceux des femmes. Dans quelques rares cas, on a pu mettre en évidence une faible production de lait : variations hormonales, traitements médicamenteux, ou encore dans le cas de populations qui, dans certaines cultures, consacrent beaucoup de temps aux bébés.
- Le téton est une zone érogène : sa stimulation active le système de récompense, et participe ainsi à la sexualité humaine.

On peut tout de même remarquer que le téton, même si il n'est d'aucun rôle chez l'homme, reste une zone érogène et participe à la sexualité humaine.

Dans ce cas, la présence du téton masculin relève d'une contrainte de construction

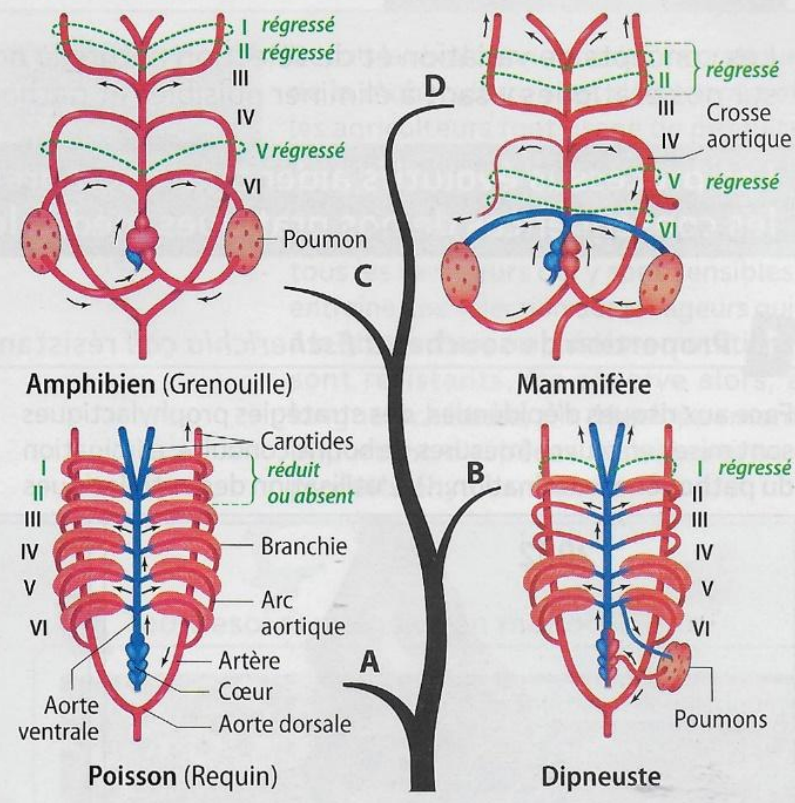
# Correction activité 12 : la formation de la crosse aortique



Appareil cardiorespiratoire de la Carpe.

Les arcs branchiaux sont des structures osseuses qui portent les branchies chez les poissons : le sang est apporté à chaque branchie par une artère appelée arc aortique. Au fil de l'évolution, les branchies ont disparu chez certaines espèces et les arcs branchiaux ont alors été à l'origine de nouvelles structures (comme les os des oreilles). Les arcs aortiques ont aussi été remaniés mais ont persisté. La forme de l'arc aortique humain est donc une structure héritée.

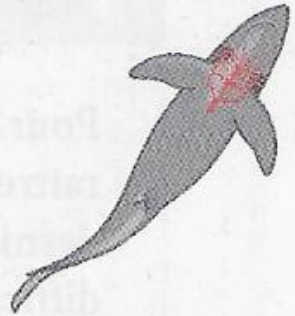
Source : A. L. Keyte et al., *Birth Defects Res C Embryo Today*, 2015



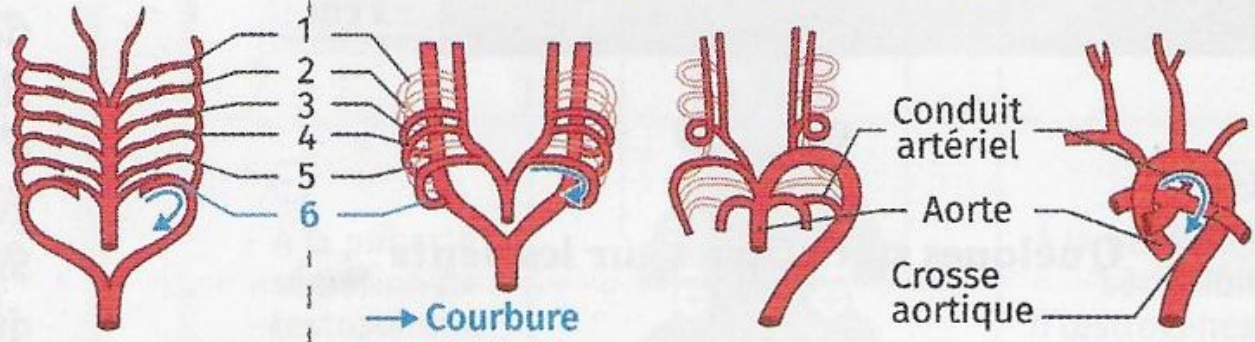
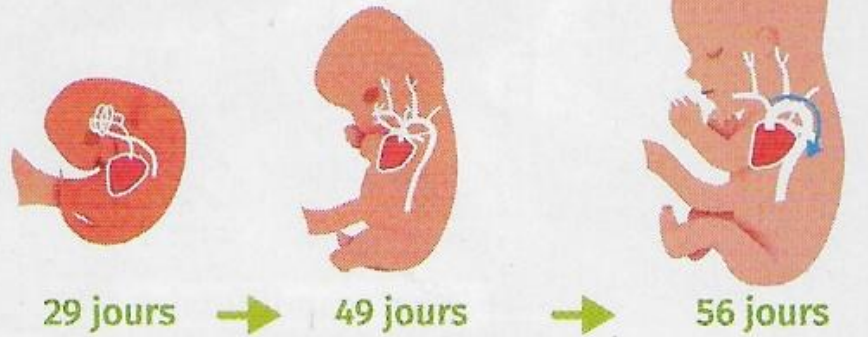
Les arcs branchiaux sont des structures osseuses qui portent les branchies. Chaque branchie est irriguée par une artère appelée arc aortique. L'arc aortique ventrale amène le sang pauvre en  $O_2$  qui une fois passé à travers la branchie ressort riche en  $O_2$  et forme l'arc aortique dorsale

