

*République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de
l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique*

Université Dr Moulay Tahar Saïda

Faculté des sciences

Département de biologie

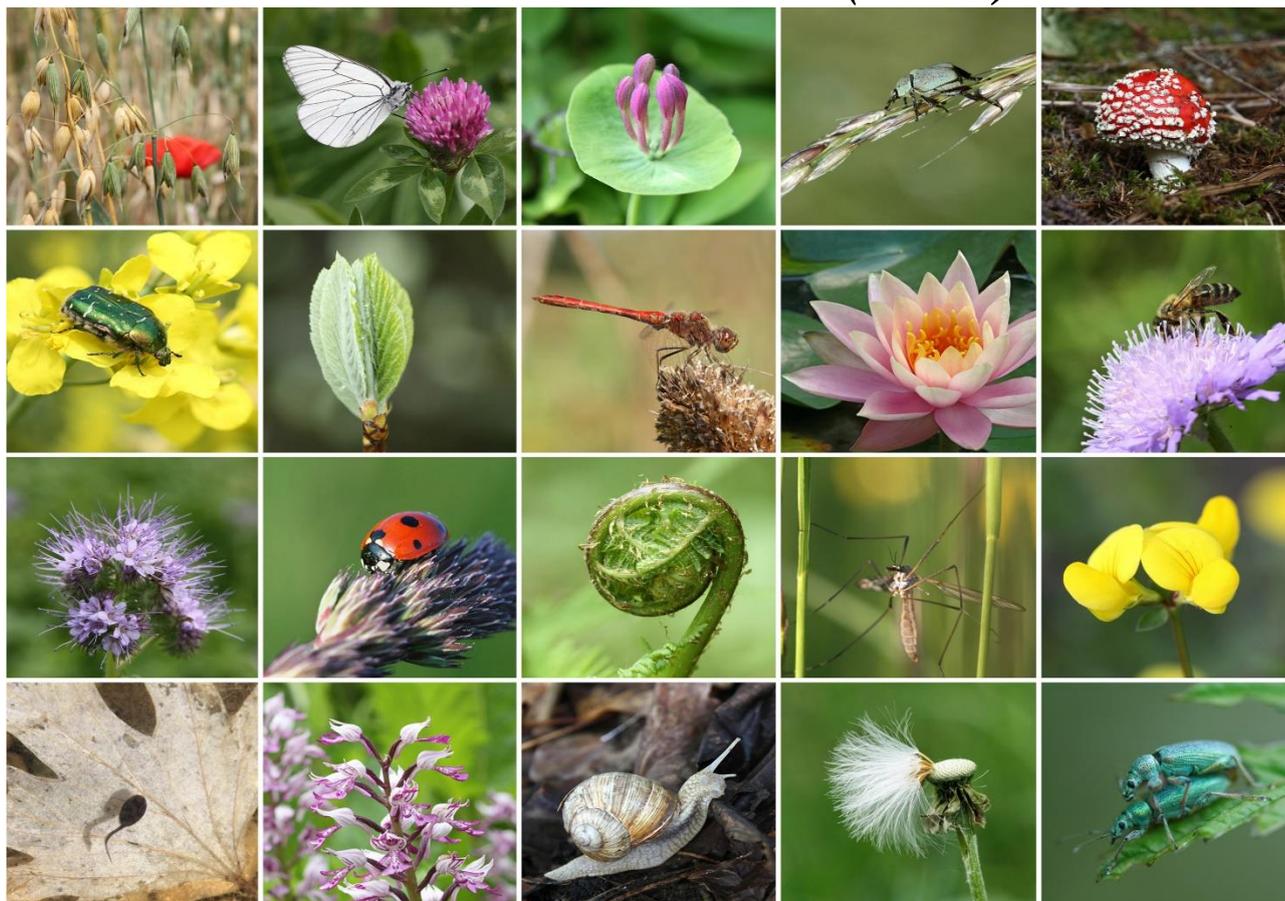


POLYCOPIE DE COURS

Biodiversité et changements globaux

Présentée par :

Dr. CHALANE Fatiha (MCA)



Année universitaire 2022/2023

Objectif

Ce polycopie est destiné aux étudiants en spécialité agronomie, écologie. L'objectif de ce cours est d'apporter des connaissances indispensables pour mieux comprendre en quoi la biodiversité est essentielle à l'existence humaine, d'alerter sur la nécessité d'un engagement immédiat de tous les acteurs de la société, et de vous montrer que cette dynamique collective doit s'appuyer à la fois sur de l'innovation mais aussi sur des savoirs traditionnels en lien avec la biodiversité.

Introduction

Un écosystème est un ensemble dynamique d'organismes vivants qui interagissent entre eux et avec leur milieu.

La caractéristique première de l'écosystème méditerranéen est climatique. Le climat méditerranéen est défini par un été sec et chaud et une période pluvieuse correspondant aux saisons relativement froides allant de l'automne au printemps

L'ensemble des écosystèmes méditerranéens définis sur la base des grandes zonations climatiques de la biosphère, forment un des grands biomes ou zonobiome.

Par rapport aux autres zones climatiques, la zone méditerranéenne est probablement la plus limitée dans l'espace. Elle l'est également dans le temps puisque ce climat est apparu au Pléistocène . Un changement climatique global qui supprimerait les influences génératrices du climat méditerranéen, pourrait faire disparaître ce dernier et son existence aura été un court moment à l'échelle géologique.

Les formations végétales ont évolué dans des milieux marqués par l'hétérogénéité géologique et oro-topographique mais surtout par une longue et profonde pression humaine.

L'homme a, depuis environ 7000 ans, marqué par son empreinte tous les écosystèmes méditerranéens. Devenant agriculteur, il s'est sédentarisé et ses activités et l'usage qu'il a fait de la nature ont abouti à la destruction presque totale de la végétation originelle. Tout ce qu'il y a actuellement de nature sauvage, ne correspond en fait qu'à des mosaïques successionales de dégradation.

Dans cet ensemble très diversifié, nous retiendrons les systèmes les moins artificialisés, qui peuvent être considérés comme des stades d'équilibre plus ou moins stables.

La distinction des différents écosystèmes méditerranéens se base sur l'architecture d'ensemble : la physionomie déterminée par les végétaux dominants. Ces derniers restent les meilleurs bio-indicateurs car ils représentent les espèces qui structurent activement le système. Les principaux écosystèmes sont subdivisés selon la taille de ces végétaux, partant des forêts dites sclérophylles aux steppes en passant par les matorrals. La hauteur et la structure des formations végétales constituent la première manifestation des conditions de milieu et d'usage. L'homme intervient par la transformation de la répartition spatiale de ces

trois types d'écosystème en favorisant les phénomènes de steppisation et de désertification

1. La biodiversité

Il est évident que le terme biodiversité est interprété différemment selon les groupes sociaux en présence. Systématiciens, économistes, agronomes ou sociologues, ont chacun une vision sectorielle de la biodiversité. Les biologistes la définiront comme la diversité de toutes les formes du vivant. L'agriculteur en exploitera les races et variétés à travers des sols, des terroirs et des régions aux potentialités multiples.

L'industriel y verra un réservoir de gènes pour les biotechnologies ou un ensemble de ressources biologiques exploitables (bois, pêche, etc.).

Quant au public, il s'intéresse le plus souvent aux paysages et aux espèces charismatiques menacées de disparition. Tous ces points de vue sont recevables, car le terme biodiversité recouvre effectivement des préoccupations de nature différente. Qui plus est, ces différentes démarches ne sont pas indépendantes et poursuivent implicitement un même objectif qui est la conservation des milieux naturels et des espèces qu'ils hébergent.

Le vocable biodiversité est donc un mot-valise qui recouvre des approches de nature différente. On parle tout à la fois de la biodiversité naturelle et sauvage, des ressources naturelles comme le bois ou le poisson, de la biodiversité créée par l'homme à des fins agricoles ou pour les biotechnologies. Livre de biodiversité.

1-2. Pionnier (ère), adj. (pionnier). Organisme capable de s'installer sur un sol dénudé voire sur la roche mère au début d'une succession écologique.

1-3. Population (s), n. f. (population). Ensemble des individus appartenant à une même espèce et occupant une même fraction de biotope qui échangent librement entre eux leurs gènes dans la reproduction sexuée.

1-4. Peuplement (s), n. m. (communities). Terme désignant l'ensemble des populations des espèces appartenant souvent à un même groupe taxonomique qui présentent une écologie semblable et occupent le même habitat.

1-5. Biocœnose, n. f. (biocoenosis, aussi community). Une biocœnose est constituée par la totalité des êtres vivants qui peuplent un écosystème donné.

1-6. Biome, n. m. (biome). Communautés vivantes qui se rencontrent sur de vastes surfaces en milieu continental. Elles correspondent donc à la biocœnose propre à des macro-écosystèmes. Ainsi les taïgas, les savanes tropicales, les déserts ou encore les forêts caducifoliées tempérées correspondent à autant de biomes distincts. La notion de biome ressort essentiellement du domaine de l'écologie terrestre.

II- La diversité génétique

La biodiversité englobe les trois niveaux d'organisation de la vie: écosystèmes, espèces et gènes. Sa sauvegarde ne consiste donc pas seulement à protéger les milieux naturels et les espèces, mais aussi à préserver leur diversité génétique.

La diversité génétique ou intra spécifique liée à la diversité des gènes au sein des individus de même espèce, chaque individu est génétiquement différent des autres individus de son espèce à l'état naturel la diversité génétique est une caractéristique des espèces et des populations de la même espèce.

La diversité génétique est très répandue selon des méthodes d'investigation très modernes, cette diversité joue un rôle très important dans l'adaptation de l'espèce par rapport aux changements de son environnement et la résistance contre les parasites et les nouvelles maladies.

Les espèces sauvages sont caractérisées par une diversité génétique élevée, mais cette diversité subit une diminution importante due à des causes naturelles ou à l'activité anthropique et provoque une chute des effectifs qui est connue sous le nom de l'effet du goulot. Souvent elle conduit à la disparition des espèces.

La diversité génétique due à deux causes :

a-Mutations : elles se produisent constamment, elles introduisent de nouveaux gènes dans le patrimoine héréditaire.

Populations animales et végétales constituées d'individus qui diffèrent plus ou moins les uns des autres de point de vue génétique c a d il existe pas deux individu avec la même information génétique ou génétiquement semblable sauf des cas très rare ou le mode de reproduction de l'espèce est asexué conduisant à la formation des clones.

b- L'apparition de la sexualité :

Un facteur très important de l'évolution car elle assure un brassage constant des gènes.

c- Les organismes génétiquement modifiés

Les organismes génétiquement modifiés ou OGM, sont résistants aux attaques de certains ravageurs, ils sont des hybrides artificiels. Dans certains pays ils sont interdits par insuffisance des études pour révéler les avantages et les inconvénients des OGM, aussi bien ce qui concerne la biodiversité et la santé humaine

Exemple

En suisse, Les forestiers ont observé que les individus d'une même population réagissent différemment face à la sécheresse, aux parasites ou aux substances toxiques. Ils ont remarqué aussi que les arbres d'une même espèce pouvaient adopter des comportements très différents selon leur provenance. Plus tard, la résistance de certains génotypes aux polluants a monopolisé l'intérêt, ce qui a intensifié la recherche génétique sur les arbres forestiers.

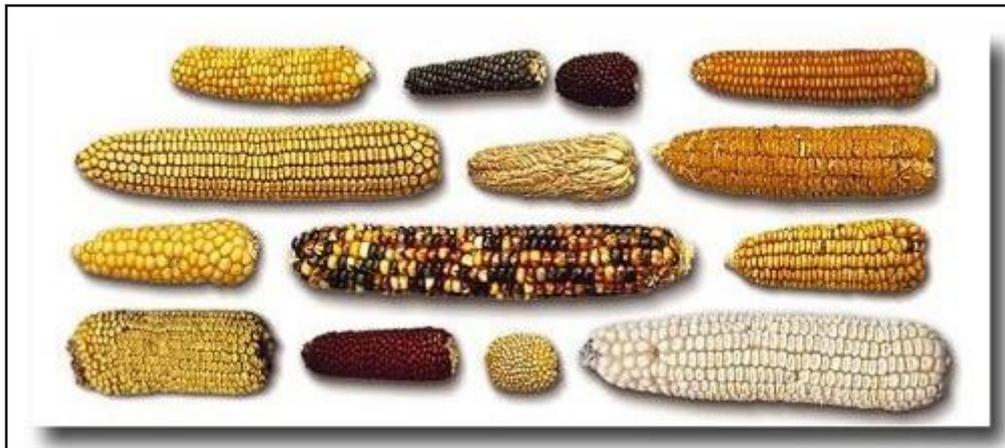


Figure 1 : diversité génétique chez les maïs

III. La diversité Spécifique:

3.1- Définition:

Espèce (s), n. m. (species). Unité taxonomique fondamentale dans la classification du monde vivant.

La diversité des espèces est la variété des espèces ou des organismes vivants. Elle représente la richesse en espèces, il s'agit du nombre d'espèces dans une zone définie et leurs distributions (aire de répartition). Une espèce donnée est abondante ou a une répartition limitée si toutes les espèces ont la même abondance égale, cela signifie que la variation est élevée, donc une grande diversité, mais si une seule espèce est représentée par 96 individus, tandis que le reste est représenté par une espèce chacune, il s'agit d'une faible diversité.

La diversité spécifique n'a rencontré qu'un modeste intérêt en dehors de l'écologie et des sciences de l'évolution même si, ponctuellement, des ouvrages soulignant les risques d'extinction d'espèces ont trouvé un écho dans le grand public.

Entre 1,5 et 1,8 million d'espèces connues et nommées dans le monde ont été dénombrés, dont la moitié environ sont des insectes.

