

La biodiversité désigne la diversité des organismes vivants, qui s'apprécie en considérant la diversité des espèces, celle des gènes au sein de chaque espèce, ainsi que l'organisation et la répartition des écosystèmes. Le maintien de la biodiversité est une composante essentielle du développement durable.

Le mot biodiversité est un néologisme composé à partir des mots biologie et diversité.

Au Sommet de la Terre de Rio (1992), sous l'égide de l'ONU, tous les pays ont décidé au travers d'une convention mondiale sur la biodiversité de faire une priorité de la protection et restauration de la diversité du vivant, considérée comme une des ressources vitales du développement durable.

Puis le sommet européen de Göteborg en 2001, dans l'accord sur «Une Europe durable pour un monde meilleur » s'est fixé (pour l'Europe) un objectif plus strict : arrêter le déclin de la biodiversité en Europe d'ici 2010 (année mondiale de la biodiversité pour l'ONU).

1. Histoire du concept de biodiversité

L'expression biological diversity a été inventée par Thomas Lovejoy en 1980, tandis que le terme biodiversity lui-même a été inventé par Walter G. Rosen en 1985 lors de la préparation du National Forum on Biological Diversity organisé par le National Research Council en 1986; le mot « biodiversité » apparaît pour la première fois en 1988 dans une publication, lorsque l'entomologiste américain E.O. Wilson en fait le titre du compte rendu de ce forum . Le mot biodiversity avait été jugé plus efficace en termes de communication que biological diversity.

Depuis 1986, le terme et le concept sont très utilisés parmi les biologistes, les écologues, les écologistes, les dirigeants et les citoyens. L'utilisation du terme coïncide avec la prise de conscience de l'extinction d'espèces au cours des dernières décennies du XXe siècle.

En juin 1992, le sommet planétaire de Rio de Janeiro a marqué l'entrée en force sur la scène internationale de préoccupations et de convoitises vis-à-vis de la diversité du monde vivant. Au cours de la Convention sur la diversité biologique qui s'est tenue le 5 juin 1992,

La biodiversité existe à différentes échelles : à l'échelle des écosystèmes, des espèces et au sein d'une espèce (diversité génétique). Elle évolue en permanence, de façon naturelle ou du

fait des activités humaines. On classe les espèces en fonction des caractères qu'elles partagent. Ainsi ; il est possible d'identifier des taxons, comme celui des vertébrés.

La diversité biologique a été définie comme :

« La variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes » Selon l'article.2 de la Convention sur la diversité biologique, 1992.

1.1 Les différentes échelles de la biodiversité :

La surface de la terre présente une grande variété d'organismes vivants et de lieux de vie.

Cette biodiversité s'observe à différents niveaux.

Le monde vivant peut être considéré comme une suite de niveaux d'organisation de complexité croissante. Le premier niveau, le plus bas, est représenté par les molécules essentielles à la vie. Le plus complexe correspond aux écosystèmes. La diversité biologique est présente à chacun de ces niveaux. La notion de biodiversité recouvre donc un si grand nombre de concepts à des échelles et à des niveaux différents qu'il est impossible de la réduire à une seule unité de mesure.

On distingue en général trois niveaux de biodiversité:

1.2.la diversité génétique au sein des espèces (cette variation génétique peut être apparente ou non). Elle se rapporte à la variété des gènes chez les plantes, animaux, champignons et micro-organismes et se rencontre aussi bien chez une espèce qu'entre les espèces. Par exemple, les caniches, les bergers allemands, les labradors sont tous des chiens, mais ils ont tous une apparence différente;

1.2.1. Facteurs déterminants :

- Variabilité des conditions de vie
- Diversité des espèces :
- L'augmentation de la diversité spécifique peut en fait influencer sur la diversité génétique dans les deux sens

1.1.3 Les facteurs augmentant la diversité génétique :

- Les phénomènes de recombinaison génétique.
- Les mutations génétiques.
- La sélection naturelle diversifiante due à des conditions de vie variées
- La spéciation : c'est la création de nouvelles espèces biologiques qui sont capables de se reproduire entre elles, mais incapables de se reproduire avec d'autres espèces.