Avec l'évolution des vertébrés, les branchies ont disparu chez certaines espèces et avec elles les arcs branchiaux. Les arcs aortiques ont été remaniés mais ont persisté pour former la crosse aortique notamment chez l'Homme.

## Requin



## Humain



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

► Chez le requin, le 6<sup>e</sup> arc branchial permet l'irrigation sanguine d'une branchie. Lors du développement de l'embryon humain, des arcs branchiaux apparaissent également. La crosse aortique se met alors en place à partir du 6<sup>e</sup> arc branchial, et irrigue les organes. Il n'y a donc plus de rapport avec une respiration branchiale.

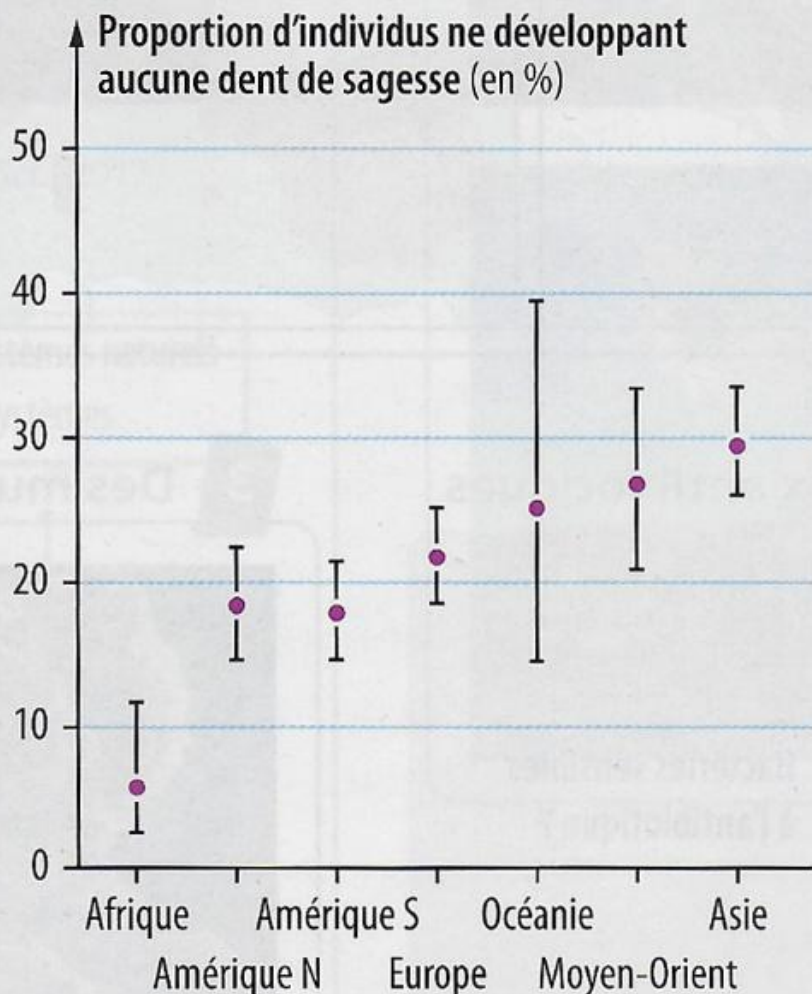
Lors du développement embryonnaire de l'humain, on observe dans les premiers jours l'apparition d'arcs branchiaux très similaire à ceux des requins par exemple.

La crosse aortique se met en place à partir du 6<sup>ème</sup> arc branchial, les autres sont également remaniés ou disparaissent.

Il y a donc une histoire évolutive commune entre tous les vertébrés.

Dans ce cas, la forme de la crosse aortique relève d'une contrainte historique évolutive des vertébrés.

# Correction activité 12 : Les dents de sagesse



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

La diminution actuelle supposée du caractère « dents de sagesse » peut s'expliquer selon deux hypothèses :

- les habitudes alimentaires de nos ancêtres usaient leurs dents définitives, les dents de sagesse apportaient alors un avantage. L'espèce humaine moderne ayant une nourriture molle, la dépense énergétique nécessaire pour fabriquer ces dents ne procure aucun profit, et les individus sans dents de sagesse ne sont pas désavantagés ;
- au cours de l'évolution, la diminution de la taille des mâchoires humaines a été plus forte que la diminution de la taille des dents. L'absence des dents de sagesse pourrait donc également s'expliquer par une contrainte de place.

