

# CHAPITRE 10 L'ÉVOLUTION COMME GRILLE DE LECTURE DU MONDE



## Fiche objectif n°10:

<b>Mots clés</b>	Sélection naturelle, variation, contrainte évolutive, antibiotique, multi résistance, stratégie prophylactique, produits phytosanitaires, domestication.			
		<b>NA</b>	<b>EA</b>	<b>A</b>
<b>Capacités et attitudes</b>	<b><u>Activité n°1</u></b> : expliquer l'origine d'une structure anatomique en mobilisant les concepts, de hasard, de variation, de sélection naturelle et d'adaptation : <b><u>ARG.</u></b>			
	<b><u>Activité n°2</u></b> : interpréter des caractéristiques anatomiques humaines en relation avec des contraintes historiques, des compromis sélectifs ou des régressions en cours : <b><u>ANA.</u></b>			
	<b><u>Activité n°3</u></b> : mobiliser des concepts évolutionnistes pour expliquer comment des populations microbiennes pourront à longue échéance en plus être sensibles à un vaccin ou à un antibiotique : <b><u>MER.</u></b>			
	<b><u>Activité n°4</u></b> : mobiliser des concepts évolutionnistes pour expliquer comment l'utilisation de produits phytosanitaires favorise le développement de ravageurs des cultures qui y sont résistants : <b><u>MER.</u></b>			

L'ANATOMIE DES ORGANISMES S'EXPLIQUE PAR UNE LONGUE HISTOIRE ÉVOLUTIVE. DE NOMBREUSES STRUCTURES ANATOMIQUES SONT AINSI LE RÉSULTAT DE LA SÉLECTION NATURELLE, EXPLIQUÉE PAR DARWIN EN 1859. POURTANT, CERTAINS CARACTÈRES SEMBLENT NE PAS AVOIR DE FONCTION, COMME PAR EXEMPLE LES TÉTONS DES HOMMES QUI N'ALLAIENT PAS. LES MÉCANISMES BIOLOGIQUES DE L'ÉVOLUTION NOUS ÉCLAIRENT ÉGALEMENT SUR LES CONSÉQUENCES DE NOS PRATIQUES MÉDICALES OU AGRICOLES.


**Problème** : Comment l'évolution permet-elle d'éclairer et de comprendre les phénomènes biologiques du monde ?

L'ŒIL EST UN ORGANE SENSIBLE À LA LUMIÈRE QUI PERMET À UN ANIMAL DE PERCEVOIR LE MILIEU QUI L'ENTOURE. PLUS CET ORGANE EST COMPLEXE, PLUS IL EST PERFORMANT POUR CAPTER LES RAYONS LUMINEUX DANS LE MILIEU DE VIE.


**Problème** : Comment des structures anatomiques aussi complexes que les yeux sont-elles apparues au cours de l'évolution ?

# I. L'évolution des yeux: démêler le vrai du faux


Activité n°1: L'évolution de la structure de l'oeil.



1. La mise en relation des données présentées dans le tableau du document 1 montre que la complexité de l'organe visuel est liée au mode de vie de chaque mollusque. Alors que la patelle qui vit fixée possède de simples photorécepteurs qui lui permettent de distinguer la présence ou non de lumière, l'espèce fossile *Pleurotomariacea* qui se déplace lentement peut distinguer la provenance de la source lumineuse. Le nautilus qui chasse des crustacés peu mobiles possède un œil qui lui permet de distinguer des formes qui seront perçues de façon encore plus nettes chez la seiche qui chasse des proies plus véloces. La mobilité de ces organismes est donc corrélée avec la qualité de la perception visuelle de leur environnement. À l'inverse, on constate une régression de l'œil chez le rat taupes qui n'utilise pas cet organe. En effet, le facteur du milieu responsable de sa sélection (la lumière) ne s'exerce plus, ce qui confirme son rôle.