1.1.4 Les facteurs diminuant la diversité génétique

- La dérive génétique : c'est l'évolution d'une espèce causée par le hasard. C'est la modification de la fréquence d'un allèle, ou d'un génotype, au sein d'une population, indépendamment des mutations, de la sélection naturelle et des migrations.
- L'endogamie : mode de reproduction sexuée par fécondation entre deux gamètes provenant d'individus apparentés, voire d'un même individu.
- Les goulots d'étranglement des populations : Phénomène se produisant lorsque une population est fortement réduite sur au moins une génération. Il y a donc une diminution importante du nombre effectif de reproducteurs ou réduction de la variation génétique, suite à la production d'une ou de plusieurs générations en utilisant un nombre réduit de reproducteurs (c'est à dire une population effective réduite).
- La sélection artificielle : la diversité génétique peut s'appauvrir sans qu'il y ait nécessairement perte d'espèces. Prenons l'exemple de la tomate ; en 1900, il existait plus de 7000 variétés de tomate. Aujourd'hui l'union Européenne en dénombre environ 150 dont 70 variétés sont commercialisées mais 2 ou 3 seulement se retrouvent sur nos étagères, une manière de standardiser notre alimentation au détriment de la biodiversité. La cause essentielle en est l'expansion de l'agriculture commerciale qui encourage la monoculture. Les nouvelles variétés qu'utilise souvent l'agriculture commerciale ont remplacé les variétés agricoles traditionnelles très diverses et conduit à leur disparition. Jusqu'à 90% des variétés de chou, de maïs et de tomate, par exemple, ont disparu relativement récemment et avec elles nous avons perdu des connaissances vitales sur la production des différentes variétés et races et les sols où elles prospéraient.

1.1.5 Importance de la biodiversité génétique

La biodiversité d'aujourd'hui est le résultat de millions d'années d'évolution et d'adaptation et l'information accumulée pendant les temps géologiques est une ressource irremplaçable. La diversité génétique est particulièrement importante pour le domaine de la productivité et développement. La technologie moderne ne peut en reproduire qu'une fraction de sorte que toute perte de biodiversité génétique est, en général, définitive.

1.2 La diversité des espèces:

La diversité spécifique ou diversité des espèces est caractérisée par le nombre d'espèces vivant dans un milieu donné ou même sur l'ensemble de la planète.

La diversité des espèces ne peut être correctement évaluée que si l'on dispose d'une classification qui reflète l'évolution des espèces.

Suivant la définition d'Ernst MAYR (1942), une espèce est un groupe de populations naturelles au sein duquel les individus peuvent, réellement ou potentiellement, échanger du matériel génétique ; toute espèce est séparée des autres par des mécanismes d'isolement reproductif (chez les microorganismes où la reproduction sexuée n'existe pas, la distinction entre les espèces est basée sur la différence de leur patrimoine génétique).

L'étude de la diversité des espèces à l'échelle d'une biocénose (association d'espèces d'êtres vivants) est relativement complexe de par le nombre d'espèces présentes. L'étude de la diversité spécifique se fait donc plutôt à l'échelle d'un phylum (embranchement), d'une famille d'être vivant (In Sliwinski, 2011).