Source : K. Carter, S. Worthington, *Journal of Dental Research*, 2015

On observe qu'une proportion non négligeable d'individus ne développent pas de dents de sagesse (environ 20% en Europe)

Deux hypothèses tendent à expliquer ce fait : le **changement de nourriture humaine** qui rend obsolète le rôle de ces dents

La **diminution de la taille de la mâchoire** qui rend la présence de ces dents gênantes

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.

Dans le cas des deux hypothèses précédentes, l'absence des dents de sagesse n'apporte aucun bénéfice reproducteur aux individus qui en sont dépourvus. Ce n'est donc pas un cas de sélection naturelle.

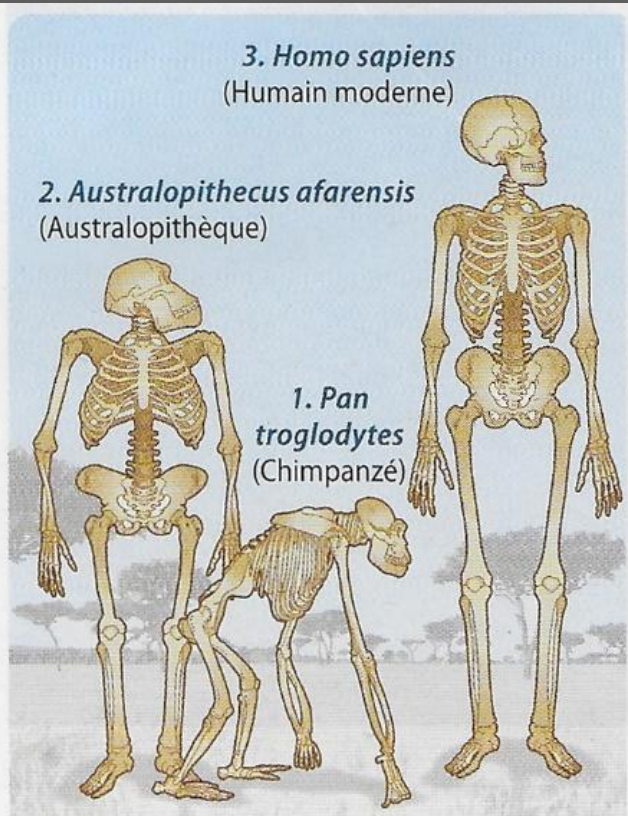
Pour Darwin, les gènes impliqués dans leur formation verront leur fréquence évoluer au hasard (dérive génétique).

L'homme aura donc pendant encore longtemps 32 dents

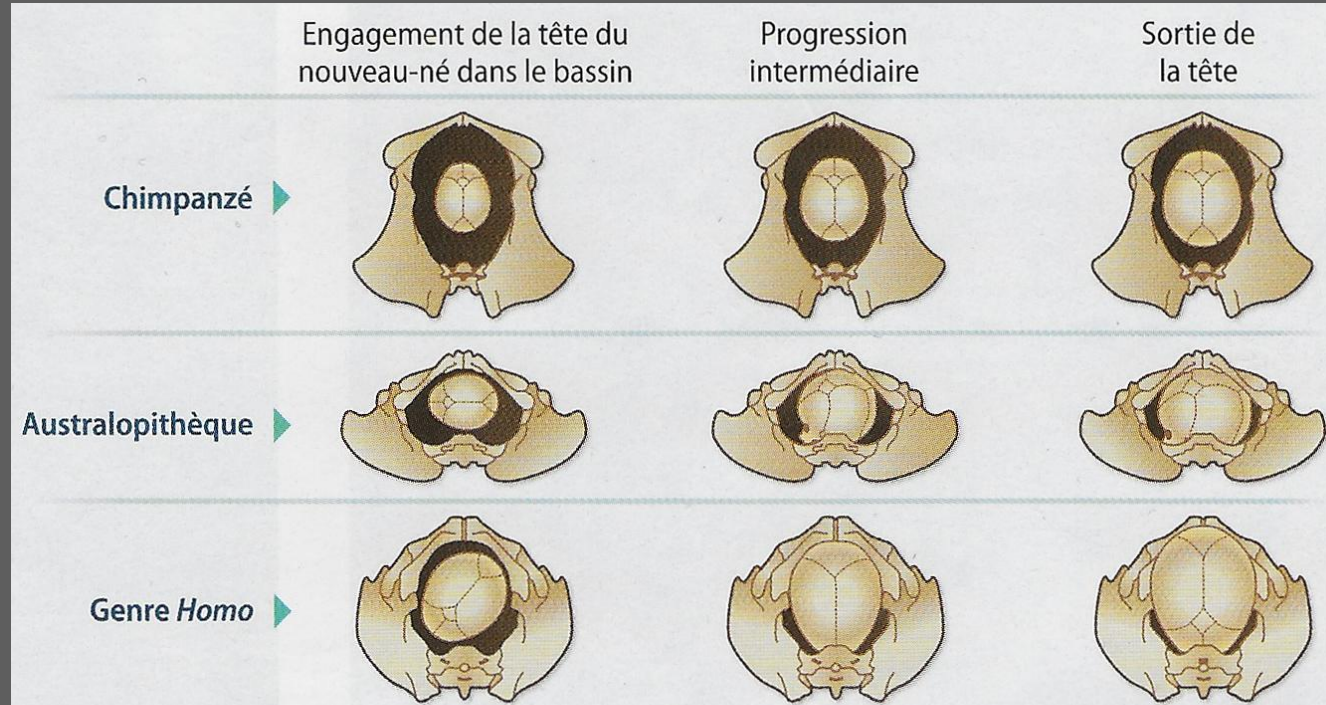
Personnes présentant un mauvais positionnement des dents de sagesse lors de leur croissance	50 %
Proportion de la population actuelle dont au moins une dent (hors $M_3$ ) ne pousse pas	1 à 6 %
Proportion de la population actuelle dont au moins une dent de sagesse ne pousse pas	20 à 30 %
Diminution de 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 %

Dans ce cas, la disparition des dents de sagesse correspond à la régression d'un caractère.

