

Chapitre II : La diversité biologique : un état des lieux

II.1. La classification du vivant et ses principes

La classification est une manière d'organiser l'information en regroupant ce qui est similaire. On tente ainsi depuis des siècles de décrire, de nommer, de classer, de compter les espèces, et il y a différentes façons de le faire. En son temps, Aristote regroupait les humains et les oiseaux parce qu'ils marchent sur deux jambes. Aujourd'hui, les classifications sont basées sur le degré de similarité génétique entre individus et regroupent les organismes en fonction de leurs parentés phylogénétiques.

La taxinomie est la discipline scientifique qui consiste à nommer, décrire et classer les êtres vivants. Cette science, très formalisée, obéit aux instructions de codes internationaux de nomenclature.

La systématique quant à elle a pour objectifs l'étude de la diversité des organismes et la compréhension des relations entre les organismes vivants et fossiles, c'est -à-dire leurs degrés de parenté. Ce que l'on appelle actuellement **biosystématique**, est une approche moderne de la systématique qui fait appel à des informations de différentes origines : morphologie, génétique, biologie, comportement, écologie, etc.

II.1.1. Les niveaux d'organisation du monde vivant

L'une des caractéristiques du monde vivant est sa structure complexe : les atomes s'organisent en cristaux ou en molécules, les molécules s'organisent en cellules capable de se reproduire, les cellules peuvent s'agréger ou coopérer pour constituer des organismes multicellulaires, les individus (uni ou pluricellulaire) s'organisent en population puis en communauté multi-spécifiques. L'ensemble des organismes vivant en interactions dans lieu déterminé forme une biocénose, L'unité fonctionnel qui regroupe facteurs abiotiques (biotope) et facteurs biotiques (biocénose) forment les écosystèmes, l'ensemble des écosystèmes en interaction modifiés par l'homme constituent un paysage ou écosystème. L'ensemble des écosystèmes d'une même zone biogéographique constitue un biome, dont on distingue une dizaine à travers le monde : forêt tropicale, toundra, désert...etc. La biosphère constitue l'ensemble ultime des êtres vivant.

L'unité élémentaire du monde vivant est *l'individu*, porteur d'un patrimoine génétique propre. L'ensemble de ses gènes constitue son *génotype*. Une bactérie contient environ 1 000 gènes, certains champignons de l'ordre de 10 000. Il y en a un peu plus de 30000 chez l'Homme.

- *L'espèce* est l'ensemble des individus susceptibles d'échanges génétiques fertiles et féconds
- La *population* correspond à l'ensemble des individus d'une même espèce biologique habitant un même milieu. C'est à ce niveau d'organisation que s'effectue la sélection naturelle. Souvent l'espèce est distribuée en populations séparées. Leur existence et leur dynamique sont fonction d'échanges et de remplacements entre elles.
- Les ensembles plurispécifiques délimités le plus souvent sur des bases taxinomiques constituent les *peuplements* ou les *communautés*. La *biocénose* est l'ensemble des populations d'espèces animales et végétales qui vivent dans un milieu donné.
- Le terme *écosystème* a été introduit par Tansley, en 1935, pour nommer un système écologique qui combine l'ensemble des organismes vivants et leur environnement physico-chimique. La Convention sur la Diversité Biologique définit l'écosystème comme un «complexe dynamique formé de communautés de plantes, d'animaux et de micro-organismes, et de leur environnement non vivant qui, par leur interaction, forment une unité fonctionnelle.» Cette définition légale n'est pas différente sur le fond de ce que l'on trouve dans les traités d'écologie.
- La *biosphère (sensu stricto)* est l'ensemble des organismes vivants qui peuplent la surface de la Terre. Néanmoins on définit aussi la biosphère (*sensu lato*) comme la pellicule superficielle de la planète qui renferme les êtres vivants, et dans laquelle la vie est possible en permanence. Cet espace comprend ainsi la lithosphère (écorce terrestre), l'hydrosphère (ensemble des océans et des eaux continentales), et l'atmosphère (enveloppe gazeuse de la Terre).