2. La comparaison de la structure de l'organe de vision chez les différentes espèces de mollusques présentées dans le tableau du premier document permet d'établir l'arbre phylogénétique du document 2 qui montre que les innovations évolutives ne sont pas apparues en même temps, mais qu'elles se sont accumulées au cours de l'évolution. Ces apparitions progressives ont permis de diversifier les modes de vie de ce groupe dont toutes les innovations évolutives ont été conservées chez la seiche.



3. L'oeil humain possède des innovations semblables à celles d'une seiche. Cependant, à cause de l'organisation cellulaire de la rétine de notre œil, les photorécepteurs se retrouvant sous plusieurs couches de neurones que la lumière doit traverser, on a une légère perte de luminosité captée par la rétine et il existe une zone où aucune image ne se forme (la tache aveugle). L'oeil de la seiche, qui a ses photorécepteurs à la surface de sa rétine, ne présente pas ces deux contraintes. De ce point de vue, il est donc plus performant que le nôtre.





**Interview de Guillaume Lecointre,  
professeur du Muséum national d'Histoire naturelle**

L'œil de chaque mollusque est le fruit d'une histoire évolutive qui n'est pas linéaire: elle ne va pas du « plus simple » vers le « plus complexe ». Ainsi, certaines structures qui se ressemblent (comme l'acquisition d'une lentille) semblent être apparues de façon indépendante dans différents groupes de mollusques. Des **variations** dues à des mutations apparaissent par l'effet du **hasard**. Face à des contraintes similaires, la **sélection naturelle** peut aboutir à des structures semblables chez des espèces qui ne sont pas apparentées. On parle de convergence évolutive. Dans certains cas, les structures peuvent régresser ou disparaître. C'est le cas chez *Zospeum tholussum*, un gastéropode cavernicole découvert en 2013 dans des grottes en Croatie qui ne possède pas de système visuel (photo ci-contre). Les structures qui semblent simples ne sont pas nécessairement le résultat d'une histoire évolutive plus courte ou plus simple.





- 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  $\mu\text{m}$ , soit 0,7 mm. En effet, non adaptés au milieu obscur, les yeux ne confèrent plus d'avantage aux individus.

Magnard, Terminale, Enseignement scientifique, 2020, doc 4 p.185.

*Tursiops truncatus*, le Grand Dauphin, possède un œil adapté au plein jour comme à la pénombre sous-marine. Lorsqu'il est en surface, où la luminosité est bien plus importante, sa

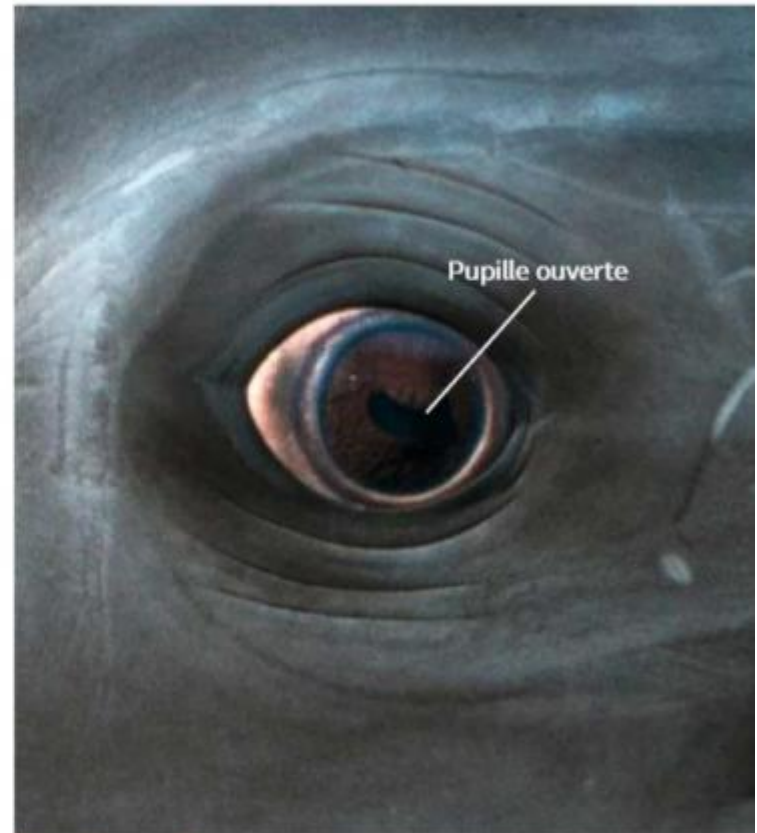
pupille extrêmement réduite le protège de l'éblouissement. Il voit donc bien en toutes circonstances, ce qui est un avantage certain pour se nourrir par exemple.