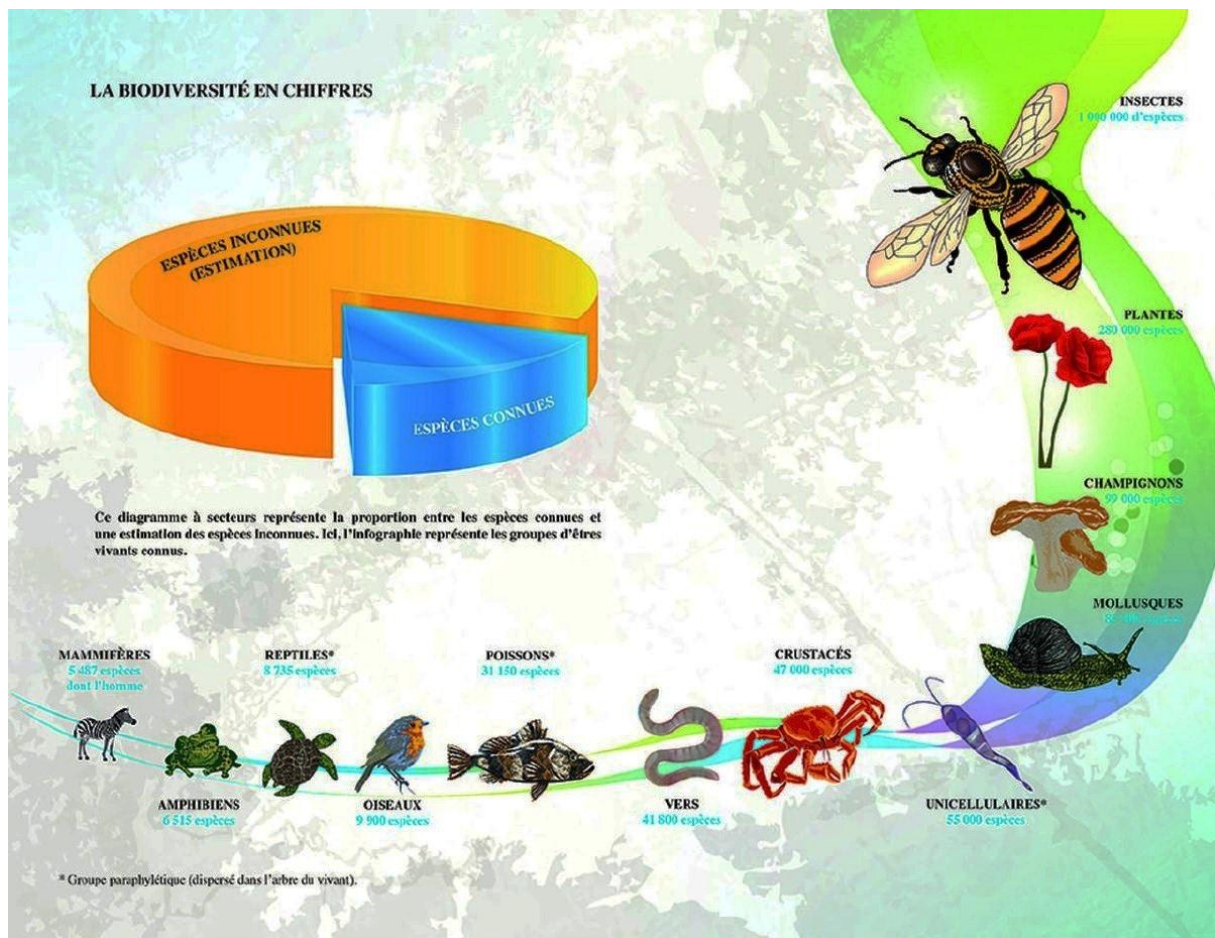


Figure (01) : Nombre d'espèces par millions (Source : Evaluation des écosystèmes pour le millénaire 2005).

La biodiversité se définit à trois niveaux emboîtés : la biodiversité des écosystèmes, la biodiversité des espèces, la biodiversité génétique. Combien d'espèces vivent sur Terre ? Tout chiffre ne peut être qu'une estimation. Cependant, un grand nombre d'espèces actuelles reste encore à découvrir (on parle de 8 à 12 millions). Une évaluation d'autant plus difficile que l'extinction peut toucher des espèces non encore découvertes, et que cette dernière s'est accélérée du fait des activités anthropiques (valeur maximale estimée 0,1 % d'extinctions par an, soit 8 000 à 12 000 espèces concernées, sachant que 18 000 nouvelles espèces sont décrites par an).

