

La biodiversité et son évolution

Evaluer la biodiversité à différentes échelles spatiales et temporelles représente un enjeu majeur pour comprendre la dynamique et les conséquences des actions humaines. Les populations évoluent au cours du temps. Des modèles mathématiques probabilistes et des outils statistiques permettent d'étudier les mécanismes évolutifs impliqués.

I. Évaluer la biodiversité : un enjeu majeur

La **biodiversité** désigne la variété du vivant. Elle se définit à plusieurs niveaux (*rappels de secondes*) :

- la diversité des **écosystèmes** (forêt tropicale, récif corallien, désert, etc.) ;
- la diversité des **espèces** (nombre et variété d'espèces animales, végétales, fongiques, microbiennes) ;
- la diversité **génétique** (variations à l'intérieur d'une même espèce, par exemple les couleurs de pelage chez les loups ou la diversité des groupes sanguins chez l'Homme).

Évaluer la biodiversité consiste donc à prendre en compte cette pluralité de niveaux. Pour la mesurer, les scientifiques utilisent différents **indices** :

- Le plus simple est la **richesse spécifique**, c'est-à-dire le nombre d'espèces présentes dans un milieu.
- Des indices plus complexes, comme l'**indice de Shannon** ou l'**indice de Simpson**, tiennent compte à la fois du nombre d'espèces et de l'abondance relative de chacune.

La biodiversité peut être étudiée à différentes **échelles spatiales**. À l'échelle locale, on peut par exemple inventorier les espèces présentes dans une mare ou une forêt. À l'échelle globale, on constate que certaines régions concentrent une grande part de la biodiversité mondiale : c'est le cas de l'Amazonie qui abriterait à elle seule environ 10 % des espèces connues.

Elle peut aussi être étudiée à différentes **échelles temporelles**. Les fossiles permettent de reconstituer la biodiversité passée et de mettre en évidence de grandes extinctions. Par exemple, la crise du Permien-Trias, il y a environ 250 millions d'années, a entraîné la disparition de 90 % des espèces marines. À l'échelle récente, les suivis scientifiques montrent que certaines espèces déclinent rapidement, comme les amphibiens dont près d'un tiers est aujourd'hui menacé.

Évaluer la biodiversité est donc indispensable **pour comprendre son évolution, et pour anticiper les conséquences des actions humaines qui la menacent**.

II. La biodiversité évolue au cours du temps

La biodiversité n'est pas une donnée figée : elle varie continuellement. L'histoire de la Terre montre une alternance entre périodes de diversification et épisodes de crises. Les cinq grandes crises biologiques (dont celle qui a entraîné la disparition des dinosaures il y a 66 millions d'années) sont suivies de phases d'expansion où de nouvelles espèces apparaissent et se multiplient. Ainsi, après la disparition des dinosaures, les mammifères ont connu une formidable diversification.

Cette dynamique repose sur des **mécanismes évolutifs** qui transforment les populations au fil du temps :

- **Les mutations génétiques** introduisent du hasard dans le patrimoine génétique. Elles sont rares, mais constituent la source première de diversité.
- **La sélection naturelle**, mise en évidence par Darwin, favorise les individus porteurs de caractères avantageux dans un environnement donné. Ces individus survivent et se reproduisent davantage, transmettant leurs caractères à la génération suivante.
- **La dérive génétique** correspond à une évolution aléatoire de la fréquence des allèles dans une population, surtout lorsque celle-ci est de petite taille.
- **Le flux de gènes**, par les migrations, permet l'échange d'allèles entre populations, contribuant au maintien ou à l'augmentation de la diversité.

Des exemples concrets illustrent ces mécanismes :

- *Les bactéries résistantes aux antibiotiques apparaissent par mutation, et la sélection naturelle favorise leur survie dans un environnement médicalisé.*
- *Les moustiques peuvent devenir résistants aux insecticides de la même manière.*
- *Chez les souris des sables, la couleur du pelage est influencée par la sélection naturelle : les individus dont le pelage se rapproche de la couleur du sol sont mieux camouflés et donc moins prédatés.*

Ainsi, la biodiversité est le résultat d'un équilibre dynamique entre apparition, transformation et disparition des espèces.

III. Des outils mathématiques et statistiques pour étudier l'évolution

L'évolution et la biodiversité peuvent être décrites à l'aide de **modèles mathématiques**. L'un des plus célèbres est la loi de **Hardy-Weinberg**. Elle indique que, dans une population idéale (très grande, sans migration, sans mutation et sans sélection), la fréquence des allèles reste stable au cours du temps. Si l'on note p la fréquence d'un allèle A et q la fréquence de l'allèle a, on obtient :

- fréquence du génotype (AA) : p^2
- fréquence du génotype (Aa) : $2pq$
- fréquence du génotype (aa) : q^2

Ce modèle sert de point de référence : si les fréquences observées s'écartent de celles attendues, on peut conclure qu'il y a eu **sélection, dérive génétique ou flux de gènes**.

Les probabilités et les statistiques permettent également d'**analyser des populations réelles** :

- on utilise l'**échantillonnage** car il est impossible de recenser tous les individus ;
- on applique des **indices de diversité** pour comparer deux milieux ou suivre un même milieu au cours du temps ;
- on construit des **courbes d'évolution** pour suivre les effectifs d'une population, ou la fréquence d'un allèle.

Exemple : le suivi de la fréquence d'un allèle de résistance aux insecticides chez les moustiques permet de prévoir à quelle vitesse cette résistance va se généraliser, et donc d'adapter les stratégies de lutte.