# Correction activité 12 : Les difficultés obstétriques



Avec la bipédie, le bassin est soumis à de fortes contraintes de compression, car il supporte alors le poids du haut du corps. Ces contraintes ont pour effet une réduction de la structure osseuse pour permettre à la structure du bassin de résister aux forces exercées.

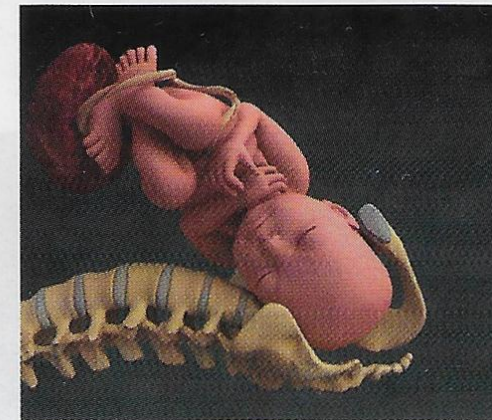


Positions successives de la tête du nouveau-né lors de sa descente dans le bassin à l'accouchement chez le Chimpanzé, l'Australopithèque et l'Humain moderne.

En noir, l'espace laissé libre autour de la tête du nouveau-né. Notons que le volume crânien a également augmenté entre les 3 espèces présentées.

Source : L. Taubira Gruss et D. Schmitt, *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2015

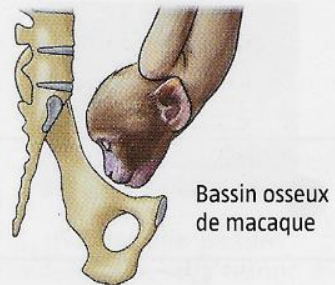
Illustration de la descente de l'enfant dans le bassin de la mère lors de l'accouchement chez l'être humain.



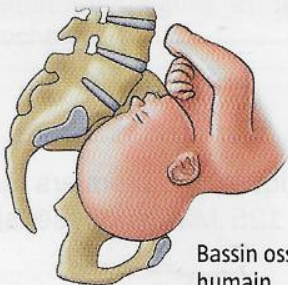
On observe que lors de l'évolution de l'espèce humaine (cf. chapitre 6), l'acquisition de la bipédie s'est accompagnée d'une modification du bassin (soyons clairs, c'est parce que le bassin s'est modifié que l'espèce humaine est devenu bipède et pas l'inverse).

Ce bassin est devenu plus réduit pour permettre une résistance aux forces de compression de la station debout.

Cependant dans le même temps, le volume crânien de l'espèce humaine a augmenté. La tête a donc moins de place pour franchir le bassin lors de l'accouchement.



Bassin osseux de macaque



Bassin osseux humain

- Dans l'espèce humaine, le taux de mortalité lié à la grossesse est nettement plus élevé que chez les autres mammifères. Chaque jour, plus de 800 femmes meurent dans le monde lors de leur accouchement.
  - L'origine de ces complications est liée à la présence de deux caractéristiques fondamentales de notre lignée, sélectionnées indépendamment au cours de son histoire : la bipédie et l'augmentation du volume crânien.
  - Pour être efficace, la bipédie nécessite un bassin étroit. Chez les primates, qui n'ont pas une bipédie permanente et qui ont donc un bassin large, le bébé passe par le bassin avec une trajectoire rectiligne.
- À cause de la morphologie du bassin chez la femme, la tête du bébé humain est contrainte de subir une flexion suivie d'une rotation pour passer par la partie la plus large du bassin.
- De plus, le volume crânien a augmenté au cours de l'histoire évolutive de la lignée humaine. Cela complique d'autant plus l'accouchement. Toutefois, l'absence de rigidité du crâne de fœtus humain lui permet de se déformer et ainsi de franchir le bassin.

Espèces	Macaque	<i>Australopithecus afarensis</i>	<i>Homo habilis</i>	Être humain ( <i>Homo sapiens</i> )
Appartenance à la lignée humaine	Non	Oui	Oui	Oui
Période de vie	Actuel	3,2 Ma	1,9 – 1,6 Ma	Actuel
Mode de déplacement	Mode de locomotion terrestre et arboricole	Bipédie occasionnelle	Bipédie permanente	Bipédie permanente
Forme du bassin	Large	Étroit	Étroit	Étroit
Volume crânien	390 cm <sup>3</sup>	450 cm <sup>3</sup>	612 cm <sup>3</sup>	1 450 cm <sup>3</sup>

— Caractéristiques de quelques espèces actuelles ou fossiles.

