

TD3 : L'évolution, un enjeu agricole et environnemental

Objectifs

- Montrer que les pratiques humaines (notamment agricoles) exercent des pressions de sélection sur les organismes vivants.
- Comprendre comment les mécanismes évolutifs expliquent l'apparition d'organismes résistants (insectes, plantes, bactéries).
- Réfléchir à l'impact de ces évolutions sur la biodiversité et sur les stratégies agricoles durables.

L'évolution biologique ne se limite pas aux temps géologiques : elle est **observable à court terme** dans les populations actuelles.

Les activités humaines, qu'elles soient médicales ou agricoles, modifient les conditions de vie des organismes et créent de nouvelles **pressions de sélection**.

Ainsi, les **insectes ravageurs**, les **mauvaises herbes** et même certaines **bactéries du sol** ont évolué en réponse à l'utilisation massive d'insecticides, d'herbicides et d'antibiotiques.

Comment les pratiques agricoles humaines provoquent-elles des évolutions rapides chez les êtres vivants ?

Document 1 : L'évolution des insectes résistants aux insecticides

L'emploi massif d'insecticides de synthèse, tels que le DDT dans les années 1950 puis les pyréthrinoïdes dans les années 1980, a profondément modifié la composition génétique des populations d'insectes.

Dès les premières décennies, plusieurs espèces de moustiques, de pucerons ou de moucheron ont montré une résistance accrue à ces substances.

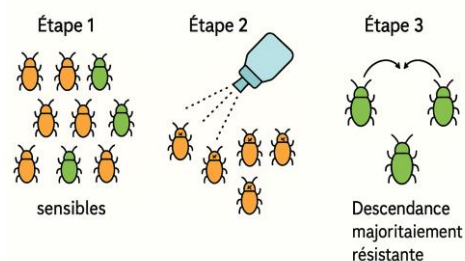
Chez le **moucheron du coton (*Heliothis virescens*)**, on a identifié une mutation d'un gène codant une enzyme (l'acétylcholinestérase) qui empêche l'insecticide de se fixer sur sa cible.

Ces individus porteurs de la mutation ont survécu aux traitements, se sont reproduits, et ont rapidement dominé les populations locales.

En 1990, la quasi-totalité des individus capturés dans certaines régions d'Amérique du Nord portaient cette mutation.

Source : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2022

Sélection d'une population d'insectes par un insecticide



Sélection d'une population d'insectes par un insecticide

Questions :

- 1- Quelle est l'origine de la résistance observée ?
- 2- Comment l'insecticide a-t-il modifié la fréquence du gène de résistance ?
- 3- En quoi cet exemple illustre-t-il le rôle de la **sélection naturelle** dans une population ?
- 4- Quelles conséquences cela peut-il avoir sur l'efficacité à long terme des traitements chimiques ?

Document 2 : L'apparition de plantes résistantes aux herbicides

Les herbicides sont utilisés depuis les années 1960 pour limiter la croissance des "mauvaises herbes" dans les champs cultivés.

Leur efficacité repose sur la destruction sélective des plantes qui possèdent une voie métabolique sensible à la molécule. Cependant, certaines espèces ont développé des **mutations** qui empêchent l'herbicide d'agir.

C'est le cas de l'**amarante de Palmer (*Amaranthus palmeri*)**, originaire des États-Unis, devenue emblématique du phénomène.

Cette plante, initialement rare, a développé une duplication du gène EPSPS, cible du glyphosate.

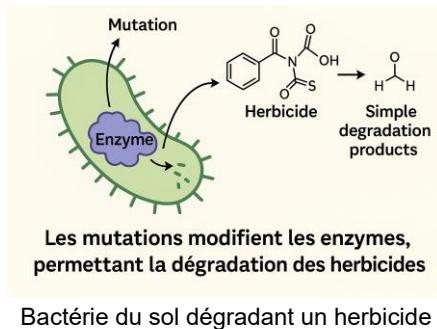
Ces individus mutés résistent au désherbant et produisent davantage de descendants.

En 1996, les populations étaient quasi entièrement sensibles. En 2010, plus de 90 % des plants analysés dans les champs de soja du Midwest étaient résistants.

Source : INRAE – Dossier "Résistances des adventices", 2023

Questions :

- 5- Quelle est la nature du mécanisme à l'origine de la résistance chez *Amaranthus palmeri* ?
- 6- Comment la fréquence du caractère "résistance" évolue-t-elle au cours du temps ?
- 7- Quelle est la pression de sélection dans ce cas ?
- 8- Quelles stratégies agricoles pourraient ralentir cette évolution ?

Document 3 : Des bactéries du sol capables de dégrader les herbicides

Des bactéries présentes dans les sols agricoles exposés depuis des décennies aux herbicides ont développé des **enzymes spécialisées** capables de dégrader ces molécules.

Ce processus s'explique par des **mutations** dans les gènes codant des enzymes du métabolisme cellulaire, parfois couplées à un **transfert horizontal de gènes** entre espèces.

Ces bactéries utilisent les composés chimiques des herbicides comme **source de carbone et d'énergie**, ce qui leur confère un avantage sélectif dans les sols pollués.

Ce phénomène illustre la capacité des microorganismes à évoluer rapidement sous des pressions environnementales fortes.

Source : Nature Reviews Microbiology, 2021

Questions :

- 9- Pourquoi dit-on que ces bactéries se sont "adaptées" à leur environnement ?
- 10- En quoi cet exemple illustre-t-il une **évolution adaptative** au sens biologique ?
- 11- Quelles conséquences cela peut-il avoir sur les pratiques agricoles à long terme ?

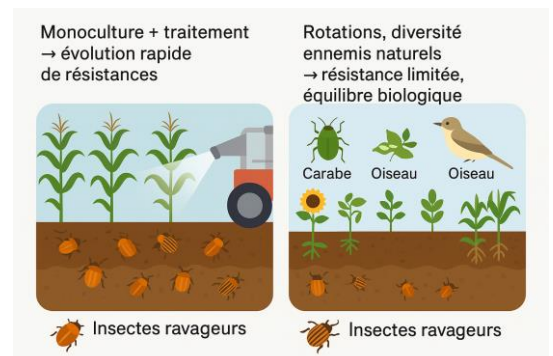
Document 4 : Vers une agriculture évolutive et durable

Les pratiques agricoles intensives reposent sur des monocultures, des traitements répétés et une homogénéisation génétique des cultures.

Ces pratiques créent une forte **pression de sélection** sur les populations d'organismes nuisibles et favorisent l'émergence de résistances.

Pour limiter ces évolutions rapides, les chercheurs préconisent le développement d'une **agriculture évolutive durable**, fondée sur la **diversification génétique**, la **rotation des cultures**, la **modération des intrants** et l'utilisation de **pratiques agroécologiques** (auxiliaires de culture, plantes compagnes, etc.).

Ces méthodes réduisent la pression sélective, favorisent la résilience des écosystèmes et maintiennent une biodiversité fonctionnelle.



Comparaison entre deux systèmes agricoles

Source : Rapport INRAE-CIRAD, 2022

Questions :

- 12- Pourquoi les pratiques intensives accélèrent-elles l'évolution de résistances ?
- 13- En quoi la diversification des cultures et des traitements peut-elle ralentir ce phénomène ?
- 14- Pourquoi peut-on parler d'"agriculture évolutive durable" ?
- 15- Quel parallèle peut-on faire avec les cas de résistance médicale (antibiotiques, virus) étudiés précédemment ?

Question bilan :

Quels enseignements ces quatre exemples apportent-ils sur les relations entre activités humaines, évolution biologique et durabilité des écosystèmes agricoles ?