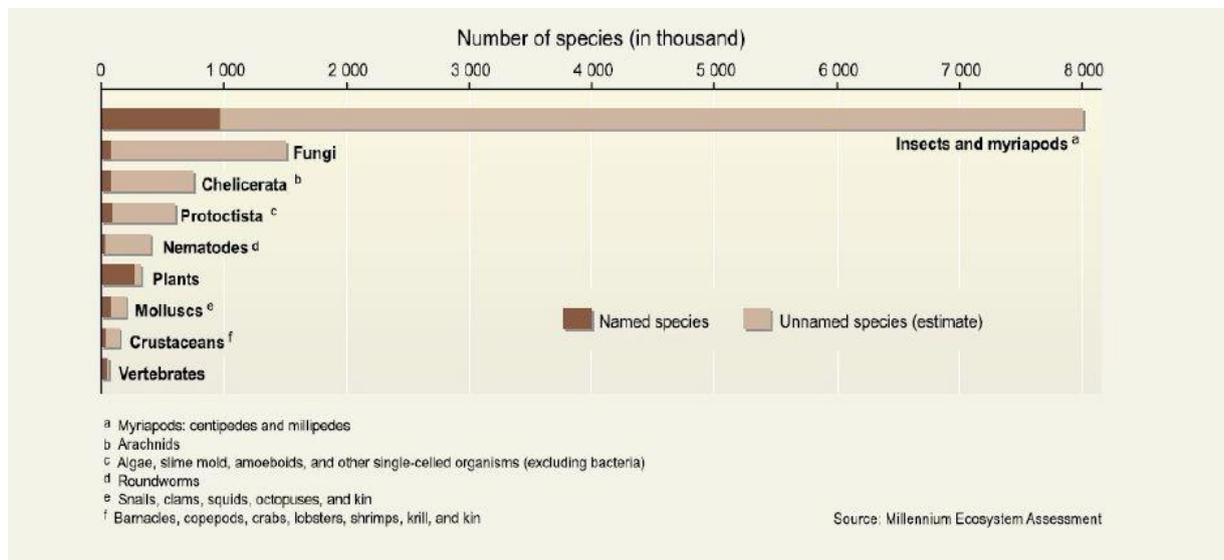


Figure 2 : nombre des espèces et des espèces non identifiées dans les différents groupes taxonomiques (MEA 2005 in De Vere 2008)

L'étude de la diversité des espèces est très ancienne, sans remonter l'antiquité, la publication de la deuxième édition du *Systema naturae* en 1758 par le suédois Carl LINNE a donné la possibilité de cette étude.

3.2- Classification des êtres vivant – cas des végétaux

LINNE est considéré comme le père du plus ancien système de classification reposant sur une base logique a classé les espèces en deux règnes animal et végétal.

La systématique linnéenne est basée principalement sur la nomenclature binomiale (notion genre et espèce) inspirée du latin et encore utilisée de nos jours .

De plus, pour être complet, le nom d'espèce est suivi par le nom de Linné, symboliquement abrégé (par ex. : L., pour Linné), du premier botaniste qui l'a décrite.

Tableau 1: Les divisions proposées par LINNE pour la classification des êtres vivants

Taxa	Règne Animal	Règne Végétal
Phylum	Vertébrés	Angiospermes
Classe	Mammifères	Dicotylédones

Ordre	Périssodactyles	Fagales
Famille	Equidés	Fagacées
Genre	<i>Equus</i>	<i>Quercus</i>
Espèce	<i>caballus</i> F. Prat (Cheval)	<i>suber</i> L. (chêne liége)

Avec l'évolution des méthodes d'investigation surtout morphologiques, le nombre de phylums a été augmenté en particulier l'identification des espèces qui ont une petite taille.

Les séquences de l'ARN ribosomique a permis de distinguer six grands ensembles : Archées, Eubactéries, Protistes, Champignons (incluant les Lichens), Animaux et végétaux.

Exemple de la classification des végétaux :

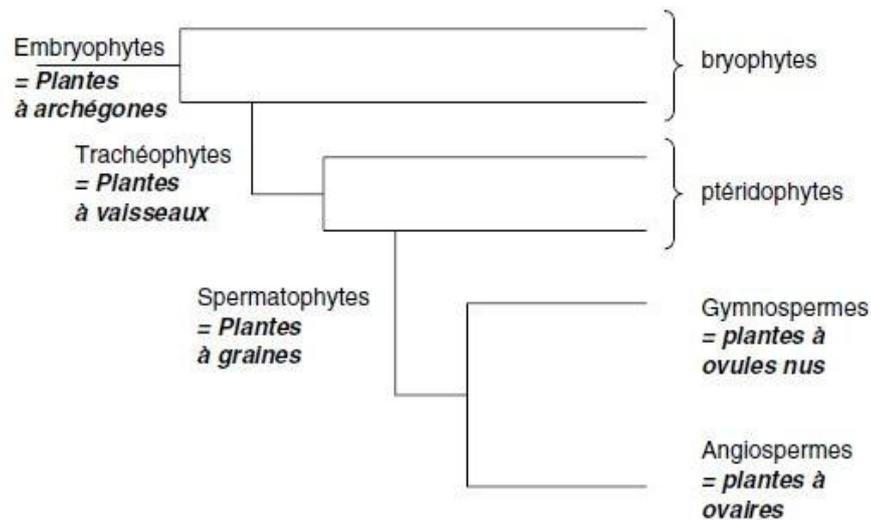


Figure 3 : Classification des plantes

La cladistique est une méthode de classification basée sur l'analyse des caractères primitifs et évolués visant à traduire les relations phylogénétiques. Le **clade** est une lignée évolutive (voir plus haut). Un **cladogramme** (fig.3) correspond à plusieurs clades successivement emboîtés. Les bifurcations (ou nœuds) correspondent à l'acquisition d'un nouveau caractère (par exemple l'apparition de chlorophylle b, pour les Chlorobiontes).

3.3- L'endémisme

Les naturalistes et les botanistes s'interrogent depuis longtemps sur la notion d'endémisme (du grec *éndēmos* ou *endēmon* = indigène d'une région). Dès 1855, De Candolle a introduit le terme « endémique » pour qualifier les espèces ne se trouvant que dans une région, et nulle par ailleurs.

La répartition des espèces endémiques n'est pas un hasard, elles se trouvent dans des régions (dont la flore a été pour des raisons géographiques récentes ou antérieures), relativement isolées telles que :

- les îles (endémisme insulaire) ;
- les montagnes (endémisme montagnard) ;
- les déserts : endémisme désertique.

Boulos (1997) rapporte, sur plusieurs autres auteurs, que l'endémisme est généralement plus élevé au niveau des flores insulaires et des péninsules des chaînes montagneuses.

IV- Diversité éco systémique

4.1- Ecosystème:

Un écosystème se définit par une communauté d'organismes vivants – la biocénose – et l'environnement dans lequel ils vivent – le biotope – et les interactions des organismes entre eux et leur environnement. Il se caractérise par une combinaison d'espèces végétales, animales et microbiennes. Chaque organisme vivant y exerce des fonctions distinctes : production, consommation, décomposition, etc.

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 ; on distingue :

Des relations alimentaires : les végétaux sont consommés par des animaux, eux-mêmes servant de nourriture pour les 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.

4.2- Biomes

Un biome (du grec bio = vie), appelé aussi macro-écosystème, aire biotique, est un ensemble d'écosystèmes caractéristique d'une aire biogéographique et nommé à partir de la végétation et des espèces animales qui y prédominent et y sont adaptées. Il est l'expression des conditions écologiques du lieu à l'échelle régionale ou continentale : le climat qui induit le sol, les deux induisant eux-mêmes les conditions écologiques auxquelles vont répondre les communautés des plantes et des animaux du biome en question.

Il existerait deux grands types de biomes, les biomes terrestres au nombre de 14 et les biomes aquatiques qui sont plus difficiles à définir dans l'espace.

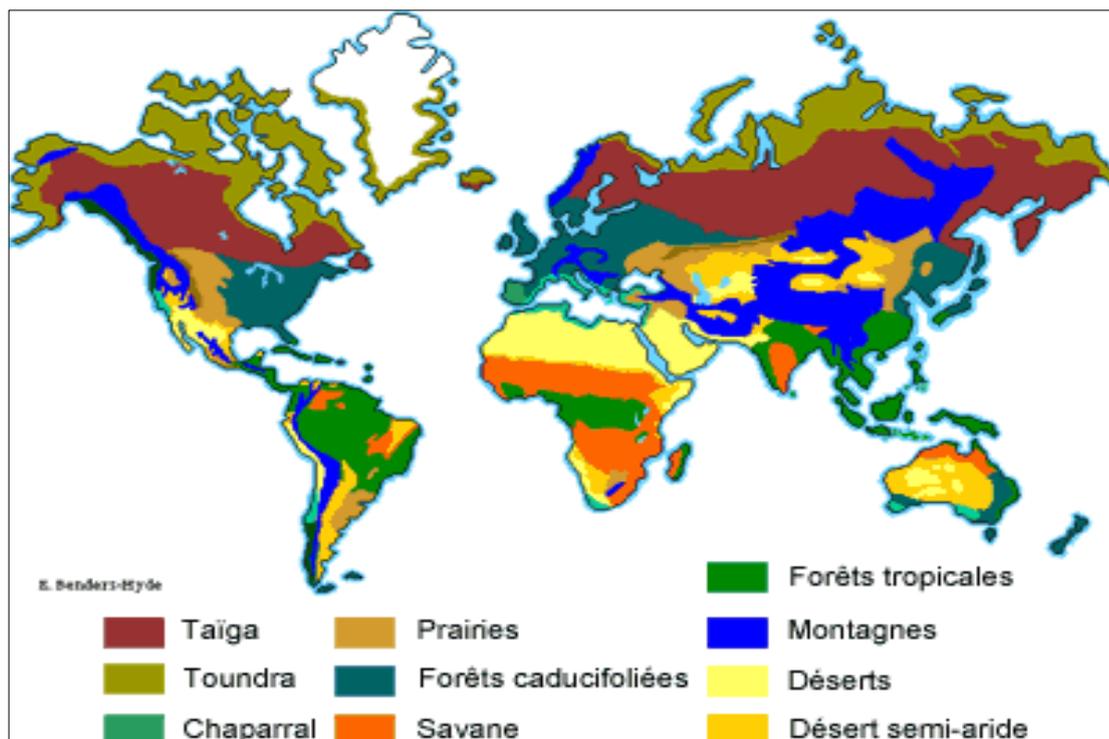


Figure 4: les différents biomes de globe terrestre

4.2.1- Biomes terrestres

a- Arctiques et subarctiques

- **Toundra** (arctique, humide) **La toundra** est la végétation qui occupe les régions arctiques, dans l'extrême nord de l'hémisphère Nord. Dans la toundra, les hivers sont longs et froids, les étés courts et frais, et le sol reste gelé une partie de l'année. Peu de plantes y poussent, on trouve les mousses et les lichens et quelques arbustes nains.
- **Taïga** (subarctique, humide) ou *forêt boréale de conifères* Taïga Nom russe de l'immense forêt boréale de conifères qui constitue l'un des biomes majeurs de l'Hémisphère Nord (zones froides). De point de vue végétation sa biodiversité est toujours faible. La majorité des espèces sont des conifères.

b- Tempérés

* **Forêts de conifères tempérées (tempéré froid, humide)** La forêt tempérée est composée en majorité d'arbres à feuilles caduques, elle comporte 4 saisons distinctes : été, automne, printemps et hiver.

* **Prairies, savanes et brousses tempérées (tempéré, semi-aride).**

* **Forêts, zones boisées et maquis méditerranéens (tempéré chaud, humide)** ou *forêt sclérophylle* : Le terme *sclérophylle* provient du grec où il signifie à feuilles résistantes (oliviers, chêne vert...) et a été appliqué à l'ensemble de la végétation méditerranéenne qui a dû s'adapter aux contraintes du climat local.

Tropicaux et subtropicaux

- Forêts de feuillus humides tropicales et subtropicales ou forêts ombrophiles
- Forêts de feuillus sèches tropicales et subtropicales ou forêts trophiles
- Forêts de conifères tropicales et subtropicales
- Prairies, savanes et brousses tropicales et subtropicales (semi-aride)
- Mangrove (tropical – inondé) ces forêts côtières sont constituées principalement des mêmes espèces d'arbres, dont les différentes espèces sont capables de pousser dans les sols gorgés d'eau et très salés du bord de mer, où leurs racines

sont recouvertes par la mer au moins une partie de la journée, constituant ainsi de véritables forêts sur l'eau. Pneumatophore C'est une excroissance aérienne des racines de certains arbres vivant dans des zones humides.

- Prairies et savanes inondées (tropical)

4.2.2- Biomes aquatiques : C'est l'ensemble des végétations qui poussent dans :

Les eaux douces

- Ruisseau
- Rivières
- Mares et étangs
- Lacs

Les eaux de mer

- Milieux polaires (dont la banquise)
- Plateaux continentaux et mers intérieures
- Récifs coralliens
- Milieux paraliques Désigne les bassins et les lagunes situent en bordure dulittoral ainsi que les sédiments afférents.

4.2.3- Les parcs nationaux en Algérie

Un parc national est une portion de territoire dans laquelle la faune, la flore et le milieu naturel en général sont protégés des activités humaines. Son intérêt peut être aussi touristique, car les parcs nationaux attirent chaque année de nombreux visiteurs. La notion de parc national renvoie à des définitions réglementaires différentes selon les États, mais qui ont toutes pour principe commun de protéger la nature sauvage pour la postérité et comme un symbole de fierté nationale.

- Parc National d'El Kala : présence de 4 écosystèmes (forestier, agricole, lacustre et marin). Créé le 23 juillet 1983, le parc d'El Kala, le plus vaste parc national du nord du pays est constitué d'une mosaïque d'écosystèmes marins, dunaires, lacustres et forestiers d'une superficie de 76 438 hectares.

Il constitue un des derniers refuges du cerf de Barbarie. L'avifaune très remarquable grâce à un complexe de zones humides de notoriété internationale dont 5 inscrits sur la liste Ramsar relative à la convention sur les zones humides. Une frange marine riche en corail et en poissons.

- Parc National de Gouraya (Béjaïa) : unique station à *Euphorbia dendroides* L. avec le Cap de Garde à Annaba.

- Parc National de Taza (Jijel) : particularité géomorphologique (grottes et falaises).

- Parc National du Djurdjura (Bouira - Tizi ouzou) : richesse floristique et faunistique. Créé le 23 juillet 1983, d'une superficie de 18 550 ha. C'est un parc de montagne avec des escarpements rocheux d'une rare beauté; Il constitue un des parcs les plus riches en oiseaux d'Algérie du nord et renferme de belles futaies millénaires de cèdre de l'Atlas et une végétation accompagnatrice riche et diversifiée (if, érables, houx, etc.). On y trouve également des peuplements endémiques notamment de pin noir.

- Parc National de Chréa (Blida - Médéa et Aïn Defla) : sujets centenaires à base, d'If et de houx.

- Parc National de Belezma (Batna) : magnifiques peuplements de Cèdre et présence de l'unique peuplement de *Lonicera etrusca* Santi.

Le site créé le 3 novembre 1984 se caractérise par la présence de grandes étendues de cèdre de l'Atlas dans une zone de grandes influences sahariennes et méditerranéennes, il se caractérise par une flore et une faune remarquables et la présence d'un patrimoine archéologique et historique d'une valeur inestimable. Il s'étend sur une superficie de 26.250 hectares

- Parc National de Tlemcen : richesses archéologiques (mosquées et grottes).