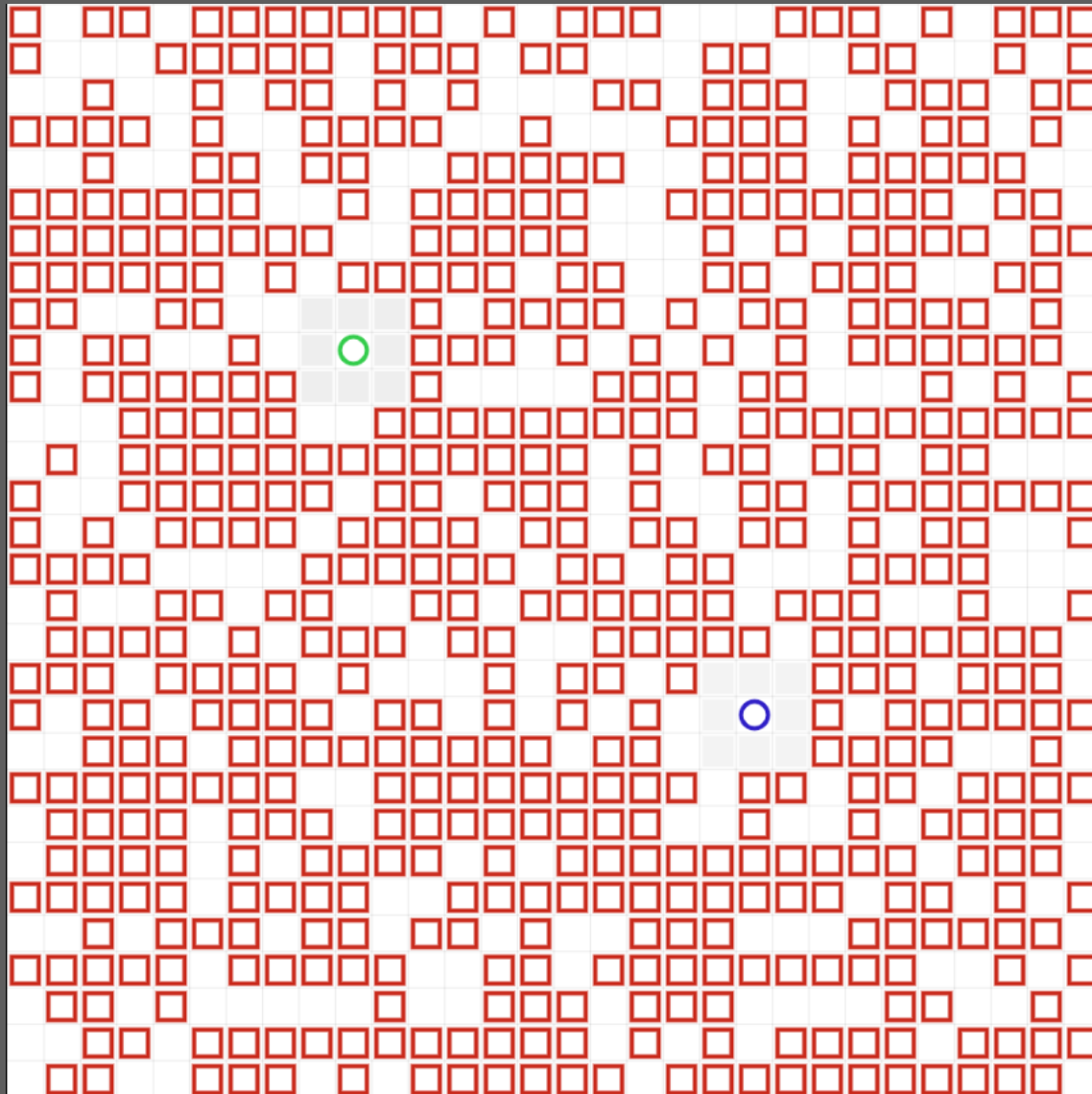
Cette absence de place entraîne des complications lors de l'accouchement : la tête est obligé de subir une flexion puis une rotation pour passer à travers le bassin.

On remarque que la présence d'un bassin étroit existe depuis 3,2 Ma et les premiers australopithèque avec cependant un volume crânien encore assez faible.

Dans ce cas, les difficultés obstétriques proviennent d'un compromis entre deux contraintes : la bipédie et l'augmentation du volume crânien.