II.1.2. Les hiérarchies taxonomiques

Les naturalistes du monde entier utilisent un même système de nomenclature générale proposé par Linné pour nommer et classer les espèces. La systématique qui est une classification hiérarchique des êtres vivants, selon leur proximité génétique ou morphologique propose une hiérarchie en sept rangs principaux :

Règne.

Phylum, embranchement ou division

Classe

Ordre

Famille

Genre

Espèces

Cette nomenclature est fondé sur un système binominale regroupent l'espèce et le genre et la catégorie supra spécifique sert à rendre compte des degrés de parenté entre les taxons du rang inférieurs, regroupe la hiérarchie supérieur.

Ex :

Règne : Animal

Phylum : Arthropodes

Classe : Insecte

Ordre : Odonate

Famille : Calopterygidae

Genre : *Calopteryx*

Espèces : *haemorrodalis*

Les critères utilisés pour hiérarchiser un taxon sont la hiérarchie phénétique et la hiérarchie phylogénétique.

Hiérarchie phénétique : méthode de classification des êtres vivant reposant sur le postulat que le degré de ressemblance entre organismes est corrélé à leur degré de parenté. La faiblesse de cette méthode tient au fait que de nombreuses ressemblances entre les êtres vivants ne peuvent être attribuées à une ascendance commune. Ce sont des analogies résultant d'une évolution convergente ou parallèle, et non pas des homologues.

Hiérarchie phylogénétique : repose sur la formation et l'évolution des organismes vivants et leurs liens de parentés.

Classification cladistique : méthode de classification des êtres vivants fondée sur leur parenté, la cladistique hiérarchise les caractères comparés ; ne sont regroupés en clade que les espèces qui présentent les mêmes caractères hérité d'un ancêtre commun.

Groupe monophylétiques ou clade : groupe systématique formé d'une lignée complète d'êtres vivants, comprenant la première espèce de cette lignée et tous ces descendants (clade des insectes).les membres d'un même clade partagent un ensemble des caractères semblables hérité du premier représentant du clade.

Groupes polyphylétique : groupe d'espèces formé d'une lignée tronquée, comporte un ancêtre commun et une partie seulement de ces descendant. Ex les invertébrés, les reptiles et les poissons...etc. Les vertébrés actuels descendent d'invertébrés.

Groupes paraphylétique : présentent des ressemblances mais ne descendent pas d'un même ancêtre en commun.

II.1.3. La notion d'espèce

Reste un sujet de controverses entre scientifiques, l'espèce est considérée comme l'ensemble des individus identiques entre eux et avec un spécimen type, une autre notion apparaît par la suite c'est la notion d'espèce biologique ou le critère d'inter fécondité reste un élément de base. L'espèce constitue l'unité de classification

Au sein d'une même espèce on peut identifier des sous catégories comme : sous espèces, souche, variété, races...etc.

II.1.4. Ecosystèmes

Système dynamique et adaptatifs formé d'un ensemble d'organismes, la biocénose et interaction dans un milieu physico-chimique, le biotope.

Le fonctionnement d'un écosystème est caractérisée par :

- Des flux d'énergie
- Des cycles biogéochimiques
- Des chaînes alimentaires

Ces trois facteurs évoluent dans le temps et dans l'espace en formant une notion essentiellement dynamique c'est l'écosystème. La biosphère est l'écosystème ultime.

II.2. L'inventaire des espèces

La diversité biologique s'observe à tous les niveaux de l'organisation du vivant, des gènes aux écosystèmes. Mais on en parle le plus souvent en terme de diversité des espèces après avoir compté celles qui occupent un espace donné pour une unité de temps déterminée.