- Parc National de Djebel Aïssa (Nâama) : flore steppique (Alfa, Armoise Blanche). Faune (Hyène, Chacal, Renard, Rapaces, etc.).

- Parc National du Tassili (Illizi) : patrimoine culturel riche (15000 œuvres rupestres).

- Parc National de l'Ahaggar (Tamanrasset) : renferme des sites archéologiques datant à 1 million d'années. Comporte le plus haut massif d'Algérie (Mont Tahat: 2918 m).

- Parc national de Theniat El had

Cette aire protégée créée le 23 juillet 1983 d'une superficie de 3 425 hectares renferme l'unique cédraie occidentale, qui constitue une barrière sud du domaine méditerranéen et qui offre des curiosités botaniques intéressantes, telles que le mélange unique de cèdre et de pistachier de l'Atlas. C'est également le seul endroit dans le pourtour méditerranéen où le chêne liège monte à plus de 1 600 m ; la faune très diversifiée, est constituée de lapin de garenne, lièvre, chacal doré, l'aigle royal, faucons etc. Sans parler de la présence de gravures rupestres datant de plus de 8.000 ans.

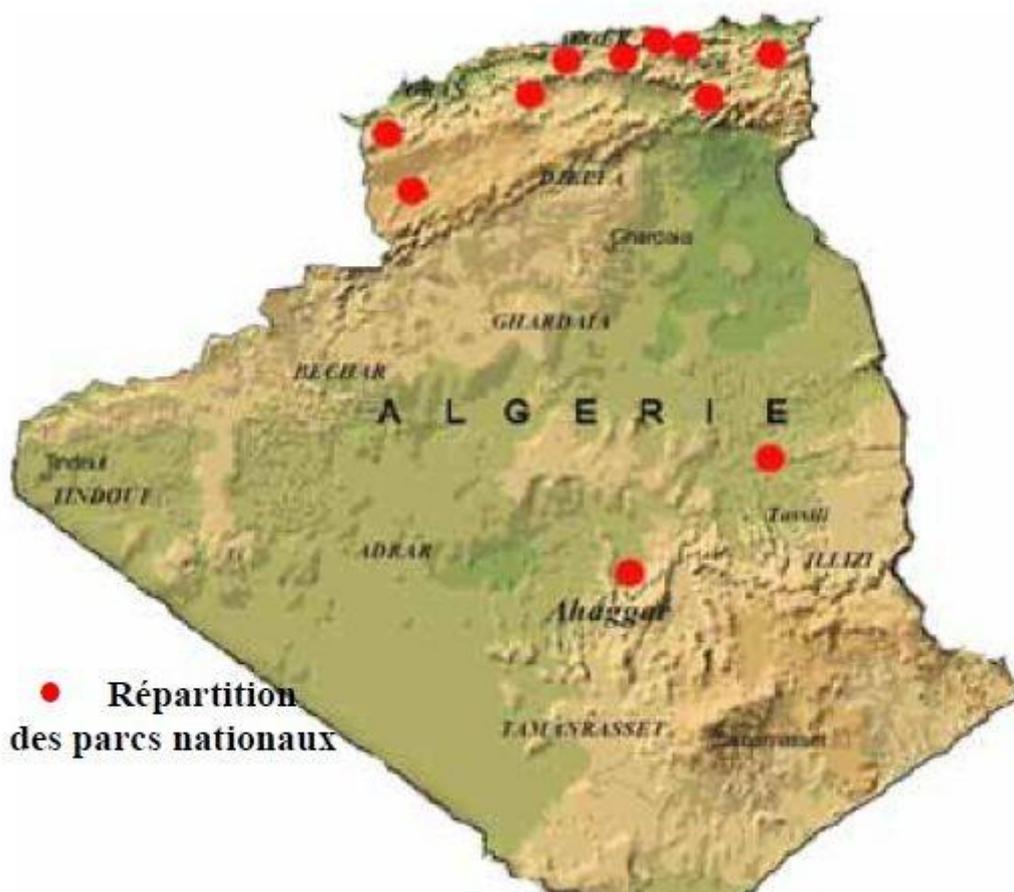


Figure 5: Répartition des Parc Nationaux en Algérie

V- La biodiversité dans les milieux terrestres

Dans les milieux terrestres il y a 1600000 espèces avec une énorme prédominance (les milieux les plus riches en espèces) parmi les animaux des arthropodes et pour les végétaux les plantes à fleurs ou les angiospermes possèdent une richesse spécifique remarquable.

VI- La biodiversité dans les milieux aquatiques

Près de 230 000 espèces ont été décrites en milieu marin, ce qui ne représente que 15% environ de la biodiversité connue, en dépit du fait que les océans occupent 70% de la surface du globe. Il y a à cela deux explications possibles qui ne sont pas contradictoires: le milieu marin est moins exploré, mais également moins hétérogène que le milieu terrestre; les phylums qui ont colonisé le milieu terrestre se sont beaucoup plus diversifiés, à l'exemple des insectes. C'est le long des côtes que 70% des espèces sont recensées. Les récifs coralliens, qui sont l'équivalent en milieu marin des forêts tropicales n'occupent que 0,5% de la surface de la planète. Ils hébergent par contre environ un tiers des espèces marines décrites. Le monde marin nous réserve encore des surprises. Rappelons la découverte faite il y a maintenant 30 ans, de la faune des sources hydrothermales! De nombreuses espèces nouvelles, à la biologie très particulière, ont été découvertes, dont le fameux «ver de Pompéi» qui vit dans des tubes fixés à la paroi des fumeurs noirs.

Mais les monts sous-marins, ces montagnes d'origine volcanique qui s'élèvent en pentes abruptes à plusieurs centaines de mètres au-dessus des fonds océaniques sans atteindre la surface, sont également des milieux d'une exceptionnelle richesse biologique. On en recense plus de 30 000 disséminés dans l'ensemble des océans et environ 10 000 dans le seul Océan Pacifique. On y a découvert en particulier des espèces que l'on appelle vulgairement des «fossiles vivants».

Un inventaire des espèces animales peuplant les eaux douces et saumâtres vient d'être réalisé. On compte à ce jour environ 120 000 espèces connues (sur les 1 800 000 décrites) dans des milieux qui n'occupent pourtant que 0,01% de la surface de la planète. Les insectes représentent plus de la moitié de la diversité spécifique des macro- invertébrés. Et, paradoxalement, plus de 40% des espèces de poissons connues habitent les eaux douces malgré leur faible superficie.

VII- Les variations géographiques de la biodiversité

La diversité biologique n'est pas répartie de manière homogène à la surface de la planète. Les naturalistes ont essayé de mettre en évidence des grandes tendances ou «patterns» (mot qui n'a pas réellement d'équivalent français mais qui est parfois traduit par patron) dans la distribution spatiale de la diversité biologique. Si l'on recherche des unités écologiques, on peut mettre en relation les caractéristiques du climat et celles de la végétation, ce qui conduit à reconnaître de grands biomes (voir cours précédent). Si l'on évalue par contre le degré de ressemblance entre les flores et les faunes, on peut diviser la planète en régions biogéographiques. Dans l'un comme dans l'autre cas, cette démarche typologique s'inscrit, elle aussi, dans un système hiérarchique, avec des subdivisions qui sont fonction du degré de précision recherché. À l'opposé on peut également chercher à identifier des aires originales, particulièrement riches en espèces endémiques.

7.1- Les gradients dans la répartition spatiale

Dans leur quête d'un ordre de la Nature les scientifiques ont essayé d'identifier des facteurs qui expliqueraient la répartition spatiale actuellement observée. La recherche de gradients est une manière de mieux comprendre cette organisation de la diversité biologique.

a) Gradients latitudinaux Un phénomène assez général en milieu terrestre et aquatique continental, est l'existence d'un gradient latitudinal: *la richesse en espèce augmente des pôles vers l'équateur* pour la plupart des groupes taxinomiques.

b) Gradients altitudinaux

La zonation altitudinale est une forme d'organisation de la diversité biologique qui nous est familière dans les zones de montagne où l'on peut observer, sur des surfaces limitées, un changement rapide de la structure des peuplements avec l'altitude. La température et la pluviométrie sont les principaux facteurs physiques structurants de ce gradient.

Pour certains taxons la richesse spécifique diminue simplement avec l'altitude, alors que pour d'autres la richesse spécifique a la forme d'une courbe en cloche.

De nombreuses tentatives ont été réalisées pour diviser la surface de la Terre en grandes régions biogéographiques. De manière très schématique, en milieu terrestre, on distingue six grandes régions qui correspondent globalement aux principales plaques continentales, et dans lesquelles flore et faune ont une histoire commune. Il y a trois grandes régions «tropicales»: l’Afrotropicale (Afrique) la Néotropicale (Amérique du Sud) et l’Indo-malaise ou Orientale qui hébergent plus des deux tiers des espèces terrestres connues. Les régions Néarctique (Amérique du Nord), Paléarctique (Eurasie) et Australienne (Australie) correspondent aux zones tempérées à froides. On distingue en outre la région des îles du Pacifique, et l’Antarctique.

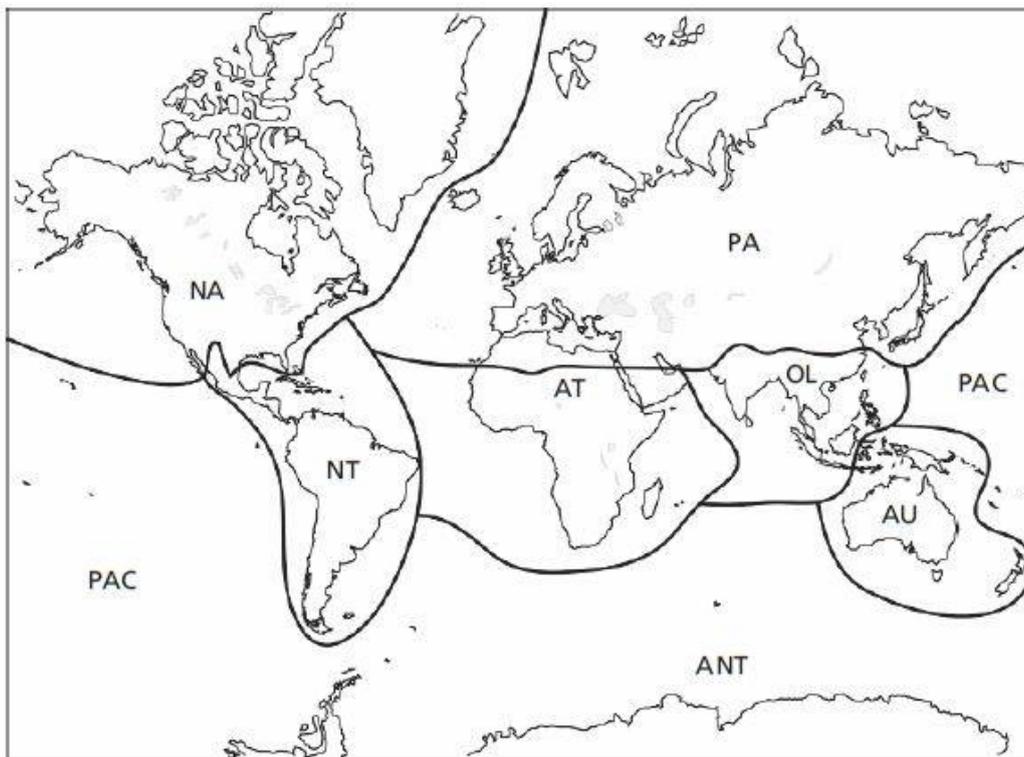


Figure 6: Carte des grandes régions biogéographiques du monde. [1]

AT: Afrotropicale; AU: Australienne; ANT: Antarctique; NA: Néarctique; NT: Néotropicale; OL: Orientale; PA: Paléarctique; PAC: Îles du Pacifique.

7.2- Notion hot spots

Un point chaud de biodiversité (de l'anglais *biodiversity hotspot*), ou zone critique de biodiversité, est une zone biogéographique, terrestre ou marine, qualifiée ainsi tous les endroits de la planète ayant un nombre élevé d'espèces endémiques dont l'habitat est en cours de destruction a cause de l'activité de l'homme.

Une étude menée en 1988 par Norman Myers a montré que 44% de toutes les plantes vasculaires (soit plus de 130 000 plantes) et 35% des vertébrés à l'exception des poissons (soit 10 000 espèces environ) sont confinés dans 25 «zones de grande diversité» couvrant seulement 1,4% de la surface des terres. La plupart de ces sites se situent en zone tropicale, mais cinq sont dans le bassin méditerranéen (figure 2.6), et neuf sont des îles dont Madagascar qui abrite plus de 11 000 plantes supérieures avec un taux d'endémicité de 80%. À l'opposé, le nombre d'espèces endémiques en Europe ne représente que de 2 à 6% des espèces mondiales selon les groupes taxinomiques.

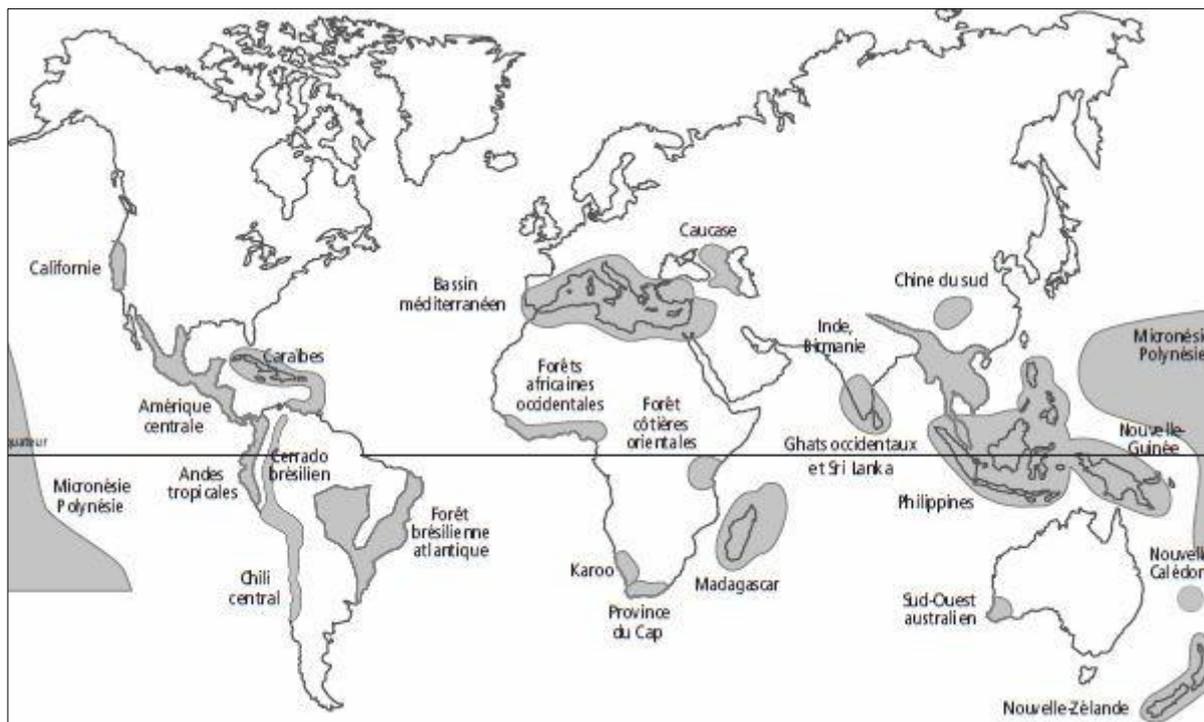


Figure 7 : les 25 régions de grande diversité et menacées par les activités humaines.