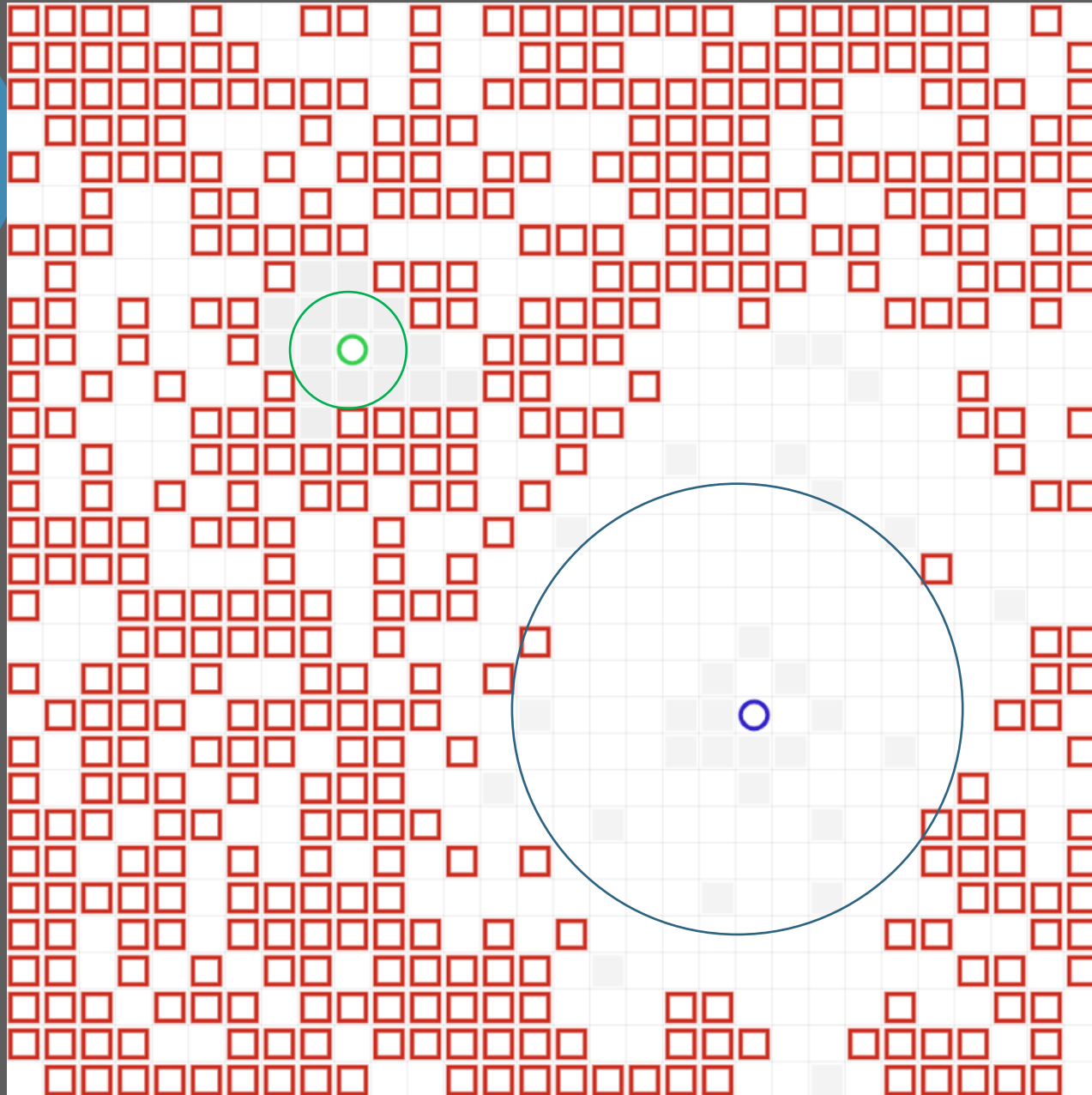
# Correction activité 13 : la résistance aux antibiotique




Capture d'écran du logiciel Edu'modèles à  $t=0$  dans la cadre de la simulation à réaliser.



-  Bactérie 1
-  Antibiotique 1
-  Antibiotique 1

Capture d'écran du logiciel Edu'modèles à t=300 dans la cadre de la simulation à réaliser.



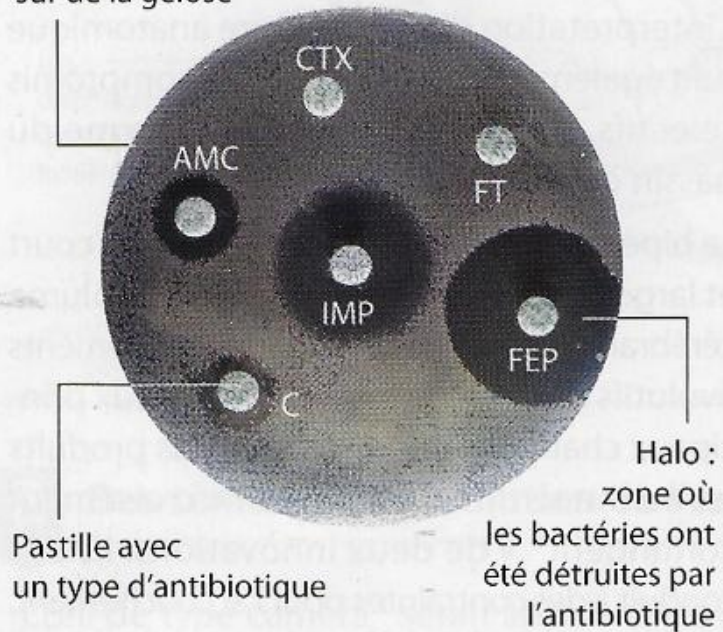
-  Bactérie 1
-  Antibiotique 1
-  Antibiotique 2

On constate autour de l'antibiotique 2 une absence de bactérie (cercle bleu) ce qui n'est pas le cas autour de l'antibiotique 1.

On peut en déduire que l'antibiotique 2 a détruit les bactéries, c'est ce dernier qui est efficace contre les bactéries.

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 l'(les) antibiotique(s) efficace(s) pour éliminer cette souche.