Botanistes et zoologistes ont entrepris, il y a près de trois siècles, la description et l'inventaire des espèces vivantes. Carl Linné dénombrait 9000 espèces de plantes et d'animaux au milieu du XVIIIe siècle. Deux siècles et demi plus tard, avec plus de 1,7 million d'espèces décrites, nous savons que l'inventaire du vivant est loin d'être terminé, Nul ne sait en réalité quel est le nombre d'espèces vivantes à la surface de la Terre, mais il pourrait se situer selon les estimations entre 7 et 100 millions.

Il existe des groupes qui sont mieux inventoriée qu'autre les mammifères et les oiseaux par exemple (plus de 95%). Les insectes présentent plus de 2/3 des nouvelles descriptions des espèces. Les sources de nouvelles espèces sont les régions tropicales, les récifs coralliens, le grand fond marin, et tout milieu d'accès difficiles.

Pour d'autres groupes comme les bactéries et les virus, les scientifiques ont plus de mal à caractériser les espèces.

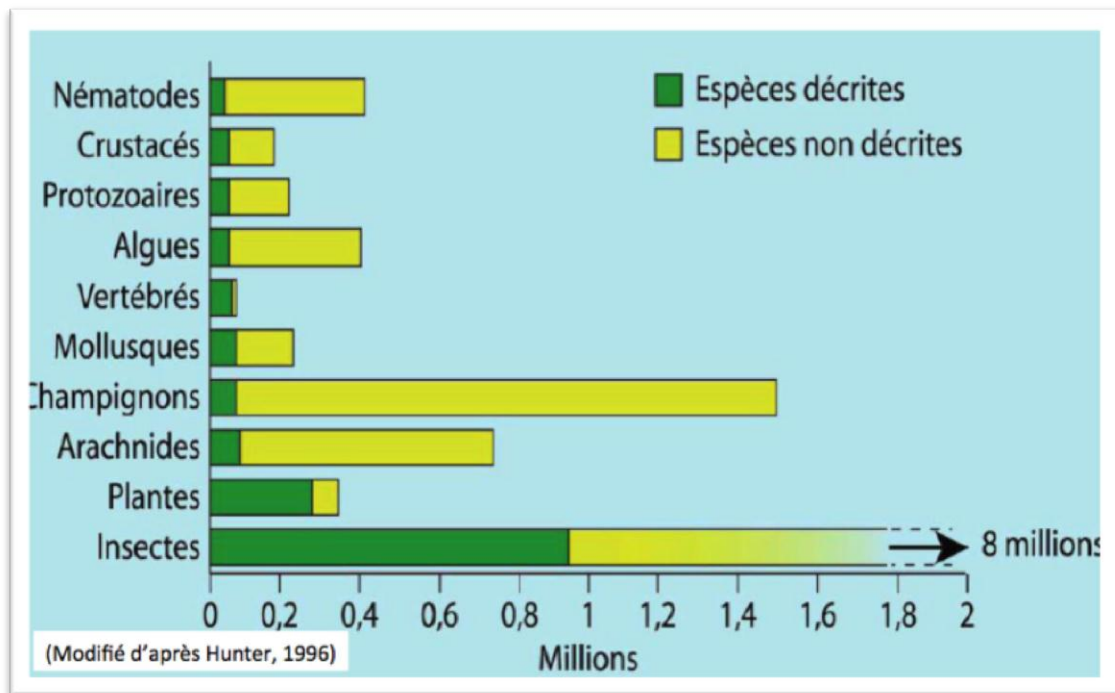


Figure 2 : nombre approximatif recensé et estimé des espèces.

II.3 Mesure de la diversité biologique

Il ne peut y avoir de mesure unique objective de la biodiversité, mais uniquement des mesures relatives à des tendances ou objectifs précis d'utilisation ou d'application. On devrait parler donc plutôt d'*indices* de biodiversité que de véritables indicateurs.

La diversité a deux composantes : La richesse taxonomiques (nombre de taxa) et l'équitabilité (abondance relatives des taxa)

II.3.1 Mesure de la richesse taxonomique

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

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

II.3.2 Quelques exemples sur les indices biologiques.