Par ailleurs, au cours des temps géologiques, la biodiversité spécifique s'est modifiée : des espèces sont apparues, d'autres ont disparu, donc les espèces actuelles ne représentent qu'une très faible part de la biodiversité spécifique ayant existé (1 millième). Pourtant, l'identification de nouvelles espèces et leur classification permettent d'améliorer la compréhension de l'évolution. La biodiversité n'est pas équivalente dans chaque taxon, ainsi il existe une plus grande biodiversité chez les insectes ou les bactéries que chez les vertébrés. La survie face aux changements environnementaux dépend de cette biodiversité qu'il faut préserver, d'autant plus au regard de l'interdépendance des espèces.

1.2.1 Espèces endémiques :

Les espèces sont dites endémiques lorsqu'elles ne se rencontrent qu'en un lieu donné, et nulle part ailleurs. On parle souvent d'endémisme dans un contexte géographique : les centaines d'espèces de poissons cichlidés qui peuplent les grands lacs d'Afrique de l'Est (Victoria, Malawi, Tanganyika), ou les trois-quarts des espèces de mammifères de Madagascar. Le phénomène d'endémisme est lié à l'isolement géographique de taxons qui évoluent ensuite en système clos.

1.3 La diversité des écosystèmes :

Elle fait référence à tous les différents habitats - ou endroits - qui existent sur la Terre, comme les forêts tropicales ou tempérées, les déserts chauds ou froids, les zones humides, les rivières, les montagnes, les barrières de corail, etc. Chaque écosystème correspond à une série de relations complexes entre

Les éléments biotiques (vivants), éléments abiotiques (non vivants) tels que la lumière du soleil, l'air, l'eau et les éléments nutritifs.

Les écosystèmes sont très variés et très différents : prairie, haie, tronc d'arbre, champ cultivé, sol, forêt, lac, mais aussi fromage ou tube digestif animal ou humain.

- Les différentes espèces qui habitent un même milieu ont de multiples relations les unes par rapport aux autres :
- ✓ Des relations alimentaires : les végétaux sont consommés par des animaux, eux-mêmes nourrissant d'autres animaux. Les microorganismes qui décomposent la matière organique produisent, à leur tour, des nutriments pour les végétaux ;

- ✓ Des relations de coopération : symbioses mycorhiziennes, pollinisation ou dissémination de graines par les animaux ;
- ✓ Des relations antagonistes : compétition pour l'utilisation d'un même milieu, parasitisme. La définition des écosystèmes se fait donc à différentes échelles, la plus grande étant la Terre. L'espèce humaine est impliquée dans ces relations au même titre que les autres.

1.3.1. Importance de la diversité éco-systémique :

La diversité des écosystèmes contribue à la richesse du vivant. L'équilibre des écosystèmes repose sur le nombre des espèces constitutives des groupes fonctionnels. Lorsqu'un milieu est modifié par une nouvelle technique culturale, par l'introduction d'une espèce, par une pollution, par le réchauffement climatique, etc. c'est tout un équilibre qui est affecté.

Il est difficile d'enrayer les conséquences qui peuvent s'enchaîner : disparition d'espèces, prolifération d'espèces étrangères. Le milieu en tant que tel peut même disparaître : c'est d'ailleurs actuellement la première des causes d'érosion de la biodiversité

Deux points importants ressortent de ces différentes définitions:

- Les espèces constituent l'élément central de la diversité biologique. Toutefois, le concept d'espèce est une classification quelque peu arbitraire qui tente de mettre de l'ordre dans un large spectre de variation dont font preuve les différents organismes vivants.
- Les différents écosystèmes renferment différents ensembles d'espèces et de processus d'écosystèmes et que la meilleure façon de protéger les espèces et la diversité génétique au sein des espèces consiste à protéger les écosystèmes de celles-ci.

2. Biodiversité sauvage et biodiversité domestique :

La Convention sur la biodiversité écologique du 5 juin 1992 a défini le terme de biodiversité comme étant « la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes ».

La biodiversité concerne donc tout le vivant et la dynamique des interactions au sein du vivant, qu'il soit naturel (biodiversité sauvage) ou bien géré par l'homme (biodiversité

domestique). A ces deux catégories s'ajoute la biodiversité commensale de l'homme, c'est à dire les espèces qui, tout en n'étant pas gérées par l'homme s'adaptent aux milieux qu'il crée (le rat et le cafard en ville par exemple).