Ainsi, les outils mathématiques ne remplacent pas l'observation directe, mais ils permettent de **modéliser et de prévoir** l'évolution de la biodiversité.

IV. Les conséquences des activités humaines

L'activité humaine exerce aujourd'hui une pression considérable sur la biodiversité, au point que certains scientifiques parlent d'une « **sixième crise d'extinction** » en cours.

Plusieurs facteurs en sont responsables :

- la **destruction des habitats** (déforestation, urbanisation, assèchement des zones humides) réduit l'espace vital de nombreuses espèces ;
- la **pollution et la surexploitation** (pêche intensive, chasse excessive) accentuent la disparition d'espèces ;
- le **changement climatique** modifie les conditions de vie, forçant certaines espèces à migrer vers le nord ou vers des altitudes plus élevées, ou entraînant leur disparition si elles ne peuvent s'adapter ;
- l'**introduction d'espèces invasives** bouleverse les écosystèmes.

Quelques exemples concrets :

- En Australie, le crapaud buffle, introduit pour contrôler des insectes nuisibles, est devenu invasif et s'attaque à de nombreuses espèces locales.
- Les coraux blanchissent sous l'effet du réchauffement et de l'acidification des océans, mettant en péril tout l'écosystème récifal.
- Les ours polaires voient leur habitat se réduire avec la fonte de la banquise arctique.

Ces perturbations ont un impact direct sur les écosystèmes mais aussi sur l'humanité, car nous dépendons de la biodiversité pour l'alimentation, les ressources médicales, et la régulation du climat.

V. Santé des écosystèmes et santé de l'Homme

a) Les écosystèmes, indispensables à la vie humaine

Les écosystèmes en bonne santé rendent de nombreux services écosystémiques dont l'Homme dépend directement.

- Ils assurent des services d'approvisionnement : nourriture, eau potable, bois, fibres textiles ou encore molécules naturelles utilisées en médecine (par exemple, l'aspirine est issue du saule, la quinine du quinquina).
- Ils fournissent des services de régulation : purification de l'air et de l'eau, pollinisation des plantes par les insectes, régulation des populations de parasites et de ravageurs par leurs prédateurs.

- Ils offrent également des services culturels : paysages, loisirs, bien-être psychologique, valeur spirituelle ou patrimoniale.
- Enfin, ils assurent des services de soutien : cycle des nutriments, formation et fertilité des sols, régulation du climat à travers le cycle du carbone.

Exemple : la disparition des abeilles et autres pollinisateurs menace directement la reproduction de nombreuses plantes cultivées et donc notre alimentation.

b) Des écosystèmes dégradés, un danger pour la santé humaine

Lorsque les écosystèmes sont perturbés par l'Homme, les équilibres naturels se rompent et cela entraîne des conséquences pour notre santé.

- La déforestation et l'urbanisation rapprochent les humains des animaux sauvages. Cela favorise l'émergence de zoonoses, c'est-à-dire des maladies transmises de l'animal à l'Homme. Plusieurs grandes pandémies récentes sont liées à ce phénomène, comme Ebola, le VIH ou encore la Covid-19.
- La pollution de l'air, de l'eau ou des sols augmente les maladies respiratoires, digestives ou cardiovasculaires. Par exemple, l'exposition prolongée aux particules fines est responsable de millions de décès prématurés dans le monde chaque année.
- La surexploitation des ressources (pêche intensive, destruction des sols agricoles) compromet la sécurité alimentaire, en réduisant la quantité et la qualité des aliments disponibles.

Exemple : dans certaines zones tropicales, la disparition des prédateurs naturels des moustiques (comme certains poissons ou amphibiens) a entraîné une augmentation des cas de paludisme.

c) Une approche intégrée : « One Health »

Face à ces enjeux, les chercheurs et les organisations internationales défendent une approche appelée « One Health » (« Une seule santé »). Elle repose sur l'idée que :

- la santé humaine,
- la santé animale,
- et la santé des écosystèmes

sont étroitement liées et doivent être étudiées ensemble.

Cette approche montre que la protection de la biodiversité n'est pas seulement une question environnementale, mais aussi un enjeu de santé publique. Préserver les forêts, les zones humides, les sols et les océans revient à protéger nos sources d'alimentation, nos médicaments futurs, notre qualité de vie et notre résistance face aux maladies.

Exemple : la lutte contre la déforestation en Amazonie contribue à maintenir la biodiversité, mais aussi à limiter le risque d'apparition de nouvelles maladies infectieuses et à réduire le changement climatique.

Conclusion

La biodiversité est un **patrimoine vivant** en perpétuel changement. Son évolution résulte de mécanismes naturels (mutations, sélection, dérive génétique, flux de gènes), mais elle est aujourd'hui accélérée et menacée par les activités humaines.

La comprendre suppose d'associer des **observations naturalistes**, des **analyses génétiques** et des **outils mathématiques** afin d'évaluer son état, d'identifier les menaces et de prévoir ses transformations.

La préservation de la biodiversité représente un enjeu majeur non seulement pour la science, mais aussi pour la survie et le bien-être des sociétés humaines.

La santé de l'Homme dépend directement de celle des écosystèmes. Détruire la biodiversité revient à fragiliser notre propre survie. Inversement, restaurer et protéger les milieux naturels constitue une véritable stratégie de prévention sanitaire. L'approche **One Health** invite donc à penser le vivant comme un tout solidaire, où l'avenir de l'Homme est indissociable de celui de la planète.