II.3.2.1 Indices de diversité alpha (α)

II.3.2.1.1 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.

II.3.2.1.1.1 La richesse spécifique

La richesse (S) est le nombre d'espèces présentes dans le taxon 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. Elle est l'indice le plus simple et le plus utilisé.

II.3.2.1.1.2 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.

II.3.2.1.1.3 Fréquence d'occurrence C ou F_o

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 :

$$C = (P_i/P) \times 100$$

P_i : Le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée ; P : 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 $C\% < 5$.

II.3.2.1.1.4 Fréquence centésimale F ou AR

Fréquences centésimale (F) est calculée selon la formule suivante :

$$F = (ni / N) \times 100$$

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 très abondante.

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

II.3.2.1.2 Indice écologiques de structure

II.3.2.1.2.1 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 :

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

S = nombre total des espèces

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

ni = fréquence relative de l'espèce j dans l'unité d'échantillonnage N = somme des fréquences relatives spécifiques.

Tableau 1 : Exemple de calcul indice de Shannon-Weaver

Espèces de la station	Fréquence spécifique (n_i)	$p_i = n_i/N$	$\log_2 p_i$	$-p_i \log_2 p_i$
<i>Marrubium vulgare</i> L.	4	4/23 = 0.1739	-2.5236	0.4389
<i>Olea europea</i> L.	2	2/23 = 0.0870	-3.5236	0.3064
<i>Pistacia atlantica</i> Desf.	1	1/23 = 0.0435	-4.5236	0.1967
<i>Ruta chalepensis</i> L.	1	1/23 = 0.0435	-4.5236	0.1967
<i>Asphodelus microcarpus</i> Sal. & Viv.	4	4/23 = 0.1739	-2.5236	0.4389
<i>Thymus ciliatus</i> Desf.	1	1/23 = 0.0435	-4.5236	0.1967
<i>Silybum marianum</i> L.	10	1/10 = 0.4348	-1.2016	0.5224
N (effectif total)	23			
S (richesse spécifique)	7			
Indice de Shanon ($\sum -p_i \log_2 p_i$)				2.2966

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} .

II.3.2.1.2.2 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. 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 quasitotalité des taxons sont concentrés sur un seul taxon.

II.3.2.1.2.3 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 :

$$D = \sum_i \left(\frac{ni}{n}\right) x \left(\frac{ni}{n}\right)$$

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.

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

n : est le nombre total des individus

II.3.2.2 Etude de la diversité β

II.3.2.2.1 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 :

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

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.

II.3.3 Type de diversité

II.3.3.1 La diversité α

La diversité α est la diversité locale, mesurée à l'intérieur d'un écosystème délimité. Il s'agit de la richesse en espèces au sein d'un écosystème local.

II.3.3.2 La diversité β

La diversité β (diversité entre site), 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.

II.3.3.3 La diversité γ

La diversité γ (diversité régionale), correspond à la richesse en espèces au niveau régional ou géographique.