7.2.1-Répartition et point chauds (hotspots) dans la méditerranée

Parmi les régions qui ont une diversité biologique remarquable, la région méditerranéenne est considérée le point chaud du bassin méditerranéen est un centre d'endémisme et une région à forte biodiversité, vraisemblablement en lien étroit et complexe avec ses fonctions passées de refuges glacières et celles de refuges actuels.

Le bassin méditerranéen est le troisième hotspot le plus riche du monde en diversité végétale. Une analyse récente fait état et décrit 34 hotspots de la biodiversité dans le monde, chacun abritant au moins 1.500 espèces de plantes qui n'existent nulle part ailleurs, ou endémiques, et ayant perdu au moins 70 pour cent de la superficie de son habitat original.

ont identifié 11 points chauds « mini hot spots » basés sur l'endémisme végétal et la richesse. Dans le contexte des concentrations exceptionnelles de la richesse et la rareté et l'endémisme des végétaux dans ces « mini hot spots », qui reflètent la richesse de la spécialisation d'habitats et de la topographie, considèrent que les régions qui avaient fait l'objet de changements géologiques élevés constituent les zones privilégiées d'endémisme

La sélection des espèces mieux adaptées dans un milieu donné, due à une lente évolution qui est le résultat de peuplement des milieux terrestres par la faune et la flore. Souvent il existe une co-évolution entre les espèces de la même biocénose (n'évoluent pas indépendamment) de même les organismes et le milieu évoluent en dépendance réciproque.

Les écosystèmes les plus évolués sont caractérisés par des milieux en formes vivantes, plantes, animaux, micro-organisme décomposeurs, témoignage d'une longue existence et donc une certaine stabilité. Cette stabilité ou l'équilibre des écosystèmes est fondamentalement liée aux échanges énergétique de sous ensemble du système qui vont assurer le maintien des conditions climatiques, la circulation de l'eau (exemple l'évapotranspiration chez les plantes...etc).

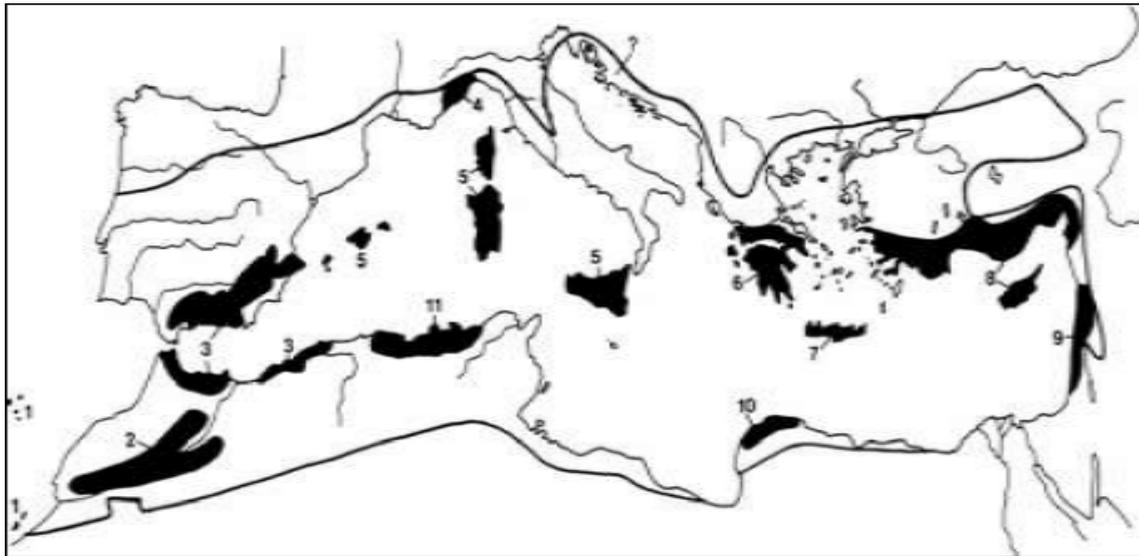


Figure 08 : Madère et Canaries ; 2-Haut et Moyen Atlas; 3-complexe bético-rifain ; 4- Alpes maritimes et ligures ; 5-îles tyrrhéniennes ; 6-Sud-et Centre-Grèce ; 7- Crète; 8- Sud- anatolie et Chypre ; 9-Syrie-Liban; 10-Cyrénaïque méditerranéenne ;11-Kabylies-Numidie-Kroumirie.

Chapitre. II :

1. diversité biologique et fonctionnement des écosystèmes

L'écosystème fonctionne grâce à un flux d'énergie et de matière partiellement recyclable.

Le fonctionnement d'un écosystème peut être défini simplement comme la réalisation d'un ensemble de fonctions vitales nécessaires au maintien de l'écosystème. C'est une dimension fondamentale d'un système qui représente son «organisation dans le temps et dans l'espace». Les fonctions biogéochimiques principales d'un écosystème comprennent, entre autres, l'accumulation et la décomposition de la matière vivante, les cycles des éléments biogènes, l'accumulation et la perte de nutriments, le développement du sol et de sa fertilité, le flux d'énergie à travers l'écosystème.

De manière schématique, les trois grands types de processus qui intéressent les écologistes et qui mettent en jeu le monde vivant à l'intérieur des écosystèmes au travers:

- Des liens de dépendance alimentaire entre groupes d'organismes (chaînes alimentaires ou réseaux trophiques);
- Du rôle des espèces dans la dynamique des cycles biogéochimiques;
- De la production biologique, c'est-à-dire la capacité à produire de la matière vivante et donc à accumuler de l'énergie au sein d'un écosystème.

La diversité biologique, au sens écologique du terme, est donc un système d'interactions au sein et entre les niveaux d'organisation du monde vivant, ainsi qu'avec l'environnement physico-chimique.

Les activités des écosystèmes, tels que les flux de matière et d'énergie, sont ainsi sous le contrôle réciproque des processus physico-chimiques et des processus biologiques.

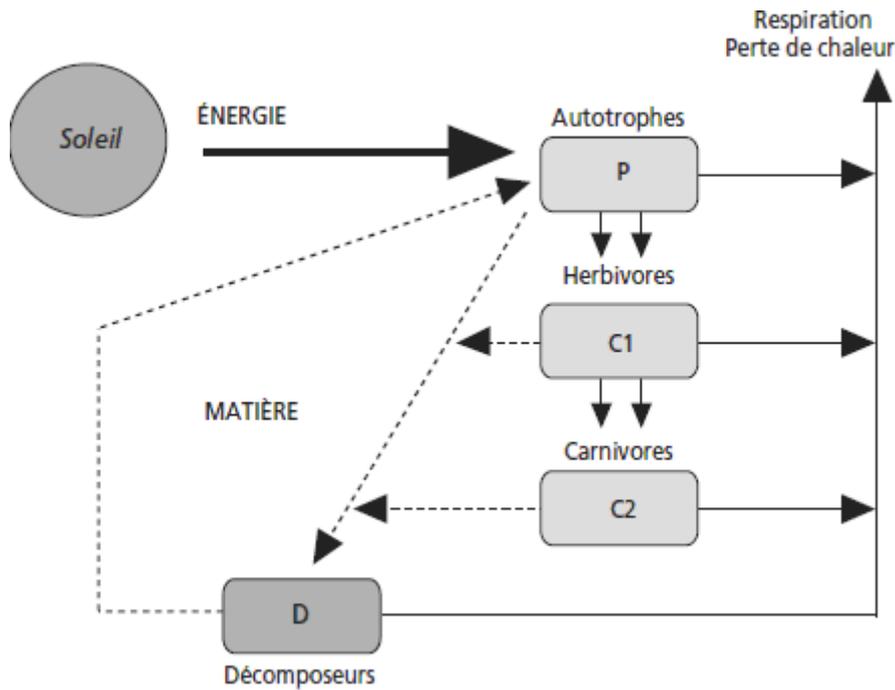


Figure 09 : Schéma de flux de matière et d'énergie dans l'écosystème

Les espèces diffèrent les unes des autres dans la manière dont elles utilisent et transforment les ressources, dans leur impact sur l'environnement physico-chimique, et dans leurs interactions avec les autres espèces. On les caractérise par leur niche écologique.

Niche écologique

L'écologiste américain Odum définit la niche d'une espèce comme étant son rôle dans l'écosystème: «l'habitat d'une espèce est son adresse, la niche est sa profession». La niche correspond non seulement à la place de l'espèce dans le réseau trophique, mais également à son rôle dans le recyclage des nutriments, à son effet sur l'environnement biophysique, etc.

La niche écologique d'une espèce est caractérisée par l'ensemble des paramètres abiotiques et biotiques du milieu où elle vit : facteurs climatiques divers, proies disponibles pour un carnivore, espèces végétales consommables par un herbivore, etc.

L'apparition de plusieurs niveaux trophiques liés les uns aux autres permet à l'ensemble de fonctionner sous forme de cycles plus ou moins ouverts. Chaque grand groupe fonctionnel est indispensable aux autres. Sa disparition ou son mauvais fonctionnement entraîne un dysfonctionnement généralisé.

Ce sont les conditions de fonctionnement de l'écosystème qui génèrent des modifications du milieu.

Par exemple, l'apparition de la photosynthèse oxygénique, et donc de l'autotrophie pour le carbone, a entraîné l'apparition de l'oxygène dans l'atmosphère et a nécessité le passage de l'anaérobiose à l'aérobiose.

Le fonctionnement de l'écosystème a une relation étroite avec chaque composante qui garde ses propriétés et du fonctionnement général qui obéit à ses propres règles.

Un écosystème ne peut subsister que si tous les éléments qui concourent aux différentes étapes sont présents et fonctionnels.

Le fonctionnement des écosystèmes en général et des écosystèmes forestiers en particulier est assuré par de multiples partenaires qui possèdent souvent des fonctions identiques.

Il est évident que le milieu joue un rôle déterminant dans l'établissement de la biodiversité. Plus le milieu sera variable dans l'espace, plus le nombre d'écosystèmes sera important et plus la biodiversité sera grande.

Groupes fonctionnels: complémentarité et redondance

Il n'est pas toujours possible de déterminer avec une précision la contribution relative de chacune des espèces aux processus écologiques. On appelle «groupes fonctionnels» des ensembles d'espèces exerçant une action comparable sur un processus déterminé ou répondant de manière similaire à des changements des contraintes externes. C'est par exemple l'ensemble des espèces qui exploitent la même catégorie de ressources alimentaires, ou l'ensemble des espèces intervenant sur certains grands cycles biogéochimiques (azote, carbone, etc.).

Une fonction peut être assurée par une seule espèce ou un nombre limité d'espèces dans un écosystème. Elle l'est parfois par un grand nombre d'espèces dans un autre écosystème. La redondance fonctionnelle, est le processus dans le quel plusieurs espèces occupent la même niche spatiale où elles assurent des fonctions similaires, même si leur importance relative peut varier.

-Les espèces clés

Le concept d'espèce clé postule que certaines espèces sont plus importantes que d'autres dans le réseau des interactions d'un écosystème.

L'espèce clé serait, par exemple, celle dont la perte provoquerait des changements importants dans la structure et le fonctionnement général.

On distingue ainsi les prédateurs clés qui sont des espèces dont la présence limite fortement celle des autres. À l'opposé, les mutualistes clés sont des organismes directement ou indirectement nécessaires au maintien d'autres populations. Par exemple, l'abondance des fécondations chez les plantes dépend souvent de la présence d'une faune variée de pollinisateurs (essentiellement des insectes).

Les organismes ingénieurs

Ce sont des organismes qui contrôlent directement ou indirectement la disponibilité des ressources pour les autres espèces en provoquant des changements dans l'état physique de leur environnement.

Les ingénieurs autogènes modifient l'environnement du fait de leur propre structure physique. C'est le cas des arbres qui, du fait de leurs structures physiques, créent des habitats pour d'autres espèces. Les ingénieurs allogènes modifient l'environnement en transformant sa structure.

Exemples d'ingénieurs allogènes sont les termites, les fourmis et les vers de terre qui creusent et mélangent les sols, modifient leur composition organique et minérale, ainsi que le cycle des éléments nutritifs et le drainage.

Rôle de la biodiversité dans les cycles biogéochimique

La disponibilité en éléments nutritifs est indispensable dans la productivité des écosystèmes. La dynamique des nutriments est évidemment assurée par les organismes vivants. Ce rôle qui avait été ignoré pendant longtemps par les géochimistes est apparemment complexe et reste encore méconnu. De nombreuses fonctions comme la nitrification et la dénitrification, la fixation d'azote, la méthanogenèse, la dépollution, en dépendent.

Parmi les cycles les plus importants qui assurent la continuité des écosystèmes

La fixation biologique de l'azote

L'azote est l'élément constitutif des plantes le plus important après le carbone. Pourtant, la concentration des formes azotées assimilables par les végétaux dans le sol ou dans les eaux (ammonium, nitrates, composés organiques simples) est souvent insuffisante pour assurer la croissance des végétaux. Le complément d'azote vient de la fixation biologique de l'azote moléculaire ou diazote (N₂), constituant majeur de l'atmosphère. Ce dernier est un gaz chimiquement inerte qui ne peut être utilisé que par certains

micro-organismes Procaryotes appelés fixateurs d'azote. La fixation biologique d'azote est ainsi le mécanisme principal permettant d'introduire l'azote dans la biosphère: environ 175 millions de tonnes d'azote atmosphérique sont fixés annuellement par les micro-organismes, alors que la quantité d'engrais azotés utilisée en agriculture est de l'ordre de 40 millions de tonnes par an. En milieux marins, seuls les Cyanobactéries ont la capacité d'utiliser le diazote pour satisfaire leurs besoins métaboliques.