Pupille réduite en arc


Dauphin en surface

Source : I. R. Schwab, *Evolution's Witness : How Eyes Evolved*, 2012




Pupille ouverte

Dauphin sous l'eau



**Bilan** : Certaines structures anatomiques peuvent apparaître au premier abord d'une étonnante complexité. Ainsi, l'œil de chaque organisme vivant est le fruit d'une histoire évolutive qui n'est pas linéaire : elle ne va pas du plus simple au plus complexe. Certaines structures qui se ressemblent (ex : la lentille) semblent être apparues de façon indépendante dans différents groupes de mollusques par exemple. Chaque variation apparue est due à des mutations sous l'effet du hasard. La plupart du temps, la sélection naturelle permet de conserver les systèmes visuels les plus adaptés au besoin des organismes.



Sélection naturelle: variation non aléatoire de la fréquence des allèles au sein d'une population sous l'effet des pressions exercées par le milieu de vie (un allèle qui confère un avantage reproductif voit sa fréquence augmenter).

Variation : différence entre deux états au niveau d'un gène, d'un caractère.

CERTAINES STRUCTURES DE NOTRE ANATOMIE PRÉSENTENT DES PARTICULARITÉS SURPRENANTES POUVANT PARAÎTRE SANS FONCTION AVÉRÉE OU BIEN D'UNE ÉTONNANTE COMPLEXITÉ.

**Problème** : Comment l'évolution permet-elle de comprendre les particularités de l'anatomie humaine ?

## II. Structures anatomiques, témoins de l'évolution des espèces :


Test muscle long palmaire.

[https://www.maxisciences.com/gs-news/pourquoi-certains-ont-un-tendon-apparent-au-poignet-et-d-autres-pas-la-raison-va-vous-etonner\\_art37504.html](https://www.maxisciences.com/gs-news/pourquoi-certains-ont-un-tendon-apparent-au-poignet-et-d-autres-pas-la-raison-va-vous-etonner_art37504.html)



**Activité n°2: Des traces de  
l'évolution dans notre anatomie.**






Certaines innovations évolutives subissent des compromis ou sont liées à l'histoire évolutive de l'anatomie de l'espèce.


-Le doc 1 montre que la présence d'un bassin plus étroit complique le passage de la tête du bébé dont le volume a augmenté au cours de l'évolution de la lignée humaine. Le tableau montre que l'on est passé de 450 à 1 450 cm<sup>3</sup> en un peu plus de trois millions d'années.

- Cependant l'apparition de la bipédie s'accompagne d'un rétrécissement du bassin. L'émergence de la bipédie a donc eu pour conséquence une augmentation des risques de mortalité lors de l'accouchement mais sans que cela soit préjudiciable à la survie des espèces.



-La présence de tétons chez l'homme (doc 2) s'explique par une contrainte de construction. En effet, ces tétons apparaissent très précocement au cours du développement embryonnaire. L'absence de réel désavantage et le coût énergétique supplémentaire lié à leur suppression explique leur maintien.