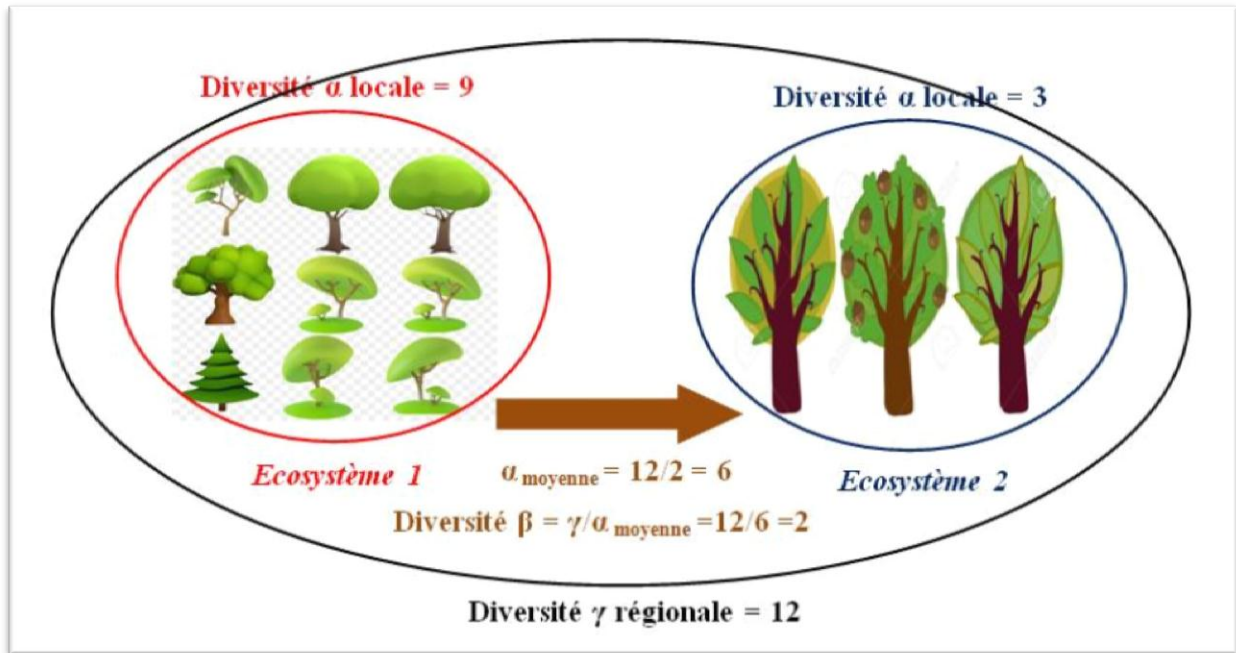


Figure 3: Exemple de calcul de la diversité α , β et γ .

II.4 La distribution géographique de la diversité biologique.

On appelle biogéographie la distribution de la diversité à l'échelle des régions, des continents et de la biosphère résultant de l'évolution. Cette discipline nous a permis d'expliquer les patrons de diversité responsable de la distribution des êtres vivants tel : le climat, l'altitude, la longitude, la latitude, le relief ...etc.

La diversité biologique n'est pas répartie de manière homogène sur toute la surface de la planète. En milieu marin l'ensemble des grands phylums connus à ce jour sont retrouvés, dont 15 sont exclusivement marins et un seul les **Onychophora** n'est connu qu'en milieu terrestre.

II.4.1 Les gradients de la répartition spatiale

Les gradients sont les facteurs qui expliqueraient la répartition spatiale des espèces. La recherche de gradients est une manière de mieux comprendre l'organisation de la diversité biologique.

II.4.1.1 Gradients latitudinaux

Un patron biogéographique majeur est la diminution de la diversité des espèces avec la latitude, ce phénomène est observé chez les protistes, invertébrés marins, poissons, oiseaux, mammifères et plantes dont deux facteurs climatiques sont prépondérants : l'ensoleillement et les précipitations annuelles.

La richesse en espèce augmente des pôles vers l'équateur pour la plus parts des groupes taxonomiques. Rare sont les groupes -les Nématodes du sol- qui présentent une situation inverses, avec une plus grandes richesses spécifiques dans les hautes altitudes.

