



Biodiversité et ADNe

La **taxinomie** (classification du vivant) existe depuis la Grèce antique.

Naturalisme : reconnaître et connaître les êtres vivants, comprendre leurs relations dans un écosystème afin de les faire exister et les protéger. Une recherche de ceux que notre société moderne invisibilise. Observer la manière unique qu'a chaque être vivant d'habiter le monde. Créer un lien affectif et sensible avec la nature pour susciter sa préservation. Il faut connaître pour aimer, faire partie de cette vie qui nous entoure sans la réduire, sans la détruire.

Carl Von **Linné** lui donne un essor au 18e siècle avec sa **nomenclature binomiale** : un nom de genre avec une majuscule et un nom d'espèce déterminés selon des caractères morphologiques communs, habitats, comportements. Plus tard, avec la découverte de l'ADN, la génétique viendra affiner la taxonomie.

Espèce cryptique : il s'agit d'une espèce qui en abrite en réalité plusieurs sur la base de critères morphologiques et que seule la génétique différencie.

A) L'ADNe :

C'est Andrew Ogram qui parle en premier d'ADN environnemental. Il s'agit de l'ADN échantillonné depuis une matrice environnementale. Il permet de détecter les espèces du milieu étudié. L'ADNe permet de retrouver des espèces de faible densité. L'ADNe des fèces permet de déterminer le régime alimentaire de l'espèce.

Traces d'ADNe dans 1 litre d'eau de mer (2017) :

- 85.9% d'espèces inconnues.
- 14.1% contiennent 94.5% de bactéries, 2.4% d'eucaryotes (dont 1.2% de poissons, 3% de virus et 0.4% d'Archées).

Ce que nous croyions connaître du monde n'était qu'un fragment des espèces façonné par le biais de nos méthodes et les contraintes matérielles de nos outils.

L'ADNe détecte donc l'invisible par les discrètes traces visibles (fragments d'ADN) visibles que l'invisible laisse : rien n'existe sans laisser de traces. Un nouvel **Umwelt**, le paysage n'est plus seulement visuel, acoustique ou olfactif, il est moléculaire.

Umwelt : manière de comprendre que le monde est perçu différemment par chaque être vivant en fonction de ses propres qualités sensorielles et de ses interactions avec son environnement.

L'ADNe permet une couverture spatiale et temporelle inédite. En révélant l'invisible, il nous sort d'une approche par les espèces pour aller vers une vision écosystémique montrant les interactions entre les êtres vivants visibles et invisibles des écosystèmes.

La recherche d'**espèces invasives** souvent exogène et introduites par l'homme est prioritaire car il s'agit d'une des principales causes de la perte de la biodiversité avec le réchauffement climatique, l'artificialisation et la pollution des milieux. L'ADNe permet de les détecter précocement avant qu'elles soient perceptibles par une densité significative dans l'écosystème. Les espèces invasives concurrencent les espèces locales pour les ressources, introduisent des maladies et modifient les habitats naturels.

UICN : l'union internationale pour la conservation de la nature est dédiée à la conservation de la biodiversité et à l'utilisation durable des ressources naturelles (www.iucnredlist.org).

Les molécules d'ADN sont dégradées en quelques jours par les UV, la température et les micro-organismes. Il faut donc préserver les collectes dans une solution tampon. Il y a l'**ADN intracellulaire** (contenu dans les cellules vivantes) et l'**ADN extracellulaire** (contenu dans les pertes de tissus organiques, le mucus, l'urine et les fèces).

Méthode de collecte d'ADNe en mer : on définit des **transects**, lignes imaginaires ou matérialisées sur le terrain le long de laquelle les observations ou les mesures sont effectuées. L'ADNe permet d'étendre le champ d'investigation, les données sont plus fines. Cela augmente l'efficacité du suivi des aires marines protégées et de l'évaluation des mesures de conservation. Cet un outil précieux pour la gestion durable des espèces menacées.



En 2023, le COL (catalogue of life) recense 2.3 millions d'espèces. Or une estimation récente pense qu'il y en aurait 8 à 12 millions sur la planète.

Cet écart s'explique par une série de déficits :

- Le **déficit linnéen** : la plupart des espèces ne sont pas décrites.
- Le **déficit wallacéen** : pour une majorité d'espèces nous ne connaissons pas leur répartition géographique.
- Le **déficit darwinien** : nous connaissons mal la phylogénie (lien de parenté) des espèces.
- Le **déficit prestonien** : nous connaissons mal l'abondance des espèces et leurs variations numériques dans l'espace-temps.
- Le **déficit hutchinsonien** : nous manquons de connaissances sur les modes de vie des espèces et leur vulnérabilité aux modifications de leur habitats.