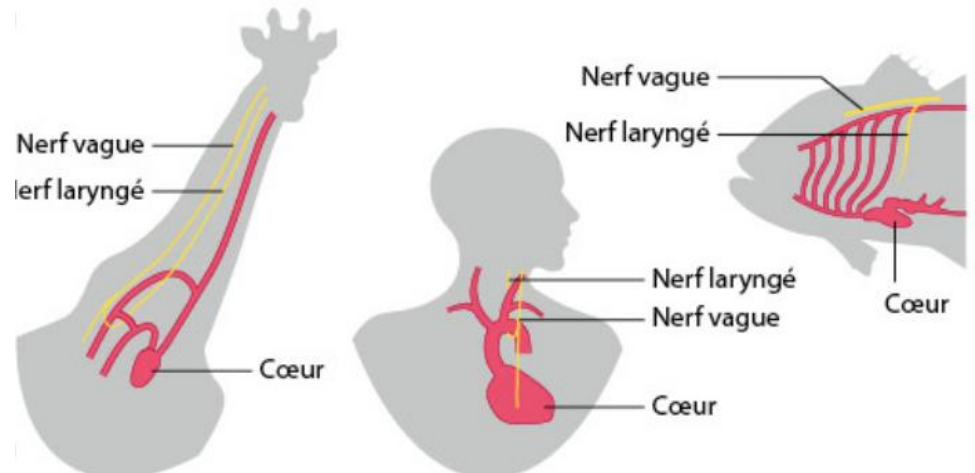
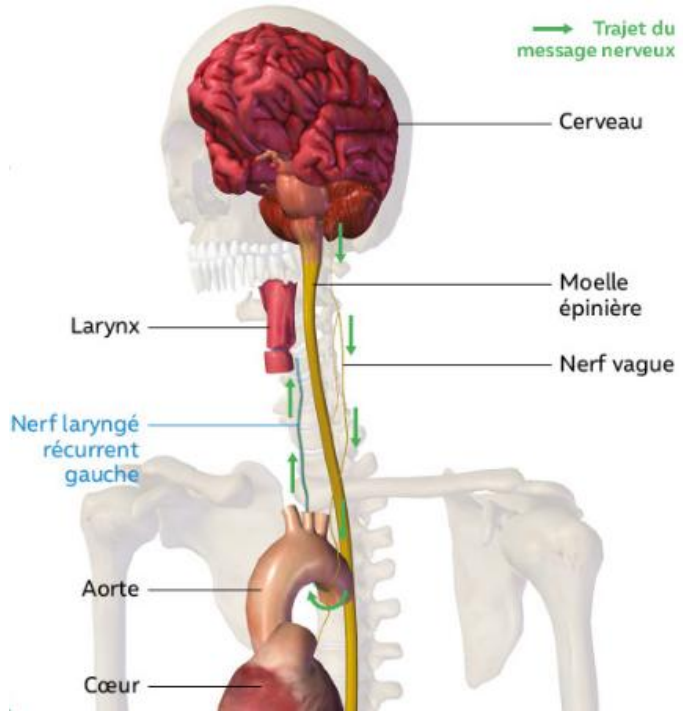
- L'apparition de l'externalisation des testicules au cours de l'évolution s'est accompagnée d'une augmentation de la longueur du canal déférent qui les relie à la prostate. La disparition de ce canal pour le remplacer par un autre plus court étant trop complexe, le canal a donc été maintenu même s'il est devenu moins fonctionnel.




La proportion d'individus ne développant pas de dent de sagesse est variable selon les régions du monde, entre 5 et 25 %. On observe donc une régression en cours supposée de ce caractère, en lien avec une contrainte de place dans la mâchoire, ou par le fait que les dents définitives s'usant moins, les individus qui ne les remplacent pas par les dents de sagesse ne sont pas désavantagés.

Certains caractères pourraient être en cours de régression comme l'appendice (dont l'inflammation est responsable de l'appendicite) ou le cinquième orteil.

→ Trajet du message nerveux





**Bilan** : L'organisation de nos organes ne peut pas uniquement se comprendre sous l'angle de la sélection naturelle adaptative : des contraintes évolutives fortes pèsent sur leur mise en place (trajet de la crosse aortique) ou expliquant leur origine (difficultés obstétriques).

A la lumière de mécanismes évolutifs, on comprend le maintien de certains organes (contrainte de développement pour le téton masculin) ou leur régression (dents de sagesse ?). L'anatomie humaine n'est pas parfaite, c'est le produit d'une histoire évolutive complexe et sans objectif préétabli.