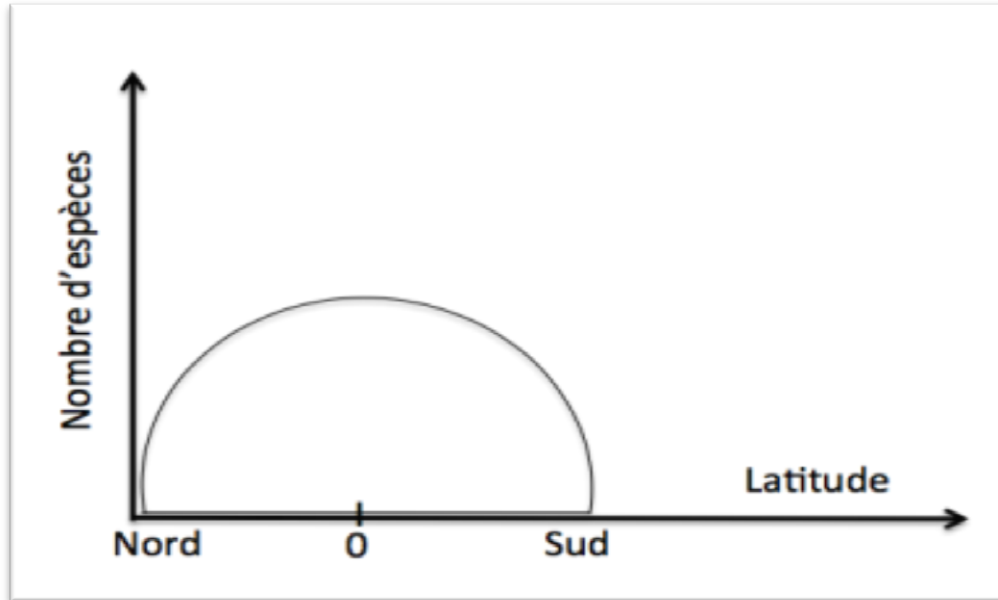


Figure 4 : Courbe schématique de la distribution de la richesse en espèces (amphibiens, les reptiles) aux différentes latitudes.

II.4.1.2 Gradients longitudinaux

Dans le domaine marin, un gradient longitudinal bien établi est celui de la diversité des coraux dont la plus grande richesse spécifique est observée dans l'archipel indonésien. Elle diminue ensuite vers l'ouest, de manière irrégulière dans l'océan Indien (avec une exception dans la mer Rouge pour certains groupes) et elle est plus faible dans les Caraïbes.

II.4.1.3 Gradients altitudinaux

La température et la pluviométrie sont les principaux facteurs physiques de ce gradient, pour certain taxon la richesse spécifiques diminue avec l'altitude alors que pour d'autre la richesse spécifique à la forme d'une courbe en cloche.

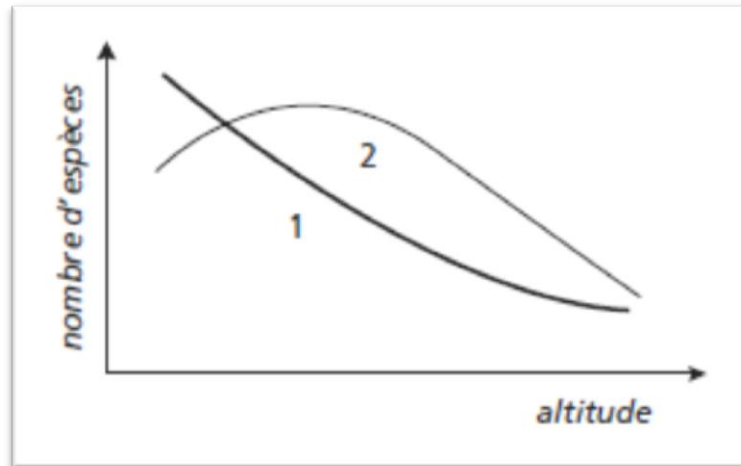


Figure 5 : Changements dans la richesse en espèces en fonction de l'altitude. 1 : schéma de diminution progressive observé pour les chauvesouris du parc national de Manu (Pérou) ; 2 : schéma de distribution en dôme observé pour les oiseaux terrestres d'Amérique du Sud.

II.4.1.4 La profondeur

En manière générale la diversité biologique est plus élevée dans les milieux benthiques que les milieux pélagiques et en milieux côtiers qu'en milieux hauturier.

2.4.2 Les relations surfaces nombre d'espèces

On donne une explication à la relation surface-richeesse en espèces : lorsque la surface augmente on peut s'attendre à ce que la diversité des habitats augmente également, et les peuplements sont d'autant plus riches en espèces que les habitats sont diversifiés.