3. Mesure de la diversité biologique.

Les opinions divergent sur la manière de mesurer la biodiversité, il n'existe aucune mesure universelle et celle qui sont utilisées dépendent en réalité des objectifs poursuivis.

La biodiversité existe à tous les niveaux d'organisation biologique : espèces, communauté, population et écosystèmes.

La diversité à deux composantes :

- La richesse taxonomiques (nombre de taxa)
- Equitabilité (abondance relatives des taxa)

3.1 Mesure de la richesse taxonomique

a. Mesure absolue : mesure de taxa augmente avec l'effort de l'échantillonnage.

b. Mesure relative : présente la relation entre richesse et aire obtenue en standardisant l'effort d'échantillonnage.

3.2. Type de diversité

- **La diversité α**

La diversité α est la richesse en espèces au sein d'un écosystème local .

- **La diversité β**

La diversité β consiste à comparer la diversité des espèces entre écosystèmes ou le long de gradients environnementaux. Elle reflète la modification de la diversité alpha lorsque l'on passe d'un écosystème à un autre dans un site.

- **La diversité γ**

La diversité γ correspond à la richesse en espèces au niveau régional ou géographique.

3.3 Quelques exemples sur les indices biologiques.

3.3.1 Indices de diversité alpha (α)

3.3.1.1 Indices écologiques de composition

Les indices classiques de diversité sont ceux de Shannon et de Simpson, et la richesse spécifique. Ils peuvent être estimés à partir des données d'inventaire, cette estimation de la richesse est particulièrement difficile et fait l'objet d'une abondante littérature.

a. La richesse spécifique

La richesse (S) est le nombre d'espèces présentes dans le taxocène considéré. C'est la mesure conceptuellement la plus simple Mais pratiquement la plus délicate dans des systèmes très riches, même avec des efforts d'inventaire considérables (Morton, 2005). Elle est l'indice le plus simple et le plus utilisé.

b. La richesse spécifique moyenne

La richesse moyenne (S_m), nombre moyen d'espèces présent dans les échantillons d'un peuplement étudié. La richesse moyenne apporte des informations intéressantes sur l'homogénéité (ou l'hétérogénéité) de la distribution spatiale des espèces constituant le peuplement étudié.

C'est le nombre moyen d'espèces (S_m), présent par échantillon, La valeur est calculée par le rapport entre le nombre total d'espèces recensées lors de chaque relevé et le nombre total de relevés réalisés.

c. Fréquence d'occurrence C ou Fo

La fréquence d'occurrence appelée aussi fréquence d'apparition est le rapport exprimé en pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée, par rapport au nombre total des relevés. Elle est calculée selon la formule suivante :

$$C = (C_i / C) \times 100$$

C_i : Le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée ;

C : Le nombre total de relevés effectués.

En fonction de la valeur de C on distingue les catégories suivantes :

Des espèces omniprésentes si $C = 100 \%$

Des espèces constantes si $75 \% \leq C < 100 \%$;

Des espèces régulières si $50 \% \leq C < 75 \%$;

Des espèces accessoires si $25 \% \leq C < 50 \%$;

Des espèces accidentelles si $5 \% \leq C < 25 \%$;

Des espèces rares si $C \% < 5$ selon (Dajoz, 1982).

d. Fréquence centésimale F ou AR

Fréquences centésimale (F) est calculée selon la formule suivante : $F = (ni / N) 100$

F% : est la fréquence centésimale.

Ni: est le nombre total des individus de l'espèce prise en considération.

N: est le nombre total des individus de toutes les espèces présentes confondues.

Selon la valeur de l'abondance relative d'une espèce les

Individus seront classés de la façon suivante :

Si $F > 75 \%$ alors l'espèce prise en considération est abondante.

Si $50 \% < F \leq 75 \%$ alors l'espèce prise en considération est très abondante.

Si $25 \% < F \leq 50 \%$ alors l'espèce prise en considération est commun.