**Contraintes évolutives** : ensemble de pressions qui s'exercent sur des êtres vivants et pouvant conduire, par sélection naturelle, à une évolution.

LES MÉCANISMES ÉVOLUTIFS SONT  
ÉTUDIÉS SUR DES TEMPS LONGS.  
POURTANT, L'ÉVOLUTION  
BIOLOGIQUE S'OBSERVE AUSSI SUR  
DES TEMPS PLUS COURTS,  
NOTAMMENT QUAND ON  
S'INTÉRESSE AUX  
MICROORGANISMES.

**Problème** : En quoi les connaissances des mécanismes évolutifs peuvent aider les humains à combattre des maladies ?

## III. Biologie évolutive et pratiques médicales:

Activité n°3: Résistance aux antibiotiques et mécanismes évolutifs.



1. Un antibiogramme est une technique de laboratoire visant à tester la sensibilité d'une souche bactérienne vis-à-vis d'un ou de plusieurs antibiotiques. On étale la culture bactérienne sur un gel d'agar dans une boîte de Pétri que l'on met en présence d'un ou de plusieurs antibiotiques (pastilles). On observe ensuite les conséquences sur le développement ou la survie des bactéries : si on observe la présence d'un halo autour de la pastille, les bactéries sont détruites, elles sont donc sensibles à l'antibiotique. Si en revanche on remarque l'absence de halo autour de la pastille, les bactéries survivent donc elles sont résistantes à l'antibiotique. Plus le diamètre du halo est grand, plus l'antibiotique est efficace. On observe un halo autour des pastilles AMC (amoxicilline), IMP (imipénème), FEP (céfoxitine) et C (chloramphénicol), mais pas autour des autres pastilles (CTX = céfotaxime, FT = furanes). Le diamètre des halos est de plus en plus petit :  $FEP > IMP > AMC > C$ . On en déduit que certaines bactéries ont été détruites et qu'elles sont sensibles aux antibiotiques AMP, IMP, FEP et C (limite vu la taille du halo). Celles qui ne sont pas détruites sont donc résistantes aux antibiotiques CTX et TF. Les bactéries étudiées sont plus sensibles à FEP et IMP qu'à AMP et C.



- 2. Doc. 2 : pour expliquer la résistance à l'antibiotique céfotaxime, on compare le gène codant l'enzyme  $\beta$ -lactamase chez une bactérie sensible SHV1 (enzyme non fonctionnelle) et chez une bactérie résistante SHV2 (enzyme fonctionnelle qui détruit l'antibiotique). On observe une mutation par substitution (G devient A au 700e nucléotide) : il y a eu création d'un nouvel allèle codant la  $\beta$ -lactamase chez la bactérie SHV2 qui explique sa résistance.

Il existe donc un lien possible entre la séquence d'ADN et la séquence d'acide aminés et donc sur la configuration spatiale de la  $\beta$ -lactamase (synthèse des protéines-1<sup>re</sup> spécialité).


- Doc. 3 : soumises à l'antibiotique z, les bactéries résistantes, possédant l'allèle muté, survivent et se multiplient alors que les bactéries sensibles meurent. Les bactéries résistantes transmettent ainsi l'allèle muté : c'est la sélection naturelle.
- *Remarque* : Le phénomène de transfert horizontal de gènes entre bactéries accentue l'augmentation des populations résistantes.

La résistance bactérienne s'explique donc par les mutations (hasard) et la sélection naturelle.

- 3. On observe que plus la consommation d'antibiotiques est importante dans un pays, plus les bactéries sont résistantes à ces antibiotiques. Exemple : en France la consommation est plus forte qu'en Suède (120 doses /habitants contre 40) et la résistance du pneumocoque y est plus importante (supérieure à 50 % contre 1 à 5 %).
  
- 4. Il convient d'évaluer, en France, les antibiotiques pour lesquels on observe une grande résistance (par exemple la pénicilline) et d'éviter leur utilisation en cas d'épidémie. Cette étude est spécifique de chaque pays (par exemple en Italie, pénicilline et quinolones).