On estime également que le nombre d'espèces observées sur une île est le résultat d'un équilibre dynamique entre les extinctions naturelles d'espèces et le taux d'immigration d'espèces venues d'une continent source, plus riche en espèces. C'est la théorie des équilibres dynamiques de Mac Arthur et Wilson.

II.4.3 Une organisation écologique : les biomes

Le nombre de biomes identifiés dépend de la résolution souhaitée, et l'on distingue de 10 à 100 biomes selon les auteurs. La végétation sert de base de délimitation.

II.4.4 Une organisation taxonomique : les régions biogéographiques

En se basant sur des connaissances historiques et la distribution actuelles on distingue six grandes régions qui correspondent globalement à principales plaques continentaux.

Afrotropical (Afrique)	}	région tropicales
Néotropical (Amérique du sud)		
Indo malaise (Orientale)		
Néarctique (Amérique du nord)	}	zones tempérée et froides
Paléarctique (Eurasie)		
Australienne (Australie)		

On distingue en outre la région des îles du Pacifique, et l'Antarctique

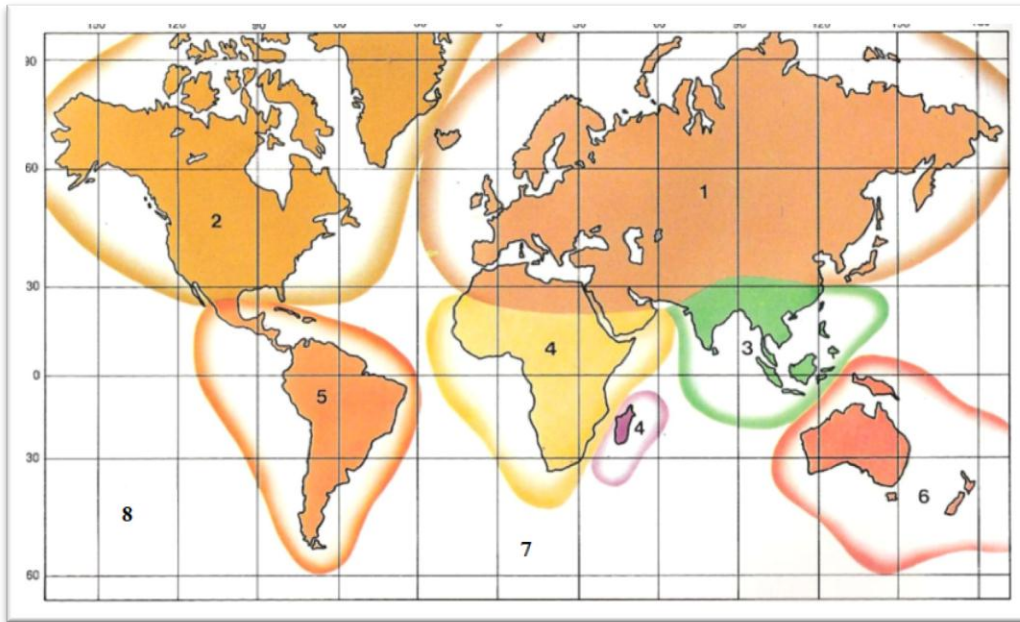


Figure 6 : Carte des grandes régions biogéographiques du monde. 1: Paléarctique (PA) 2: Néarctique (NA), 3: Orientale (OL);4: Afrotropicale (AT); 5: Néotropicale (NT); 6 : Australienne (AU) ; 7 : Antarctique(ANT); 8 :Îles du Pacifique (PAC).