Avec l'ADNe, les résultats sont bien plus robustes qu'avec les autres méthodes d'observation, la détection passe de 57% à 97% selon le contexte et les espèces. Lorsqu'une espèce a été répertoriée, elle devient visible aux yeux des organismes de conservation comme les ONG et aux décideurs politiques. Au rythme actuel, la description des espèces non connues pourrait prendre 1200 ans et nécessiterait 300 000 taxonomistes. Le MNHN (musée national d'histoire naturelle) de Paris présente 7000 espèces sur les 65 millions qu'il contient.

Des drones peuvent récupérer de l'ADNe dans des zones inaccessibles sur des surfaces flexibles ou irrégulières (canopée, falaises...)

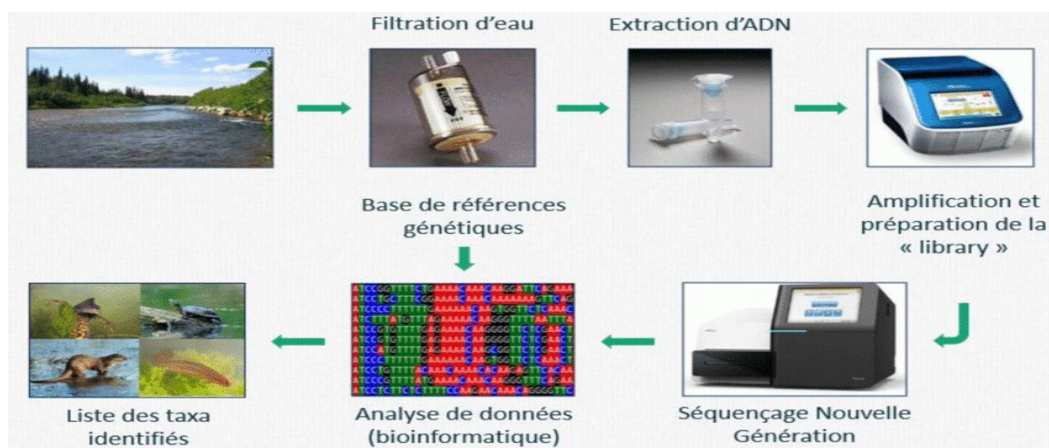
Vigilife : observatoire mondial du vivant, ce consortium international de partenaires publics et privés a été créé pour faire face à l'ampleur et à la rapidité de l'érosion de la biodiversité.

Natura 2000 : réseau de zones protégées en Europe visant à préserver la biodiversité en conciliant conservation des habitats et des espèces avec les activités humaines durables.



Méthodologie de l'ADNe pour une analyse de l'eau :

- 1) **Le prélèvement** : une pompe péristaltique, une crépine pour pré-filtrer les plus gros éléments et un filtre d'une épaisseur de 10 centimètres contenant une membrane de porosité 0.45 μm . On récupère ensuite le filtre dans une boîte et on y ajoute une solution pour conserver l'ADNe récupéré. On expédie les filtres au laboratoire d'analyse.
- 2) **La mise en tube** : dans une salle stérile pour éviter toute contamination d'ADN, on récupère le contenu du filtre dans une solution tampon qui détruit les éventuelles membranes cellulaires.
- 3) **L'extraction de l'ADNe** : on élimine les autres constituants du filtre, l'ADNe est purifié grâce à de la silice qui permet de fixer les molécules d'ADNe. Les molécules se retrouvent dans une petite goutte de 200 μl .
- 4) **L'amplification de l'ADN** : on utilise la technique du PCR (polymérase chain reaction).
- 5) **La purification** : en utilisant la silice, on obtient des fragments d'ADNe amplifiés propres sous forme libre.
- 6) **La préparation de librairie d'ADNe** : des morceaux d'ADN connus sont ajoutés aux fragments d'ADNe.
- 7) **Le séquençage** : il s'agit du passage du biologique au numérique. La machine le séquenceur est capable de lire 100 millions de séquences (15 gigas de bases A,T,G,C) soit une centaine de filtres en même temps, soit 500000 séquences par filtre en moyenne.
- 8) **La bio-informatique** : un logiciel dédié analyse les séquences d'ADNe récupérées et élimine les erreurs de séquençage et les compare aux séquences de bases de référence (séquences d'ADN connues associées à des espèces identifiées). Le deep learning (apprentissage profond permet à l'IA d'identifier avec précision les espèces.