En milieu terrestre il existe deux groupes principaux de bactéries fixatrices d'azote associées aux plantes supérieures:

- Le vaste groupe des Rhizobium, associés à des légumineuses (familles des Papilionacées, Mimosacées, Césalpiniacées);

Minéralisation de la matière organique

Si l'énergie solaire est dispensée sans interruption à la surface de la Terre, il n'en est pas de même pour les éléments minéraux. Le maintien de la vie dépend donc du recyclage des éléments chimiques contenus dans les organismes vivants après leur mort. Les Procaryotes jouent un rôle fondamental dans les cycles biogéochimiques en décomposant la matière organique détritique pour libérer les éléments inorganiques qui serviront à synthétiser de nouvelles molécules organiques. Si de tels décomposeurs n'existaient pas, le carbone, l'azote et d'autres éléments essentiels à la vie resteraient prisonniers du matériel détritique.

Stockage à long terme des éléments minéraux

Les cycles biogéochimiques faisant intervenir les organismes vivants conduisent également à l'accumulation de formations sédimentaires importantes dont une conséquence est le stockage à long terme de certains éléments minéraux qui échappent pour un temps souvent fort long aux cycles biogéochimiques.

Les différentes formes de vie sur la terre sont influencées par les technologies développées et la mondialisation de l'économie dues aux activités des êtres humains et surtout la croissance démographique.

D'une manière générale, une espèce a une durée de vie limitée. Au cours des temps géologiques, et avec l'évolution des conditions de milieu, de nombreuses espèces ont disparu et de nouvelles ont vu le jour. Les disparitions d'espèces sont progressives ou, au contraire, brutales si une modification majeure du milieu se produit. La durée de vie d'une espèce est évidemment très variable et serait comprise entre 10⁵ et 10⁸ années.

Depuis le développement des activités humaines et en raison des modifications de milieu qui en ont résulté et en particulier la réduction de la couverture forestière, la disparition des espèces s'est considérablement accélérée.

Chapitre 03

1. La notion de diversité spécifique

1.1. Nombre d'espèces

Cette composante appréhende la biodiversité à partir de l'estimation du nombre d'espèces présentes dans une zone donnée.

Une mesure de cette composante communément employée en écologie, pour sa facilité d'approche, est la richesse spécifique, c'est-à-dire le nombre d'espèces récoltées. On distingue deux notions :

- la richesse spécifique numérique : correspond au nombre d'espèces pour un nombre donné d'individus.
- la densité spécifique : correspond au nombre d'espèces par unité d'échantillonnage (Gaertner, 2007).

1.2. Abondance des taxons

L'abondance des taxons nous renseigne sur le nombre d'individus d'une espèce ou d'une famille sans tenir compte de la taille. Elle nous permet de calculer la densité relative des taxons et s'obtient par le rapport du nombre d'individus d'une espèce ou d'une famille au nombre total des individus de ces taxons dans l'échantillonnage.

L'abondance s'exprime en pourcentage. Elle s'exprime de la manière suivante :

$$\text{Densité relative d'une espèce} = \frac{\text{Nombre d'individus d'une espèce} \times 100}{\text{Nombre d'individus total dans l'échantillon}}$$

$$\text{Densité relative d'une famille} = \frac{\text{Nombre d'individus d'une famille} \times 100}{\text{Nombre d'individus dans l'échantillon}}$$

1.3. Diversité des taxons

La diversité des taxons est évaluée en fonction du nombre d'individus au sein d'une espèce ou d'une famille dans une communauté (Noël Walter, 2006).

Cet indice permet de mettre en évidence l'importance relative des grandes familles caractérisant la végétation étudiée. Il s'exprime par les formules ci-après :

$$\text{Indice de diversité relative} = \frac{\text{Nombre d'espèces au sein d'une famille} \times 100}{\text{Nombre total d'espèce dans l'échantillon}}$$

2. Indices de Richesse Spécifique

La richesse spécifique est fortement influencée par l'effort d'échantillonnage. Il est possible de représenter graphiquement la variation de la richesse spécifique en fonction de l'effort d'échantillonnage grâce à une courbe d'accumulation. Cela permet d'estimer l'effort d'échantillonnage nécessaire pour obtenir une valeur de richesse spécifique assez représentative de la valeur effective.

Il est aussi possible de modéliser la diminution de la richesse spécifique lorsqu'on diminue l'effort d'échantillonnage grâce à une courbe de raréfaction. Divers indices sont utilisés pour mesurer la diversité spécifique.

❖ Indice Shannon-Weaver

L'indice de diversité considéré ici est le plus couramment utilisé dans la littérature, il est basé sur la formule suivante :

$$H' = - \sum ((N_i / N) * \log_2 (N_i / N)) \text{ (GRALL \& HILY, 2003).}$$

Ou

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i. \text{ (DAGET, 1976).}$$

N_i : nombre d'individus d'une espèce donnée ; i allant de 1 à S (nombre total d'espèces).

N : nombre total d'individus.

p_i : l'abondance relative de l'espèce i dans l'échantillon ($p_i = n_i/N$).

Cet indice peut varier de 0 à 1, il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement. Il est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou entre dates d'échantillonnage.

Les valeurs que prennent ces indices de diversité dépendent à la fois de la richesse spécifique S et de la répartition des effectifs entre les diverses espèces. Des peuplements à physionomie très différente peuvent ainsi avoir une même diversité. Aussi, convient-il de calculer, parallèlement aux indices de diversité H' ou I_s , l'équitabilité E ou E_s , rapport entre la diversité observée et la diversité théorique maximale qui correspondrait à une équirépartition des effectifs entre les S espèces présentes :

$$E_s = H' / \log_2 S \text{ ou } E_s = I_s - 1 / S - 1$$

H': indice de Shannon (indice de diversité).

I_s : indice probabiliste de **SIMPSON**.

E_s : équitabilité.

S: nombre total d'espèces (la richesse spécifique).

❖ **Indice de Simpson et indice de diversité de Simpson**

❖ **Indice probabiliste de SIMPSON : $I_s = 1 / \sum P_i^2$**

En désignant par N la somme des effectifs des S espèces constituant le peuplement (ou échantillon) considéré ; par n_i l'effectif de la population de l'espèce i et par p_i l'abondance relative de l'espèce i dans l'échantillon ($p_i = n_i / N$) (Barbault, 1997).

Il varie de 1 (une seule espèce présente) à S (toutes les espèces présentes ont même abondance).

Cet indice a été proposé par Simpson en 1965. Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce:

$$D = \sum N_i (N_i - 1) / N (N - 1)$$

N_i : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

Cet indice aura une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité. Dans le but d'obtenir des valeurs « plus intuitives », on peut préférer l'indice de diversité de **Simpson**.

❖ **Indice de diversité de Hill**

Il s'agit d'une mesure de l'abondance proportionnelle, permettant d'associer les indices de Shannon-Weaver et de Simpson (Grall & Hily, 2003):

$$\text{Hill} = (1 / \lambda) / e^{H'}$$

1/λ : c'est l'inverse de l'indice de Simpson.

e^{H'} : c'est l'exponentiel de l'indice de Shannon-Weaver.

L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée. **1/λ** va permettre la mesure du nombre d'effectif d'individus très abondants.

e^{H'} va en revanche permettre de mesurer le nombre d'effectif d'individus abondants mais surtout des espèces rares.

Plus l'indice de Hill s'approche de la valeur 1 et plus la diversité est faible. Afin de faciliter

l'interprétation, il est alors possible d'utiliser l'indice de Hill où la diversité maximale sera représentée par la valeur 1, et la diversité minimale par la valeur 0.

❖ **Indice de Margalef**

Il se base sur la relation linéaire entre le nombre d'espèces et le logarithme du nombre total d'individus.

$$DMg = (S-1) / \ln(N)$$

DMg : indice de diversité de Margalef

S : nombre d'espèces

N : nombre total d'individus

❖ **Indice de Menhinick**

$$DMn = S / \sqrt{N}$$

DMn : indice de diversité de Menhinick.

S : nombre d'espèces.

N : nombre total d'individus.

Cet indice se base sur la relation linéaire entre le nombre d'espèces et la racine carré du nombre total d'individus. En comparaison avec l'indice de Margalef, cet indice peut révéler de plus petites variations de diversité entre les échantillons (Gaertner, 2007).

❖ **Indice de Similarité de SORENSEN**

$$Is = \frac{2J}{A+b}$$

J : Nombre d'espèces communes entre les deux stations.

A+b : Nombre totale d'espèces entre les deux stations.

Indice de perturbation

L'indice de perturbation permet de quantifier la thérophytisation d'un milieu. Il est estimé par la formule suivante (Loisel et Gamila, 1993):

$$IP = \frac{\text{Nombres des chaméphytes} + \text{Nombres des thérophytes} \times 100}{\text{Nombres total des espèces}}$$

Chapitre 04

1 Caractéristiques majeures des forêts méditerranéennes

La végétation est le résultat de l'intégration des facteurs floristiques, climatiques, géologiques, historiques, géographiques et édaphiques (Loisel, 1978). Le bassin méditerranéen présente un grand intérêt pour toute étude scientifique, vu sa grande richesse floristique, liée à l'hétérogénéité des facteurs historiques, paléoclimatiques, géologiques et écologiques.

L'histoire de la forêt méditerranéenne est actuellement assez bien connue et les phytogéographes sont tout à fait capables de définir, sur le pourtour méditerranéen, l'extension potentielle des essences majeures (Quézel *et al.*, 1991). L'un des caractères majeurs des forêts méditerranéennes, vis-à-vis des forêts européennes, réside dans leur richesse en espèces arborescentes, constitutives ou associées.

Le bilan effectué par Quézel *et al.* (1999) et Barbero *et al.* (2001) a abouti à une richesse en ligneux péri-méditerranéens égale à 247 taxons, soit deux fois plus d'espèces par rapport aux estimations de Latham et Ricklefs (1993) qui indiquent 124 espèces d'arbres au sein des forêts tempérées d'Europe et de la Méditerranée (Quézel *et al.*, 2003).

Le caractère particulier des forêts méditerranéennes est en rapport d'une part avec leur grande hétérogénéité biogéographique, historique, climatique et physiologique et d'autre part avec leur instabilité et leur vulnérabilité liées à la fois à l'environnement et à l'activité humaine.

Les forêts méditerranéennes se sont réduites en superficie et se sont appauvries en biomasse et en biodiversité. Il y a une trentaine d'années, les terres forestières de la région étaient estimées à 85 millions d'hectares, avec 20 millions d'hectares couverts effectivement de forêt. L'évaluation FAO sur les ressources forestières fixe à 81 millions d'hectares pour les superficies forestières. Le taux annuel de déforestation en 1981 jusqu'au 1990 en Afrique du Nord et au Proche-Orient a été de l'ordre de 114000 hectares (FAO, 1994), soit 1,1 %, alors qu'il ne dépasse guère 0,8 % dans les pays tropicaux (M'Hirit, 1999).

La région circum-méditerranéenne apparaît donc sur le plan mondial comme un centre majeur de différenciation des espèces végétales (Quézel *et al.*, 1995). L'un des premiers soucis des géobotanistes est de connaître la diversité floristique et la répartition des espèces et des unités supérieures du point de vue biogéographique (Quézel, 1978-1985 ; Quézel *et al.*, 1980). Malgré sa richesse floristique globale remarquable, la région circum-méditerranéenne présente une hétérogénéité considérable tant au niveau du nombre des espèces méditerranéennes que celui des endémiques, en fonction des zones géographiques qui la constituent (Quézel *et al.*, 1995).

Di Castri (1981) et Quézel (1989) montrent que l'intense action anthropique (déboisement, incendie, pâturage, culture et délits variés) entraîne une diminution des surfaces forestières, chiffrée entre 1 et 3 % par an (Quézel *et al.*, 1990), formées surtout par des espèces pré-forestières, chamaephytiques et nano-phanérophytiques, ce qui explique la disparition de certaines forêts d'arbres sempervirents de la région méditerranéenne et leur remplacement par des milieux assez ouverts qui occupent la quasi-totalité de la forêt.

Les modifications climatiques possibles dans le cadre du phénomène des changements globaux ne devraient pas, à priori, entraîner des raréfactions voire des disparitions notables chez les phanérophytes méditerranéennes. Les espèces les plus menacées sont beaucoup plus sensibles à l'effet des impacts humains que sous les changements climatiques.

Les régions méditerranéennes d'Europe et d'Afrique du Nord sont particulièrement concernées par les changements climatiques : à long terme, elles prédisent une évolution plus rapide et plus importante du tapis végétal que dans d'autres parties du monde (Hesselbjerg-Christiansen *et al.*, 2007). D'autre part, les changements attendus vont dans le sens d'une réduction de la disponibilité en eau durant la saison de végétation (Vennetier *et al.*, 2010).

L'ensemble des forêts soumises au bioclimat méditerranéen est subdivisé en plusieurs ensembles bioclimatiques en fonction de la valeur des précipitations annuelles, du coefficient pluviothermique d'Emberger (1930 à 1955) et la durée de la sécheresse estivale (Daget, 1977) qui représente un phénomène régulier (stress climatique) mais variable, selon ces types bioclimatiques et les étages de végétation (Quézel, 1974-1981).

En conséquence, on distingue dans les montagnes méditerranéennes une succession d'étages de végétation définis pour les types climatiques dont les limites varient avec la latitude et qui sont dénommés infra-méditerranéen, thermo-méditerranéen, euméditerranéen, supra-méditerranéen, montagnard-méditerranéen et oro-méditerranéen (Quézel, 1976).

La dégradation de la forêt méditerranéenne a fait et continue de faire l'objet d'intérêt de plusieurs auteurs, nous citons : Tomaselli (1976), Nahal (1984), Benabid (1985), Le Houerou (1988), Marchand *et al.* (1990), FAO (1993), M'Hirit et Maghnonj (1994), Skouri (1994), (Cherifi *et al.*, 2011, Saidi *et al.*, 2016).

1.1 En Afrique du Nord

La flore de l'Afrique Occidentale méditerranéenne est relativement bien connue (Maire, 1926). Les endémiques Nord-Africaines représentent environ 125 espèces. D'un point de vue synthétique, un premier bilan établi par Quézel en 1978, a montré la présence, en dehors des portions Sahariennes, 916 genres, 4034 espèces dont 1038 endémiques (Medail et Quézel, 1997).

Koenigueur (1974) laisse supposer la coexistence de paysages forestiers savanes sans grande affinité. Les rares macro-restes se rattachant au Pléistocène en Afrique du Nord continental appartiennent à peu près exclusivement à des taxons xérophiles : *Tamarix*, *Acacia*, *Olea*...

Quézel (2000) souligne que l'Afrique du nord qui ne constitue qu'une partie du monde méditerranéen (environ 15 %) ne possède pas, actuellement, de bilan précis relatif au nombre des espèces végétales existantes de 5000 à 5300.