Il est nécessaire également d'accentuer les campagnes d'informations relatives :


- aux gestes de santé individuelle et en milieu hospitalier,
- à l'utilisation raisonnée des antibiotiques en milieu agronomique et vétérinaire,
- aux recherches sur la mise en place de nouveaux antibiotiques.




3. On compare deux types de populations : des populations à moins de 500 mètres d'une route, subissant donc les effets de la présence de cette route, et des populations à plus de 500 mètres la route ne subissant pas les effets de la route. Cette seconde catégorie sert de référence (témoin).

L'indice de consanguinité des populations situées à moins de 500 mètres de la route est environ 30 % plus élevé que celui des populations situées à plus de 500 mètres de la route.

Donc, au vu des explications dans le texte, on peut en déduire que ces populations sont isolées. La conséquence est que la diversité génétique est plus faible dans ces populations, ce qui accroît leur risque d'extinction.



4. Étant donné les effets de la fragmentation observés (perte de diversité génétique liée à un faible effectif et liée à un isolement des populations), il faut mettre en place des mesures qui maintiennent la diversité génétique (réservoir de biodiversité) et réduisent l'isolement des populations (corridor écologique). C'est ce qui est proposé par la trame verte et bleue.



**Bilan** : L'évolution permet de comprendre des phénomènes biologiques ayant une importance médicale tels que l'augmentation de la résistance bactérienne aux antibiotiques. L'utilisation accrue de traitements antibiotiques dans différents domaines (santé publique, agronomie, vétérinaire) conduit à une augmentation de la fréquence des formes résistantes dans les populations de bactéries par sélection naturelle et au phénomène de multi résistance.

Il est donc nécessaire d'adopter de stratégies prophylactiques qui prennent en compte le risque de résistance associé à l'utilisation des vaccins et des antibiotiques afin de préserver leur efficacité.

**Antibiotique** : substance qui détruit ou inhibe le développement de bactéries.

**Multi résistance** : fréquences des allèles et des génotypes au sein d'une population.

**Stratégie prophylactique** : ensemble de moyens mis en œuvre pour prévenir les maladies.

LE DÉVELOPPEMENT DE  
L'AGRICULTURE, QUI A DÉBUTÉ AVEC  
LA DOMESTICATION, POSE  
AUJOURD'HUI DE NOMBREUX  
PROBLÈMES. PARMI EUX : L'ÉROSION  
DE LA BIODIVERSITÉ ET LE  
DÉVELOPPEMENT DE RÉSISTANCES  
AUX TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES.