ADNe et reconstitution du passé : l'ADNe se conserve bien dans les sédiments dans la matière organique ou les déjections fossilisées. On peut ainsi retrouver des traces vieilles de plus de 2 millions d'années et les résultats surpassent ceux obtenus grâce aux fossiles

L'ADNe permet ainsi une double temporalité, rétrospective et actualisante.

B) Gaïa et l'ADNe :

James Lovelock en collaboration avec des scientifiques dans les années 70 émettent l'hypothèse que l'ensemble des êtres vivants forme un vaste superorganisme, ils l'appellent **Gaïa** (déesse grecque). Chaque espèce n'est qu'une partie d'un tout plus vaste.

Darwin se concentrait sur les mécanismes évolutifs des espèces et des populations. Lovelock observe, le mutualisme, les mécanismes de rétroactions et leur environnement à l'échelle planétaire. Ces interactions incluent des réseaux invisibles où les microbes agissent comme médiateurs. Ils relient le visible et l'invisible.

Appréhender la vie dans sa globalité exige de dépasser les évidences sensorielles pour saisir les mécanismes invisibles qui structurent les écosystèmes.

Au cours des 100 dernières années, 5 espèces végétales disparaissent chaque année. L'augmentation de la diversité végétale améliore le fonctionnement et la stabilité des écosystèmes. Elle atténue les effets du changement climatique et amortit les conditions météorologiques extrêmes. Les pollutions diverses, la fragmentation et l'artificialisation des milieux, l'agriculture intensive, l'urbanisation, les canicules et l'irrégularité des précipitations et les espèces invasives font décliner les plantes qui sont la base de la pyramide alimentaire. Les espèces se déplacent ainsi en hauteur (+29m par décennie). 78% des espèces végétales dépendent des pollinisateurs pour se reproduire.

Ce qui rend l'ADNe unique, c'est sa capacité à cartographier les espèces mais aussi leurs **interactions**. Nous sortons d'un regard « espèces » pour entrer dans une vision « écosystème ».

L'analyse des sédiments riches en matière organique révèle les préférences alimentaires, les dynamiques alimentaires et les niches écologiques des espèces disparues.

On peut ainsi comprendre comment les écosystèmes ont réagi aux transitions climatiques majeures (cycles glaciaires-interglaciaires). On peut identifier les mécanismes de résilience ou d'extinction afin d'éclairer les trajectoires possibles des écosystèmes modernes.

Comprendre l'avenir exige une connaissance approfondie du passé. La plupart des modèles prédictifs en climatologie ou en biologie intègrent des données anciennes.

L'identification d'espèces sur la base de critères morphologiques, acoustiques ou comportementaux peut comporter des incertitudes. Avec l'ADNe, les séquences d'ADN ne sont pas soumises à l'incertitude, pas d'option d'interprétation.

Ainsi l'ADNe permet de passer de l'invisible au visible pour l'ensemble du vivant. Il permet de détecter les espèces rares et cryptiques qui sont très difficiles à observer dans les écosystèmes par les méthodes traditionnelles.

L'ADNe permet une identification précise des espèces, il est non invasif donc il préserve les habitats naturels et les populations.

Il offre une vision plus complète et dynamique (inventaires plus fréquents sur des échelles géographiques élargies).

Des alliances peuvent avoir lieu pour le collecter comme par exemple les toiles collantes des araignées.

L'ADNe est donc un outil révolutionnaire pour nous aider à décrypter les écosystèmes. L'ADNe transforme la manière dont nous comprenons la présence et l'activité des espèces dans un écosystème.

Être naturaliste aujourd'hui dans ce monde marqué par la 6^e extinction, c'est être le témoin attentif et l'interprète engagé des formes de vie menacées.



Remarque :

Biopunk : genre proche du cyberpunk qui explore les conséquences des avancées biotechnologiques sur l'individu ou sur la société et plus généralement sur l'environnement. Il s'agit d'accepter avec humilité la complexité de la vie pour retrouver un équilibre respectueux de la nature. La déshumanisation et l'instrumentalisation des corps sont des thèmes abordés par ce courant de pensée.