Boîte de Pétri contenant une culture bactérienne sur de la gélose



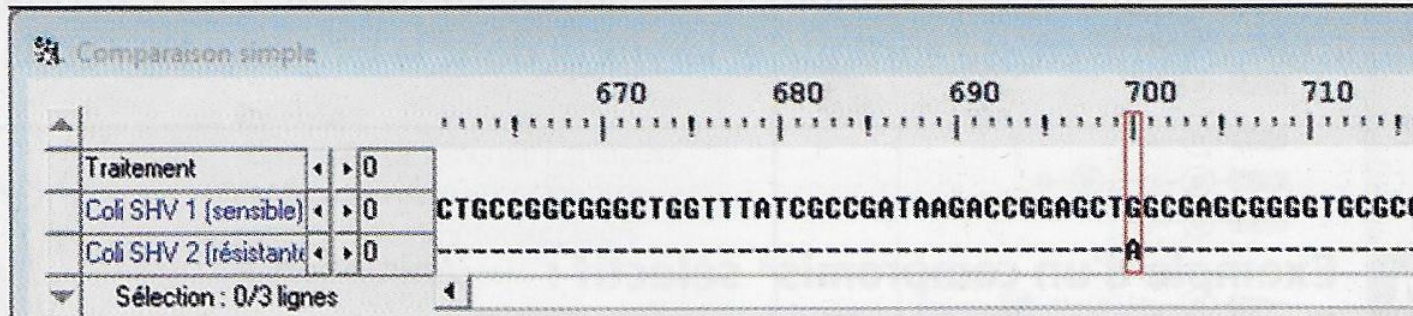
AMC = amoxicilline\* ; FT = furanes ;  
CTX = céfotaxime\* ; C = chloramphénicol ;  
IMP = imipénème ; FEP = céfoxitine

Dans ce cas réel d'un antibiogramme, on observe un halo (zone où les bactéries ont été détruites) autour des antibiotiques FEP, IMP, AMC et dans une moindre mesure C.

On peut considérer que FEP (céfotaxine) et IMP (imipénème) sont deux antibiotiques efficaces contre la bactérie testée dans cette culture.

En utilisant l'ensemble des documents ci-dessous, expliquer par quels mécanismes les bactéries développent des résistances aux antibiotiques puis indiquer en quoi la consommation importante d'antibiotique augmente cette résistance.

L'enzyme  $\beta$ -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  $\beta$ -lactamase chez deux souches *Escherichia coli* (Coli SHV 1, sensible et Coli SHV 2, résistante à l'antibiotique céfotaxime) à l'aide du logiciel Anagène - fichier « COLI »).

On observe chez la bactérie *E. coli* deux formes différentes. L'une est résistante à un antibiotique et l'autre y est sensible

Dans le premier cas, la bactérie possède une enzyme : la  $\beta$ -lactamase fonctionnelle qui détruit l'antibiotique.

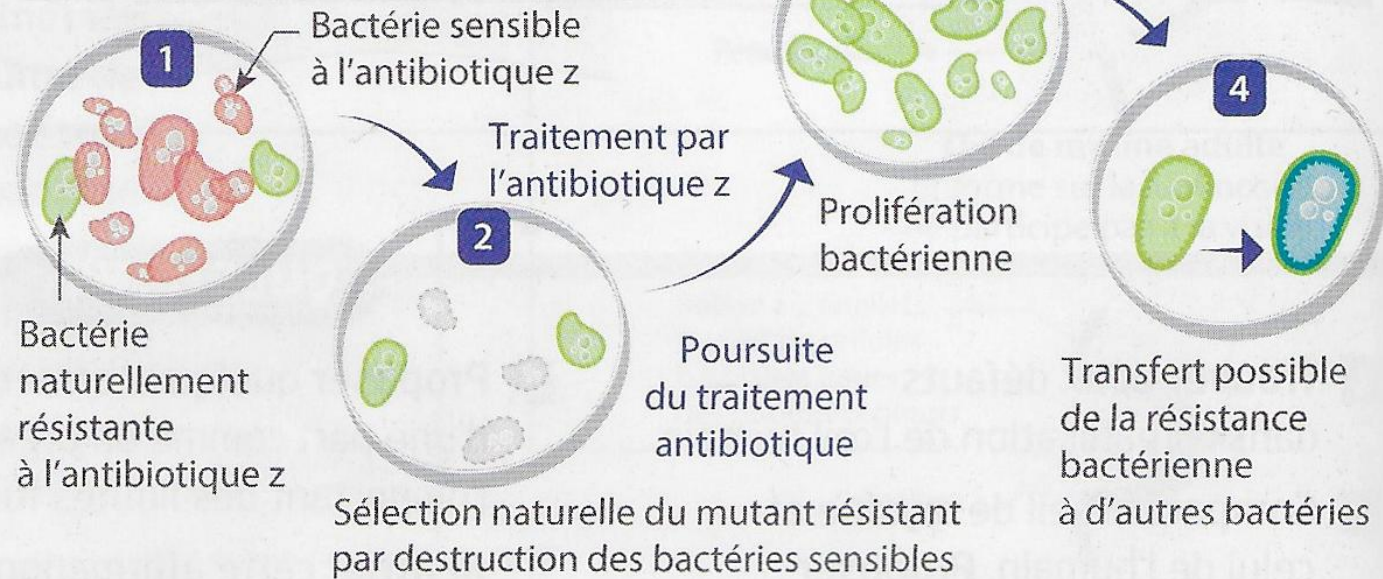
La bactérie sensible possède la même enzyme mais qui ne fonctionne pas.

Or on observe une différence génétique (mutation) entre les deux formes d'enzymes.

J'en déduis que cette mutation entraîne une différence de fonctionnalité entre les deux enzymes et permet la résistance à l'antibiotique dans un cas

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.