II.4.5 Les zones de grandes diversités les hotspots :

La conservation à un coût, il faut investir là où il y a le maximum de diversité. Une étude menée en 1988 par Norman Myers a montré que 44% de toutes les plantes vasculaires (soit + de 130 000 plantes) et 35% de vertébrés à l'exception des poissons (soit 10 000 espèces) sont confirmés dans des zones de grande diversité couvrant seulement 1,4% de la surface de la terre. On appelle ces zones les points chauds de diversité ou hotspots qui désignent des régions remarquables par leur richesse en espèces. Cette richesse pourrait les désigner comme des zones prioritaires pour la conservation de la diversité. La jeune ONG Conservation International, créée en 1987, définira un certain nombre de hotspots au niveau mondial, pour mieux concentrer les efforts de conservation en argent et en temps. Aujourd'hui, 34 hotspots sont reconnus.

La plus part de ces sites sont localisés dans les zones tropicales, cinq sont dans le bassin méditerranéen, et neuf sont des îles.

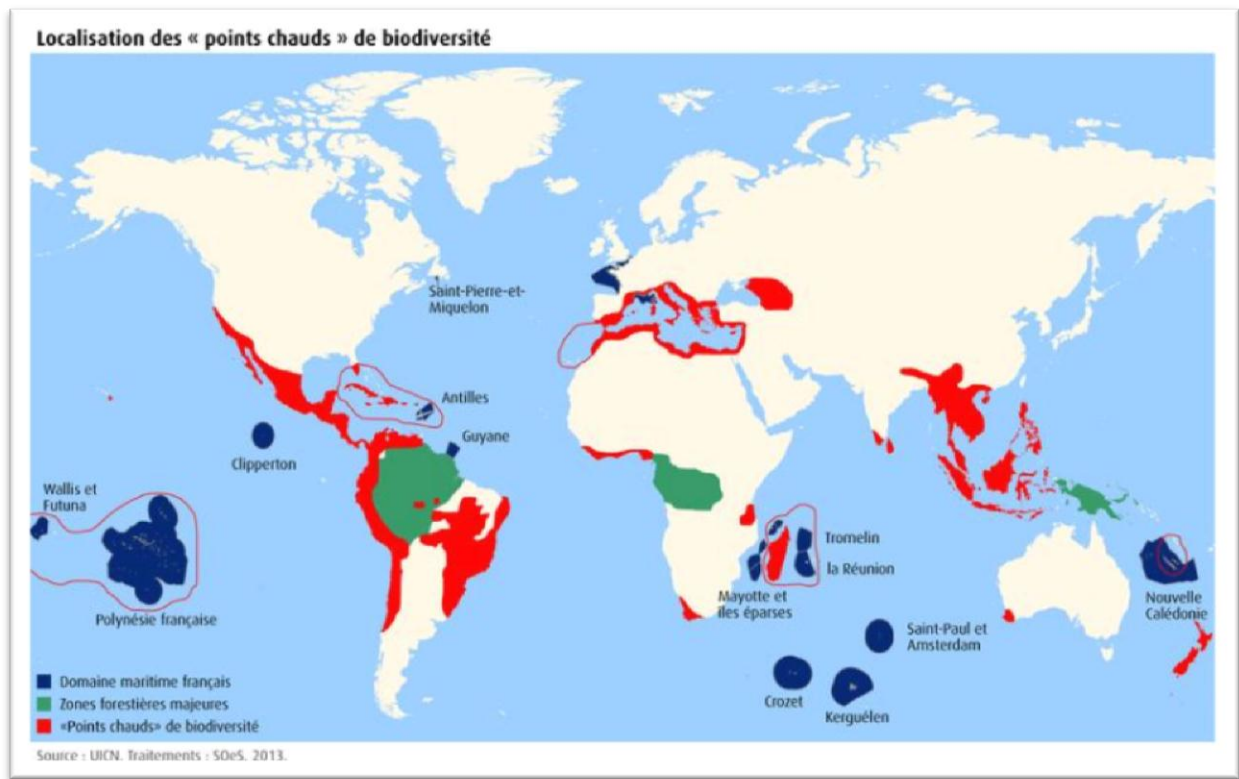


Figure 7 : les 34 hotspots et le % de diversité biologique.