Medail *et al.* (1997) ont toutefois recensé environ 3800 espèces au Maroc méditerranéen, 3150 en Algérie méditerranéenne et 1600 en Tunisie méditerranéenne ; le nombre approximatif des endémiques étant respectivement de 900, 320 et 39.

Les formations forestières nord-africaines peuvent prendre l'aspect de belles futaies régulières quand elles sont en bon état. Elles se présentent souvent, hélas, sous l'aspect de broussailles, de maquis et garrigue qui en dérivent par dégradation.

Actuellement, dans de nombreuses régions en Afrique du nord, les prélèvements volontaires s'opèrent dans des matorrals forestiers par dessouchage et une végétation arbustive nouvelle s'installe.

Ce processus de remplacement de matorrals primaires en matorrals secondaires déjà envisagé aboutit ultérieurement à une dématerralisation totale qui est particulièrement évidente dans le Maghreb semi-aride où elle conduit une extension des formations de pelouses annuelles (Bouazza *et al.* 2000).

Les perturbations sont nombreuses et correspondent à deux niveaux de plus en plus sévères allant de la matorrallisation jusqu'à la désertification et désertisation passant par la steppisation et la thérophytisation (Barbero *et al.*, 1990 ; Bouazza *et al.*, 2010).

1.2 En Algérie

L'Algérie comme tous les pays méditerranéens est concernée et menacée par la régression des ressources pastorales et forestières (Bestaoui, 2001). Dans ce contexte, plusieurs travaux ont été réalisés comme ceux de Cosson (1853), Flahaut (1906), Tradescant (1960) in Alcaraz (1976), Battandier et Trabut (1888-1889).

La flore algérienne a peu évolué après la séparation de l'Afrique et de l'Europe, mais sa situation reste sans doute moins dramatique que les autres pays de l'Afrique, car ces forêts couvrent environ 3,7 millions d'hectares en 1999 dont 6,5 % se situent au Nord et 36,5 % occupent quelques massifs des hautes plaines (Quézel et Santa, 1962-1963).

En 1962, Quézel et Santa ont estimé la flore algérienne à 3139 espèces dont 700 sont endémiques. Les arbres les plus spectaculaires du Sahara est le Cyprès de Duprez (*Cupressus dupreziana*) qu'on trouve en particulier dans la vallée de Tamrirt et le Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) dont il reste quelques éléments au Hoggar. Il faut noter également l'Arganier dans la région de Tindouf et l'Olivier de Laperrine (*Olea laperrini*) fréquent au Tassili.

Intéressantes et multiples sont les exploitations botaniques sur l'Oranie ; les premières sont celles de Cosson (1853) puis Trabut (1887) et Flahaut (1906) suivies de celles de Maire (1926) et Boudy (1950). Les études géobotaniques du Tell oranais ont commencé avec Alcaraz (1969, 1982 et 1991), Zeraïa (1981), Dahmani (1989), Bouazza (1991 et 1995) et Benabadji (1991 et 1995).

Les trois grandes voies de recherche menées dans l'étude des écosystèmes méditerranéens correspondent aux trois dimensions fondamentales de la théorie générale des systèmes : structure, fonctionnement et évolution. La phytoécologie et la phytosociologie tentent d'expliquer, par l'assemblage d'espèces en relation avec certains facteurs du milieu, l'établissement, la composition et l'agencement des groupements végétaux méditerranéens.

L'étude du fonctionnement permet de comprendre les relations des organismes entre eux et des organismes avec le milieu pour les fonctions principales. Enfin, l'approche évolutionniste est basée sur l'identification, pour les éléments dominants de l'écosystème, des principales stratégies d'évolution et des principales forces guidant ces stratégies (Aidoud, 2000).

2 Etages de végétation

Le concept d'étage bioclimatique est une notion botanique qui a été créée pour associer la répartition des êtres vivants à des schémas climatiques mondiaux liés à la géographie et l'altitude.

L'étage est défini de manière assez empirique par une association de végétation (et de faune associée) et une situation géographique (un fond de vallon, versant, etc.). Dans la pratique, on définit les limites d'un étage donné par une plage de valeur des variables climatiques moyennes (température, précipitation, etc.) et on y associe une végétation type, l'ensemble constituant alors l'étage bioclimatique (Quézel, 2000).

2.1 Le thermo-méditerranéen

L'étage bioclimatique est nommé «thermo-méditerranéen » lorsqu'on constate l'alternance de deux saisons contrastées très marquées (hiver frais et très pluvieux pendant 4 à 5 mois et été chaud et très sec pendant plus de 6 mois). C'est le cas du Maghreb, du Proche-Orient et de la Grèce.

Il s'étend en moyenne entre 0 – 500-600 m, plus au sud il peut s'élever à plus de 1000 m, notamment sur l'Aurès.

Les structures dominantes sont constituées sur calcaire surtout par *Olea europaea*, *Ceratonia siliqua*, *Chamaerops humilis* ; on y trouve aussi des formations à *Pistacia lentiscus*, *Calycotome spinosa* et les formes dégradées apparaissent avec *Asphodelus fistulosus*, *Euphorbia spinosa*.

2.2 Le méso-méditerranéen

L'étage bioclimatique est nommé «méso-méditerranéen» lorsque l'alternance des saisons se fait par l'intermédiaire du printemps et de l'automne, qui peuvent être alors plus pluvieux que l'hiver et qui donne un caractère méditerranéen moins accusé. Les rivages nord de la Méditerranée appartiennent à cette catégorie, au moins pour l'Espagne, la France et l'Italie.

Il s'étend entre 400 - 600 m, hiver plus doux, plus humide, été moins chaud. Les forêts de l'étage méso-méditerranéen sont essentiellement constituées par les sclérophylles (*Chêne pubescens*).

2.3 Supra-méditerranéen

Lorsque le froid hivernal est la règle et à plus forte raison si l'été est plus tempéré, on bascule dans l'étage «supra-méditerranéen» qui fait souvent transition en altitude ou en latitude avec les étages non méditerranéens (de haute montagne ou de l'Europe médiane) (Guy Aubert, 1999).

Il s'étend en moyenne entre 1200-1300 et 1500-1600 m en moyenne ; sur les principaux massifs montagneux, les grandes structures de la végétation restent proches au moins physiologiquement de celles de l'étage méso-méditerranéen.

Quelques essences caducifoliées sont présentes dans ce type de végétation, notamment *Crataegus monogyna*, *Viburnum lanana*, localement abondant sur les chaînes méridionales. En bioclimat humide, les formations caducifoliées de type supra-méditerranéen sont bien développées dans les Kabylies (Ozenda, 1974).

A cet étage, les conifères sont peu fréquents comme *Pinus halepensis*, *Quercus pubescens*, *Q. petrae*, *Pinus sylvestris* (Quezel, 2000).

2.4 Montagnard

Il est essentiellement caractérisé par les conifères montagnards : *Cedrus atlantica*, *Abies maroccana*, *A. numidica*, *Junipersus thurifera* subsp. *africana* voire *Pinus nigra* subsp. *mauritanica*. Il se localise entre 1600-1800 m et 2300-2500 m, en fonction des situations. *Quercus rotundifolia* n'est toutefois pas absent et tend de plus en plus à s'étendre, notamment en versant sud et sur les substrats dégradés (Quezel, 2000).

2.5 Oroméditerranéen et étage du subalpin

Au-dessus de 2200-2500 m, l'étage oroméditerranéen atlasique est essentiellement constitué par des formations à xérophytes épineux en coussinets, dominées par *Alyssum spinosum*, *Bupleurum spinosum*, *Erinacea pungens*, *Cytisus balansae*, *Vella mairei* et

Asragalus spp. Toutefois, *Juniperus hurifera* subsp. *Africana* forme assez souvent, sur le Haut Atlas oriental en particulier, une ceinture claire de végétation forte malmenée par l'homme. Il est localement associé au Cèdre mais aussi à *Lonicera arborea*, *Buxus balearica* et *B. sempervirens*. Sur le Haut Atlas Central et Occidental, c'est *Quercus rotundifolia* qui joue ce rôle, sans doute en raison d'une forte océanité du climat. Cette ceinture arborée peut atteindre 2600-2800 m d'altitude (Quezel, 1957).

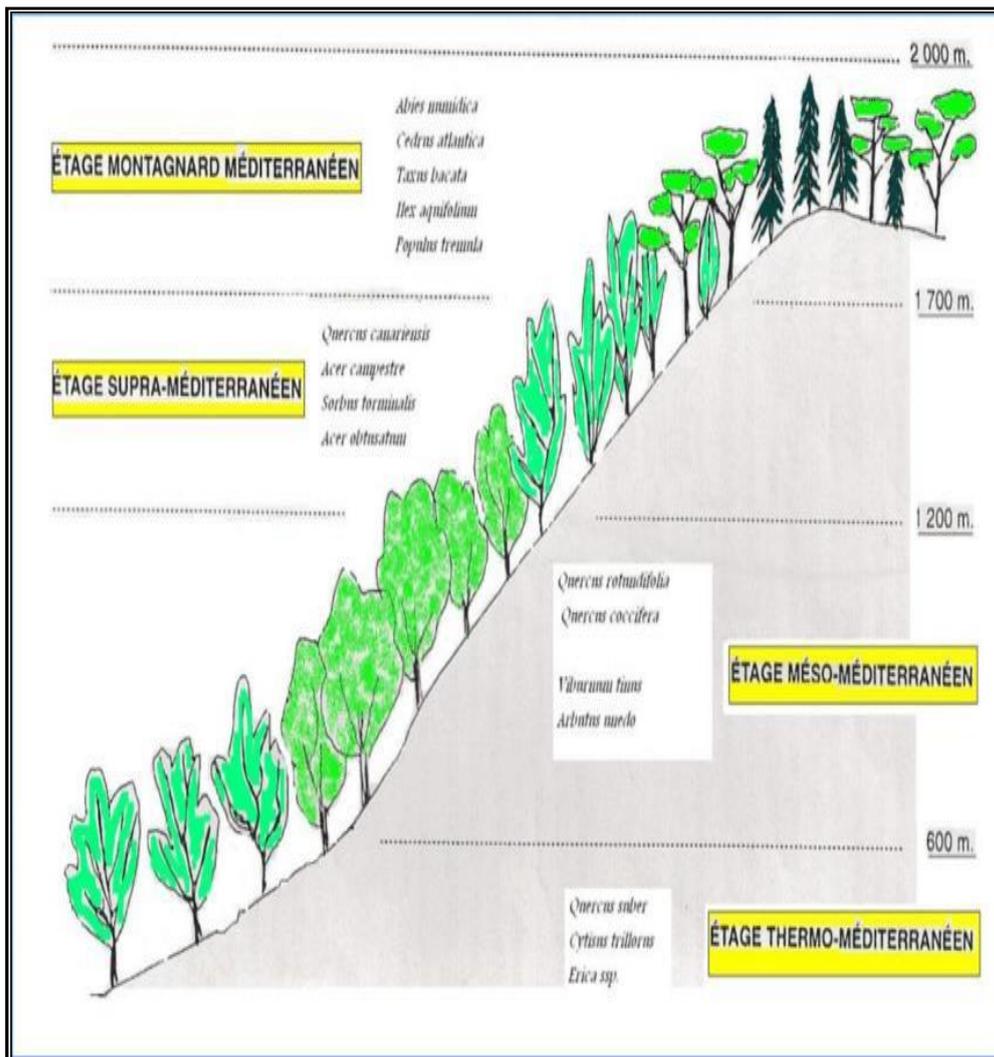


FIGURE 09 Les étages bioclimatique

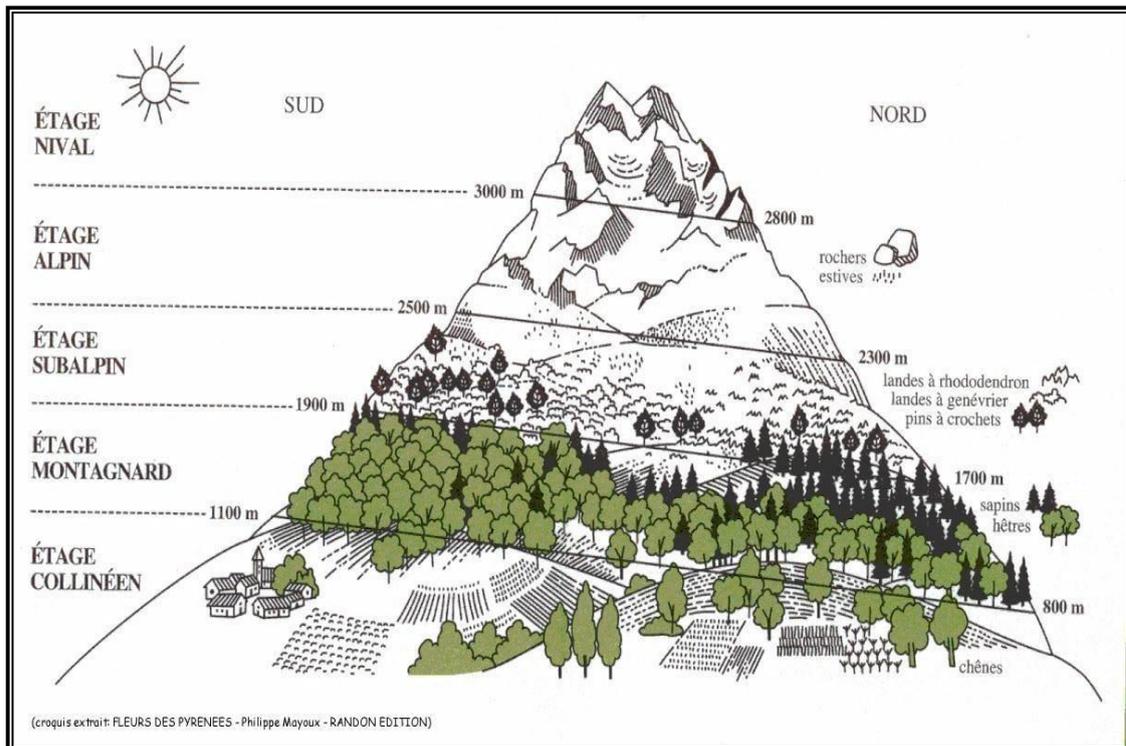


Figure 10 Les types de végétations (formations végétales)

Sur le plan physiognomiques diverses définition sont admises pour définir les types de végétation, ainsi, selon Trochain (1955 in Ionesco et Sauvage, 1962), les types de végétation sont « de grands ensemble végétaux qui impriment en paysage une physionomie particulière, parce qu'ils résultent de l'accumulation d'espèces végétales spécifiquement variées mais appartenant, en grande majorité à une même forme biologique qui est ainsi dominante ».