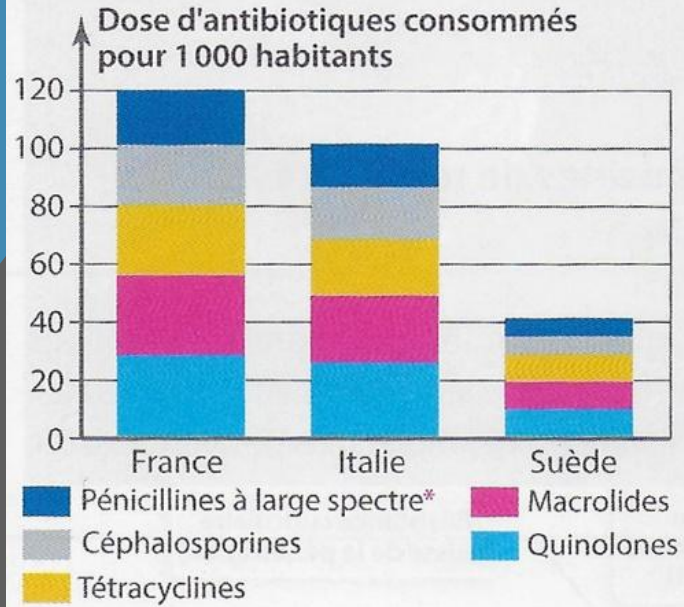
Variation aléatoire du génome → Mutation à l'origine de la résistance à l'antibiotique z



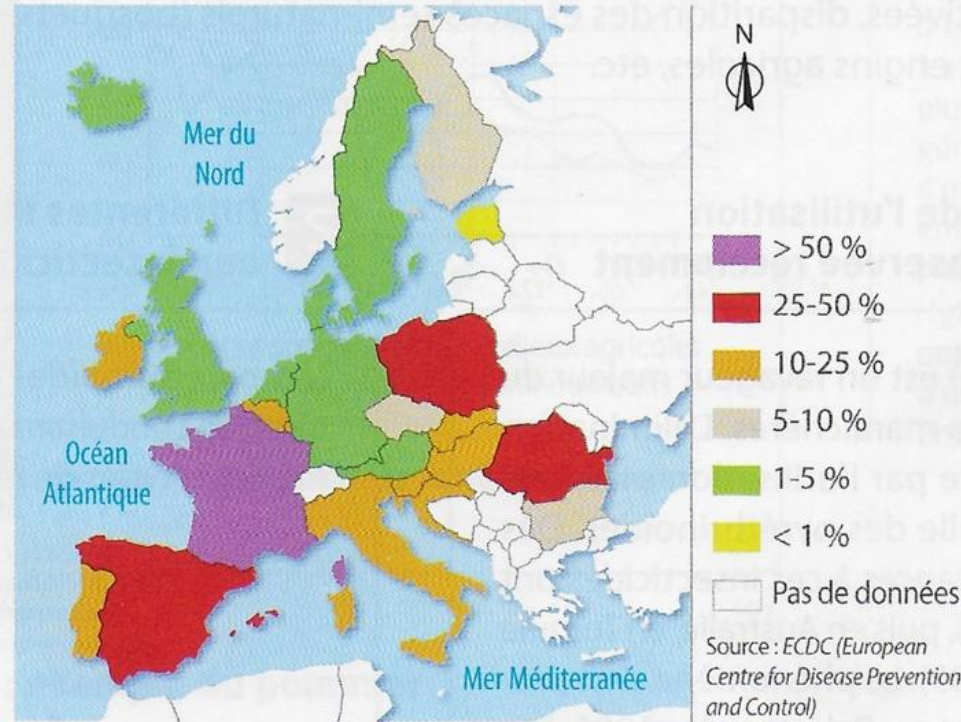
On observe que dans une population de bactérie les différences génétiques (mutation) vont conférer une résistance à un antibiotique. Dans ce cas, un traitement antibiotique va détruire les bactéries sensibles mais également sélectionner les bactéries résistantes qui vont alors pouvoir proliférer. Elles vont également pouvoir transférer leur résistance à d'autres bactéries.

L'antibiotique a donc joué le rôle de sélecteur "naturel" en favorisant les bactéries porteuses de la mutation qui les avantageaient.

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.

Dans le cadre du mécanisme précédent, la surconsommation d'antibiotique va entraîner l'apparition de résistances de plus en plus nombreuses.

On observe même des cas de multi-résistances.

Par exemple en France, où la prise d'antibiotique est importante (120 antibiotiques pour 1000 habitants), la résistance des pneumocoques (bactéries) est supérieure à 50%.

Inversement en suède, où la prise d'antibiotique est faible (40 antibiotiques pour 1000 habitants), la résistance des pneumocoques est faible 1 à 5%.

## Synthèse

Au sein d'une population de bactérie, par le mécanisme de mutation génétique, certaines bactéries ont acquis la capacité de résister à un antibiotique.

La prise de cet antibiotique de manière répétée et importante entraîne une sélection des bactéries résistantes, qui en plus de ne pas être éliminées (et donc de continuer à provoquer une éventuelle maladie) vont transférer leur résistance à d'autres bactéries.

Cette résistance contraint à donner d'autres antibiotiques au risque de, là aussi, voire se développer une résistance.

Il est donc nécessaire de diminuer notre consommation d'antibiotique au profit d'autres formes de traitement.

# Correction activité 14 : l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité

## Pratiques agricoles modernes pour augmenter les rendements

### Domestication des plantes et des animaux.

Celle-ci correspond à une sélection des individus les plus productifs (grande quantité de lait, grande masse musculaire, laine abondante, maturation des grains plus court, grains plus gros etc.

### Pratique de la monoculture de manière intensive

- Destruction des habitats
- Utilisation de produits phytosanitaires

Baisse de rendement

Apparition de ravageurs résistants (ex. Noctuelle)

Sélection "naturelle"

Erosion de la biodiversité des espèces et de la biodiversité génétique  
Diminution de la variabilité génétique