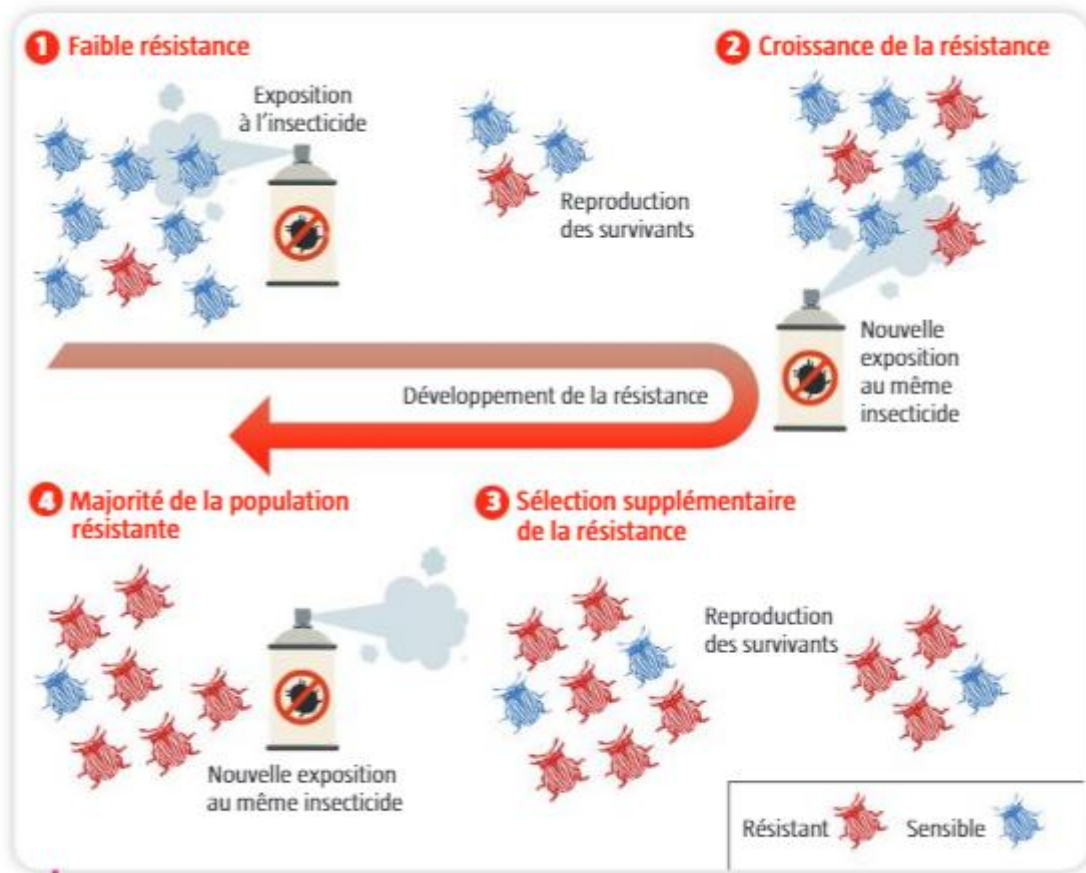
**Problème** : Comment expliquer que nos pratiques agricoles soient à l'origine de ces deux problèmes majeurs ?

## IV. L'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité:

Activité n°4: Evolution et agriculture.


- L'usage des insecticides a connu un très fort développement à partir de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Il est devenu quasiment systématique dans la plupart des pratiques agricoles.

- Parallèlement, les scientifiques ont observé une augmentation du nombre d'espèces d'insectes résistants aux insecticides. Ces insectes peuvent être des ravageurs de culture, c'est-à-dire qu'ils attaquent les plantes cultivées en provoquant des dégâts directs (par leur régime alimentaire ou leur mode de vie parasite), ou indirects lorsqu'ils sont vecteurs de maladies. Par exemple, le doryphore est un insecte ravageur des cultures de pommes de terre.



Scénario possible pour le développement d'une résistance chez une population de doryphores.





Pour envisager des stratégies agricoles afin de limiter la résistance aux ravageurs, on peut s'inspirer des stratégies sanitaires pour limiter les antibiorésistances :

- rationaliser l'utilisation de ces produits en utilisant les bons produits aux bons endroits et aux bons moments ;
- favoriser les actions alternatives liées aux pratiques culturales, à la lutte physique ou à la lutte biologique ;
- suivre l'évolution des résistances afin de mieux les connaître.

Pour limiter l'érosion de la biodiversité, on peut envisager de :

- limiter les monocultures et de favoriser des systèmes plus intégrés comme l'agroforesterie ;
  - favoriser les rotations dans le temps ;
  - protéger les zones d'origine des plantes ancestrales.
- .



**Bilan** : Depuis la révolution agricole, certaines pratiques ont été privilégiées afin d'augmenter la production ainsi que les rendements mais non sans impact sur la biodiversité :

- l'utilisation massive de produits phytosanitaires tels que les insecticides favorise des espèces résistantes à ces produits par sélection naturelle ;
- la domestication d'une espèce entraîne une perte de sa diversité génétique, ce qui est un risque pour l'évolution de la biodiversité ;
- la monoculture appauvrit les sols et entraîne une diminution de la biodiversité.

**Produits phytosanitaires**: ensemble de moyens médicaux mis en œuvre pour empêcher l'apparition d'une maladie. Par exemple : des mesures d'hygiène, la vaccination....

**Domestication** : en agriculture, sélection par les humains des caractères qui les intéressent pour produire les plantes ou animaux de la génération suivante.