Les principaux types de végétation et leur classification ont fait l'objet de plusieurs études. Pour décrire les types de végétation observée, nous nous sommes inspirés des classifications établies par Ionesco et Sauvage (1962) et le Houérou et al (1975), cette classification est basées sur des critères tel que la répartition horizontale, verticale et la densité des individus.

✓ **Forêt :**

C'est une formation végétale arborescente dont la hauteur est de sept mètres au minimum, avec une densité des arbres d'au moins cent arbre à l'hectare. Selon la structure horizontale et en fonction de la densité des arbres, on distingue ; forêt dense (recouvrement > 75%), forêt claire (recouvrement entre 50 et 75%) et forêt trouée (recouvrement entre 25 et 50%) (Donadieu, 1985).

Cependant, selon la nature des espèces arborescentes dominantes, on distingue dans la région méditerranéenne ; forêts de conifères, forêts caducifoliées, forêts sclérophylles et les forêts hygrophiles (Quézel, 1976).

✓ **Matorral :**

Selon le Houérou *et al.* (1975) et Donadieu (1985), le matorral « est une formation à végétaux ligneux n'excédent pas sept mètres de hauteur et dérivant toujours directement ou indirectement d'une forêt climatique par dégradation anthropozoogène ». Ces auteurs distinguent :

- Selon la hauteur (H) :- matorral élevé ($H > 2$ m jusqu'à 6 m).
 - matorral moyen ($0.66 < H < 2$ m).
 - matorral bas ($H < 0.6$ m).
- Selon le recouvrement (R) : - matorral dense ($R > 75\%$).
 - matorral troué ($50\% < R < 75\%$).
 - matorral claire ($25\% < R < 50\%$).

La structure permet aussi de distinguer quelques cas particuliers de matorral (Ionesco et Sauvage, 1962) : matorral arboré, matorral à xérophytes épineux. Ce dernier a pris plusieurs appellations ;

pelouses écorchées (Barbaro *et al.*, 1971 et 1975), matorral bas à xérophytes épineuse en coussinet (Le Houérou *et al.*, 1975), garrigue à xérophytes épineux en coussinet (Quézel, 1957)

ou pâturage l'écorche (Maire, 1924 in Gharzouli, 2007). Ce sont des mosaïques de « pelouses mésophiles à xérophytes, de plage et sols dénudés et de xérophytes épineux en boule, localement arborées ou arbustives » (Donadieu, 1985).

✓ **pelouses :**

Ce sont, en général, des « formations basses inférieures à 0.30m dominées par les hémicryptophytes, les chaméphytes herbacées et les géophytes et dont le rythme de production saisonnier est d'autant plus marqué que la sécheresse édaphique est plus longue ». (Le Houérou *et al.*, 1975).

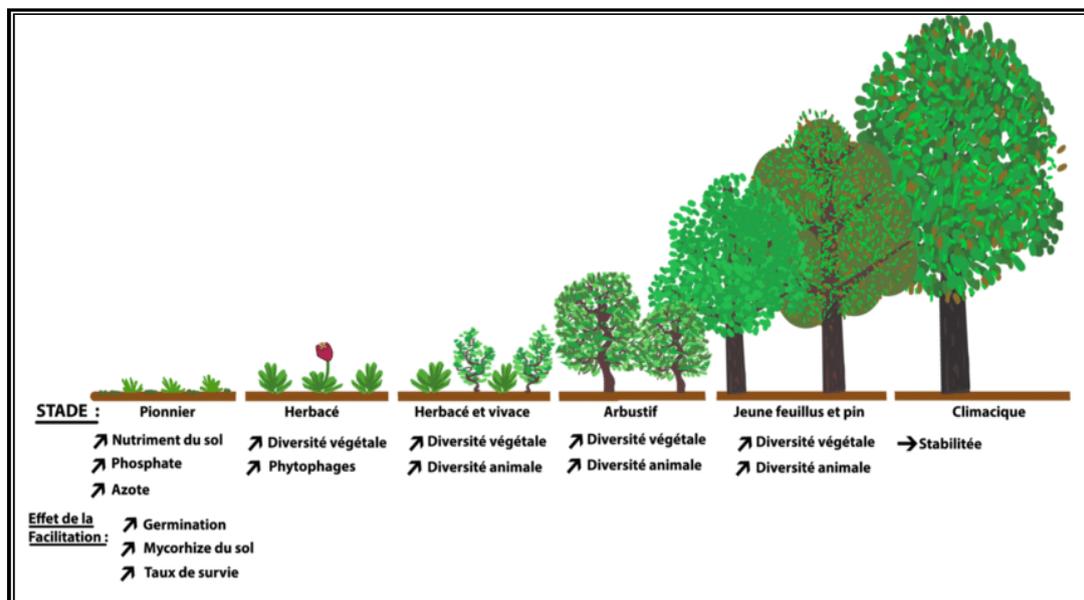
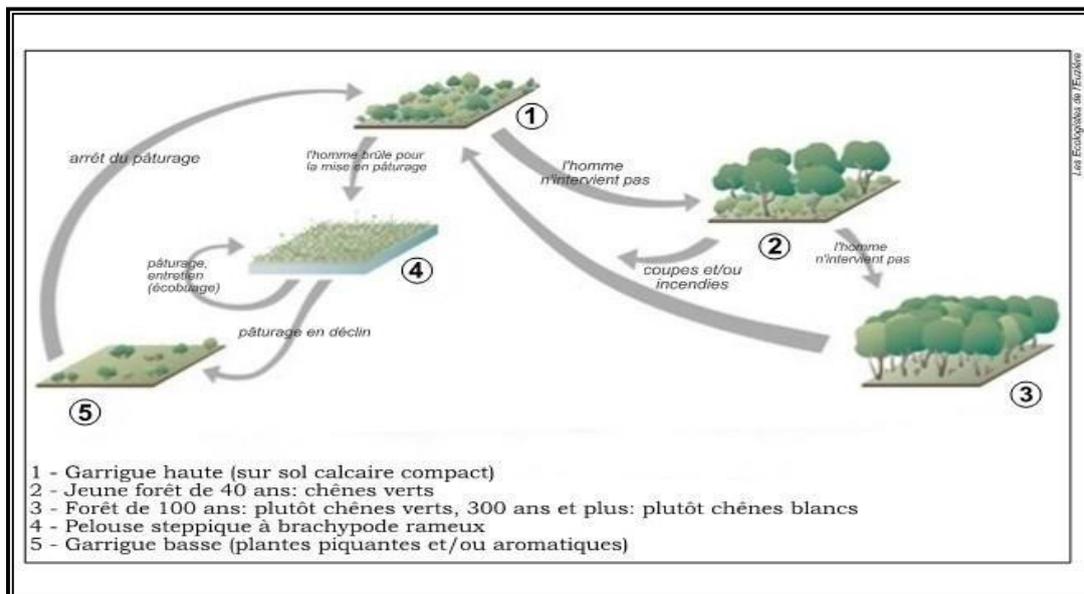
✓ **Prairies :**

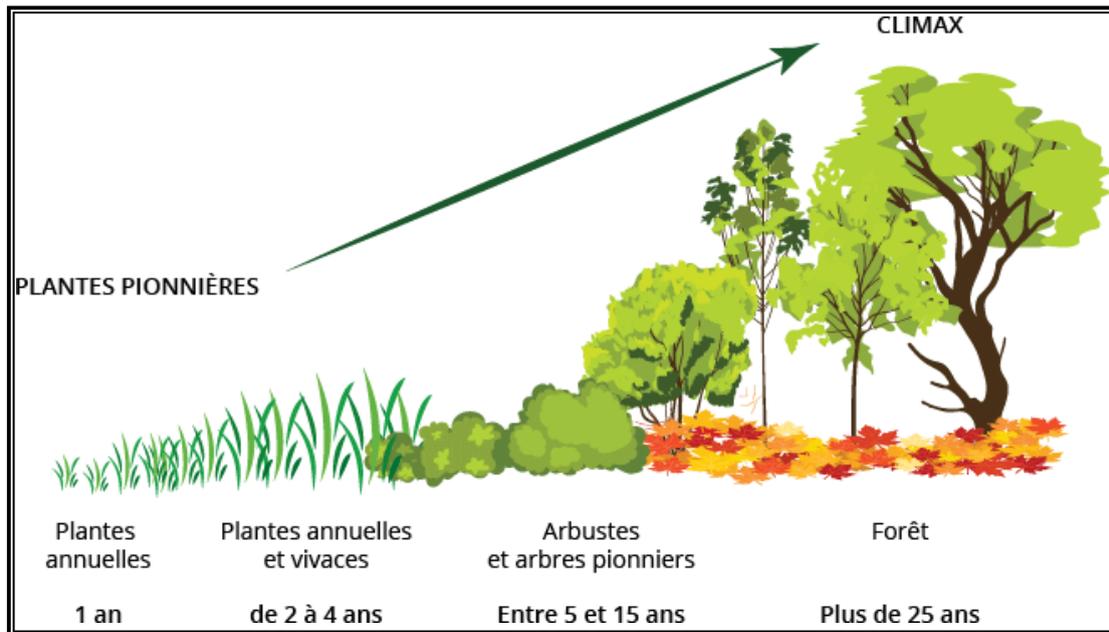
Ce sont des formations herbacées, à recouvrement proche de 100%, à base d'hémicryptophytes et des géophytes mésophile et hygrophiles (en particulier de graminées et de cypéracées (Ionesco et Sauvage, 1962 ; Le Houérou *et al.* 1975).

✓ **Steppes :**

Selon Ionesco et Sauvage (1962), la steppe y représente « une formation naturelle herbacée très ouverte et très irrégulière ». Cette appellation globale est donc souvent complétée par le

nom de l'espèce dominante, tantôt graminéenne (steppe à *Stipa tenacissima*), tantôt chaméphytique (steppe à *Artemisia herba-alba*), parfois également par une référence aux conditions climatiques et édaphiques locales (steppe aride ou saharienne, steppe sammophile à *Aristida pungens* ou halophile à Salsolacées) (Kaabeche, 1995).





4. Inventaire floristique (inventaire des espèces)

Dans le but de connaître l'organisation de la communauté végétale du site étudié, un inventaire floristique a été effectué en adoptant l'approche stigmatiste, c'est-à-dire la méthode des relevés floristiques (Braun-Blanquet, 1952).

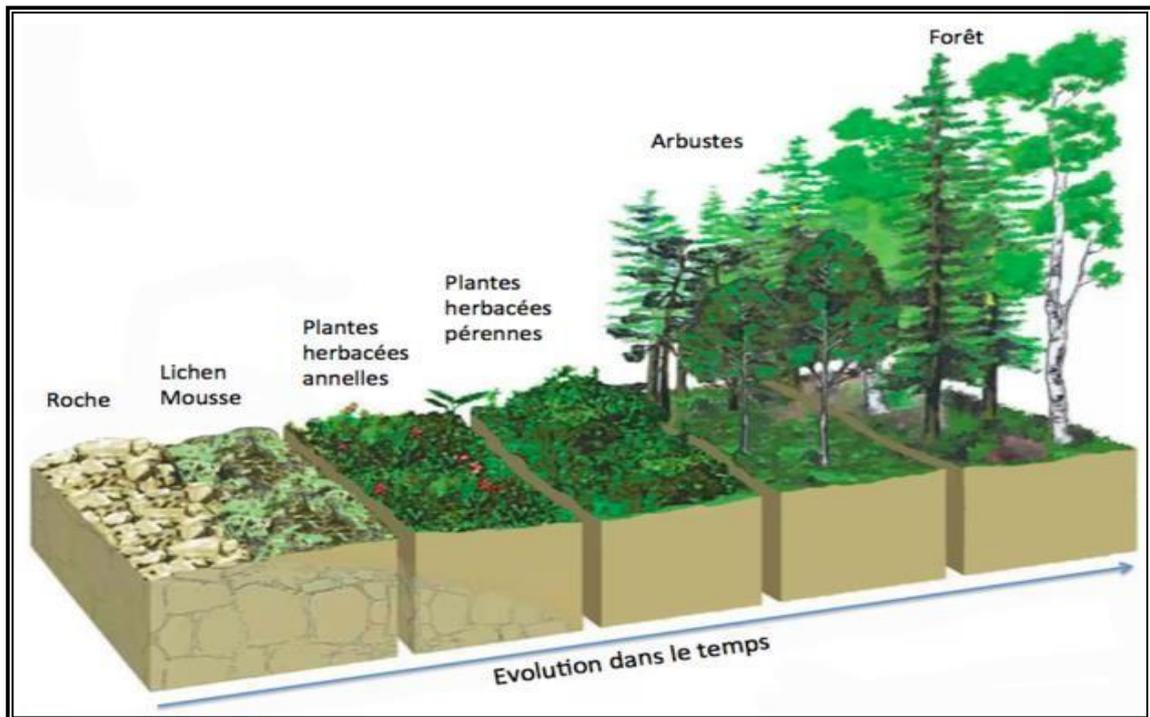
Au niveau de chaque station (stations), nous avons effectué des relevés floristiques durant la période de floraison,. La superficie de chaque relevé est de 100 m². Cette superficie est considérée comme aire minimale, permettant de recenser le maximum d'espèces qui s'y trouvent.

Chaque relevé est numéroté et certaines conditions du milieu y sont notées à savoir :

- la date,
- l'altitude,
- la pente et l'exposition du terrain,
- les caractéristiques du sol (texture, structure, pH, calcaire actif, calcaire total, taux de la matière organique, humidité, conductivité électrique),
- le recouvrement total de la végétation.

Au niveau de chaque station et chaque relevé, l'inventaire floristique a été effectué sur les strates suivantes (Benabdeli, 1996) :

- la strate arborescente : hauteur de 4 mètres et plus.
- la strate arbustive : entre 1,50 m et 4 m.
- la strate buissonnante : entre 0,50 m et 1,50 m.
- la strate herbacée : ≤ 0.50 m.



En se référant à l'échelle établie par Braun-Blanquet (1975), chaque espèce recensée est affectée d'un coefficient permettant d'estimer simultanément son abondance et sa dominance. Elle se présente comme suit :

+ : Espèce rare et sporadique.

1 : Espèce dont le recouvrement total est inférieure à 5%.

2 : Espèce dont le recouvrement total est de 5% à 25 %.

3 : Espèce dont le recouvrement total est de 25% à 50 %.

4 : Espèce dont le recouvrement total est de 50 % à 75 %.

5 : Espèce dont le recouvrement total est de 75 % à 100 %.