Si $5 \% < F \leq 25 \%$ alors l'espèce prise en considération est rare.

Si $F \leq 5\%$ alors l'espèce prise en considération est très rare (Dajoz, 1982).

2.3.1.2 Indice écologiques de structure.

a. Indice de diversité de Shannon Weaver H'

La diversité prend en compte non seulement le nombre d'espèces, Mais également la distribution des individus au sein des espèces. L'indice de Shannon-Wiener est l'un des deux principaux indices de diversité qui ont été développés :

L'indice de Shannon, appelé indice de Shannon-Weaver ou Shannon-Wiener, est l'indice le plus simple dans sa catégorie et le plus utilisé.

Cet indice est calculé selon l'équation suivante :

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2(p_i)$$

S = nombre total des espèces

$p_i = (n_i/N)$, la proportion du taxon i dans le relevé.

n_i = fréquence relative de l'espèce j dans l'unité d'échantillonnage

N = somme des fréquences relatives spécifiques.

Plus la valeur de l'indice H' est élevée, plus la diversité est importante.

Avant de parler des fluctuations des valeurs de H' il faut parler de H'_{max} ou la valeur de diversité maximale qui représente un repère important dans l'évaluation de H' .

Ainsi on peut calculer depuis l'équation précédente la valeur de la diversité maximale H'_{max}

$$H'_{max} = \log_2(S)$$

H'_{max} est lié directement à la valeur de richesse spécifique S. Lors d'une richesse forte l'indice de diversité Shannon-Wiener atteint son maximum représenté par la valeur H'_{max} .

b. Indice d'équitabilité de Pielou J

L'équitabilité est la régularité de la distribution des espèces, un élément important de la diversité. Une expression de l'équitabilité est donnée à partir de l'indice de Shannon.

$$J = H'/H'_{max}$$

La valeur de J est comprise entre 0 et 1 (Marcon, 2005). Les structures d'abondance relative des espèces déterminent l'équitabilité ou la composante de dominance de la diversité. Etant donnée une phytocénose constituée de S espèces, la diversité est plus élevée si toutes les espèces S sont bien représentées (équitabilité élevée, faible dominance) que si un petit nombre d'espèces, dites T, sont très communes et que le reste (S - T) sont présentes Mais rares (faible équitabilité, forte dominance). L'évaluation de l'équitabilité est utile pour détecter les changements dans la structure d'une communauté et a quelquefois prouvé son efficacité pour détecter les changements d'origine anthropique.

L'équitabilité ou l'équirépartition mesure l'équilibre d'un peuplement, il est maximal quand les taxons des peuplements ont des abondances identiques, et il est minimal quand la quasi-totalité des taxons sont concentrés sur un seul taxon.

c. Indice de dominance D

Ce groupe d'indices prend en compte la fréquence mesurée des espèces. Ils accordent plus d'importance aux espèces les plus fréquentes qu'à la richesse spécifique totale. Ils sont donc plus sensibles aux espèces les plus fréquentes qu'à la richesse spécifique totale. Dans ce groupe.

La valeur de l'indice de dominance D est calculée selon l'équation :

$$D = \frac{\sum (n_i/n) x_i}{\sum (n_i/n)}$$

L'indice de dominance est compris entre 0 et 1

D = 0 lorsque tous les taxons sont également présents.

D = 1 lorsque un taxon domine complètement la communauté.

n_i : est le nombre d'individus du taxon i.

n : est le nombre total des individus

3.3.2 Etude de la diversité β

3.3.2.1 Indice de Similitude de Jaccard.

Permet de quantifier la similarité entre habitats. La similarité augmente avec la valeur de l'indice. Il se calcule ainsi à partir de mesures effectuées sur des stations (relevés, inventaires, transects) à partir d'un tableau « espèces-relevés ».

Cet indice est calculé de la manière suivante :

$$PJ = \frac{c}{a+b-c} \times 100$$

a = nombre d'espèces de la liste a (relevé A)

b = nombre d'espèces de la liste b (relevé B)

c = nombre d'espèces communes aux relevés A et B.