Les espèces recensées ont été conservées dans un herbier. En botanique, un herbier est une collection de plantes séchées. Il sert de support physique à différentes études sur les plantes, principalement à la taxonomie et à la systématique. Le terme herbier (herbarium) désigne aussi l'établissement ou l'institution qui assure la conservation d'une telle collection (Morat, 1995).

Les ouvrages utilisés pour la détermination des taxons inventoriés sont :

- la flore coloriée de poche du littoral méditerranéen (Penzig, 1902).
- la flore algérienne : Naturelle et Acquis (Gubb, 1930).
- la nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales (Quézel & Santa, 1962 -1963).
- le guide de la flore méditerranéenne (Bayer *et al.*, 2009).
- l'encyclopédie de botanique & d'horticulture (Geoff Burnie *et al.*, 2010).

5.1. Etude de la diversité floristique

L'originalité floristique des différents groupements ainsi que leur état de conservation et de leur valeur patrimoniale est mise en évidence par l'analyse de leur richesse floristique, ainsi que par leur caractère biologique et chorologique (Dahmani, 1997).

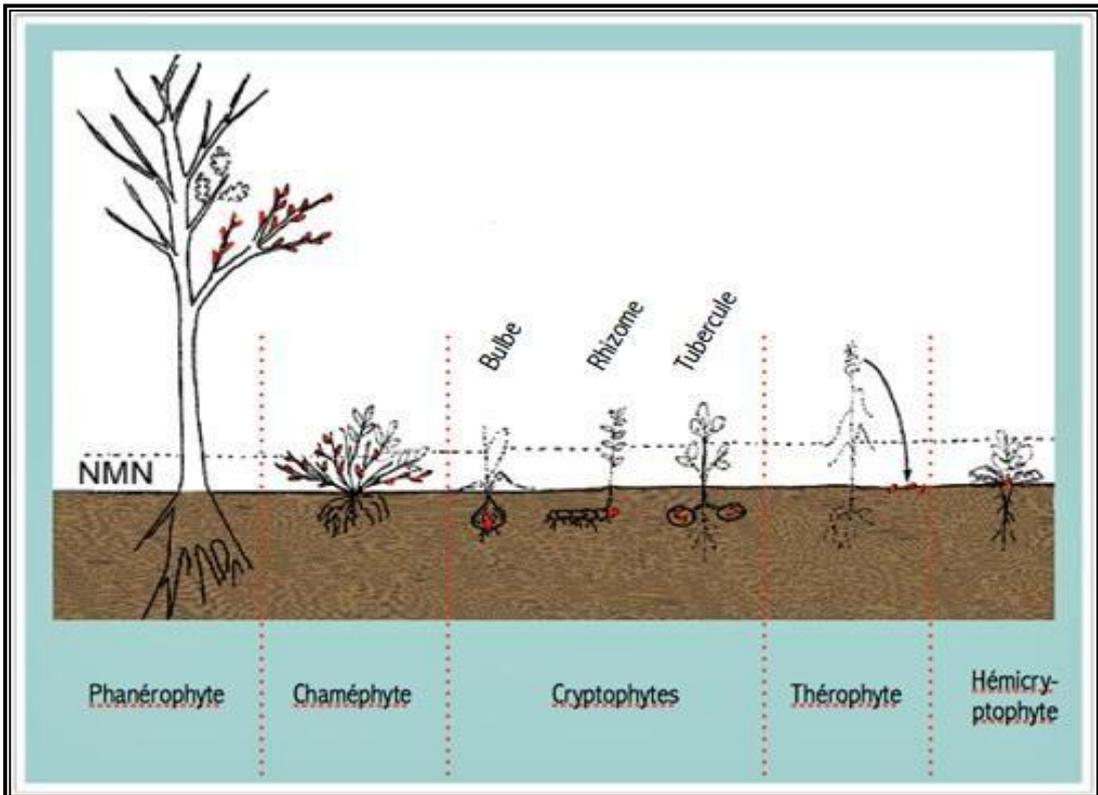
L'étude de la flore inventoriée dans les deux versants a été abordée du point de vue biologique, systématique, morphologique et biogéographique.

Caractérisation biologique

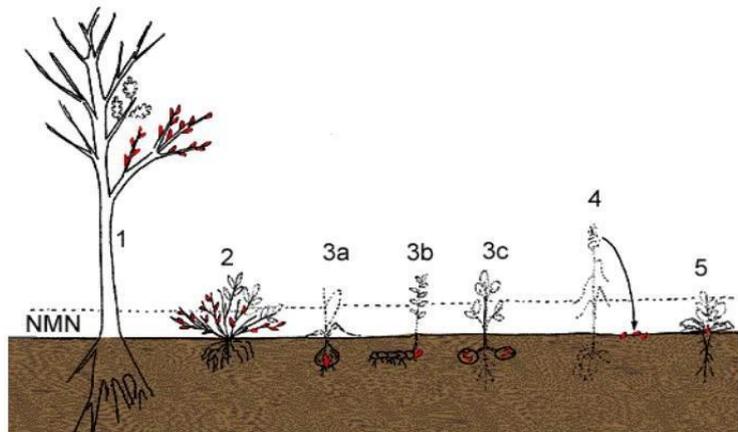
Selon Gaussen *et al.* (1982), le spectre biologique est le pourcentage des divers types biologiques. Romane (1987) recommande l'utilisation des spectres biologiques en tant qu'indicateurs de la distribution des caractères morphologiques et des caractères physiologiques.

Chaque espèce a été affectée de son type biologique selon la classification de Raunkiaer (1943). Cette classification est basée sur la morphologie de la plante et la position des bourgeons de renouvellement du végétal par rapport au sol. Elle distingue 05 types biologiques :

- les phanérophytes (Ph): arbres, arbustes et végétaux ligneux dont les bourgeons sont à plus de 50 cm du sol;
- les chaméphytes (Ch): végétaux herbacés vivaces dont les bourgeons sont à moins de 25 cm du sol;
- les hémicryptophytes (He) : végétaux herbacés dont les bourgeons sont à la surface du sol ;
- les géophytes (Ge) ou cryptophytes : végétaux herbacés vivaces dont les bourgeons se situent dans le sol, sur des organes souterrains de réserve ;
- les thérophytes (Th) : végétaux herbacés annuels qui passent la mauvaise saison sous forme de graines et qui réalisent leur cycle entier en une année au maximum.



Types biologiques chez les végétaux
(classification de Raunkiaer)



		% des espèces ds le monde	exemples
1	phanérophytes	46%	chêne, rosier, palmier...
2	chaméphytes	9%	bruyère, thym...
3	cryptophytes	6%	narcisse, crocus, nénuphar
4	thérophytes	13%	graminées
5	hémicryptophytes	26 %	iris, pissenlit

Cormophytes terrestres

Phanérophytes	souche ligneuse, bourgeons jusqu'à plus de 50 cm du sol <i>arbres, arbustes, arbrisseaux, épiphytes</i>
Nanophanérophytes	phanérophytes de moins de 2 m de hauteur <i>arbustes, arbrisseaux</i>
Chaméphytes	souche ligneuse, bourgeons entre 0 et 50 cm du sol <i>arbustes nains rampants, sous-arbrisseaux</i>
Hémicryptophytes	pas de souche ligneuse, bourgeons au niveau du sol <i>herbacées bisannuelles et vivaces</i>
Cryptophytes (Géophytes)	pas de souche ligneuse, bourgeons sous la surface du sol <i>herbacées vivaces à bulbes, rhizomes, tubercules, cornus, ...</i>
Thérophytes	pas de souche ligneuse, pas de bourgeons hivernaux <i>herbacées annuelles</i>

Cormophytes aquatiques

Hydrohémicryptophytes	pas de souche ligneuse, bourgeons à la surface du substrat <i>herbacées vivaces aquatiques</i>
Hélophytes	pas de souche ligneuse, bourgeons dans le substrat, tiges dépassant la surface de l'eau en période de végétation <i>herbacées vivaces aquatiques (Ex: Typha)</i>
Hydrogéophytes	pas de souche ligneuse, bourgeons dans le substrat, tiges ne dépassant pas la surface de l'eau en période de végétation <i>herbacées vivaces aquatiques (Ex: Nymphaea)</i>
Hydrothérophytes	pas de souche ligneuse, pas de bourgeons hivernaux <i>herbacées aquatiques annuelles, nageantes ou flottantes</i>

Caractérisation systématique

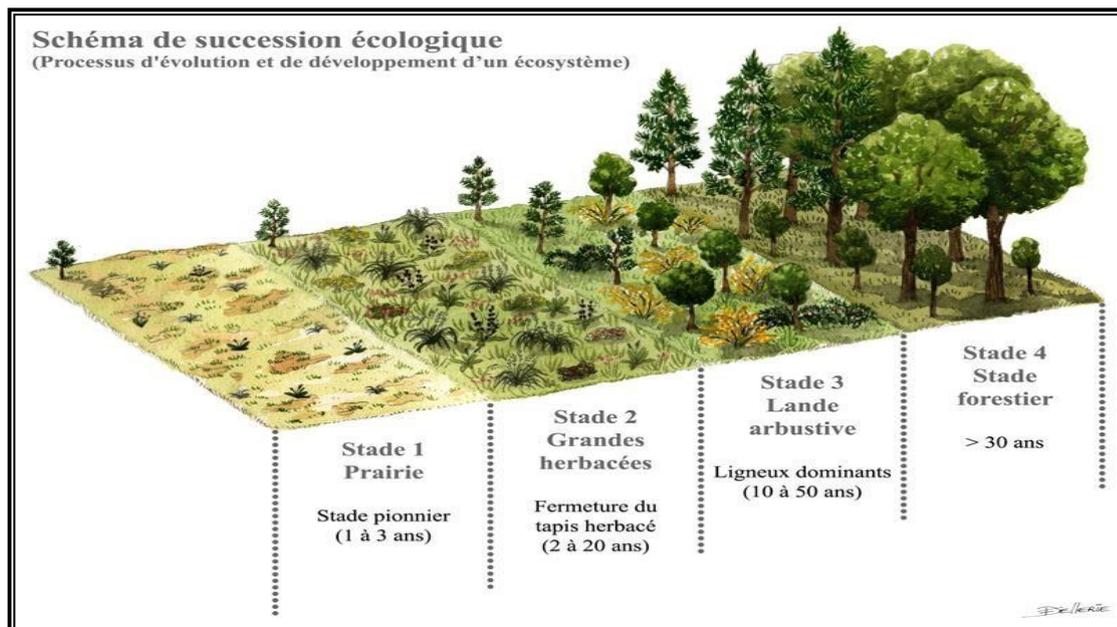
Un total de 136 espèces végétales (versant sud –nord) a été noté, réparties en 39 familles botaniques (versant sud) et 38 familles botaniques (versant nord).

La détermination des familles botaniques de chaque espèce a été réalisée à travers la consultation de la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales de Quézel & Santa (1962-1963) ainsi que la grande flore en couleurs de Gaston Bonnier (1990).

Caractérisation morphologique

L'identification des formations végétales ont été déterminées selon l'échelle de la stratification ci-dessous, avancée par Benabdeli, (1996), et la consultation de la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales de Quézel & Santa (1962-1963).

- La strate arborescente : hauteur de 4 m et plus
- La strate arbustive : entre 1.50 m et 4 m.
- La strate buissonnante : entre 0.50 m et 1.50 m.
- La strate herbacée : moins de 0.50 m.



Caractérisation biogéographique

La phytogéographie est la discipline qui étudie la répartition des végétaux et les causes de cette dernière. Elle est au carrefour de la biologie végétale et de la géographie.

La présence d'une espèce végétale en un endroit donné, dépend des liens qui existent entre elle et les conditions environnementales locales.

Pour Quézel (1983), la diversité biogéographique de l'Afrique est due essentiellement aux modifications climatiques que la région a subies depuis le miocène.

Au niveau de notre zone d'étude, la détermination des caractéristiques biogéographiques de chaque espèce inventoriée a été réalisée à travers la consultation de la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales de Quézel & Santa (1962- 1963)

5. La biodiversité dans le bassin méditerranéen

La région méditerranéenne est l'un des 34 points chauds du monde (hot spots), représente une diversité biologique exceptionnelle soulignée récemment face à la crise actuelle d'extinction d'espèces due à des changements globaux et les facteurs anthropozoogènes menacent cet héritage

biologique unique (Blondel et Medail 2005).

Cette richesse floristique estimée à 25000 espèces connues, ce qui correspond à 9.2 % de la flore mondiale, sur un territoire représentant seulement 1.5% de la surface terrestre. La moitié de ces espèces sont endémiques du pourtour et qui sont bien adaptés aux périodes sèches (VELA et BENHOUGHOU, 2007).

6.1. Vers une prise en compte multi-facette de la biodiversité méditerranéenne ,pour mieux la conserver

Mieux comprendre les phénomènes environnementaux qui agissent sur les espèces constitue une étape importante pour conserver la biodiversité. En région méditerranéenne, où les conséquences biologiques des changements globaux seront probablement très contrastées (Blondel & Médail, 2009), il s'agit en particulier d'évaluer les processus démographiques et fonctionnels des populations végétales et animales. Cependant, la forte imprévisibilité des événements climatiques et des autres perturbations qui caractérisent cette région complique les simulations démographiques au sein de ces écosystèmes hétérogènes et changeants (Blondel et al., 2010).

Même s'il a traversé avec plus ou moins de succès le crible de grandes crises, cet héritage biologique s'avère fragilisé par la rapidité et l'ampleur des changements environnementaux en cours et prévus par les diverses modélisations. L'ensemble du bassin méditerranéen ne devrait pas être affecté de manière homogène sur le plan climatique (Hoerling et al., 2012), et l'étude du passé nous montre que bon nombre d'espèces ont pu trouver un habitat favorable lors des anciennes variations de climat. En premier lieu, l'identification précise de la localisation des zones refuges* méditerranéennes constitue une priorité en conservation biogéographique*, car ces zones abritent, on l'a vu, une biodiversité unique, sur le plan taxonomique (espèces endémiques), évolutif (forte diversité et originalité génétiques) et fonctionnel (émergence de nombreuses adaptations locales). Dans une perspective de conservation évolutive de la biodiversité (Nieto-Feliner, 2011), il convient aussi de bien comprendre les processus de réponse des végétaux (extinction, migration ou persistance) face aux changements globaux du passé, afin de mieux estimer ceux du futur.

S'il n'est bien évidemment pas envisageable de contrôler les conditions climatiques, l'étude des diverses influences liées aux perturbations ou aux changements du mode d'usage des terres pourrait également nous apporter des informations complémentaires et permettre de définir des propositions de gestion plus efficaces.

Les politiques de conservation en région méditerranéenne devraient donc considérer deux objectifs complémentaires : (i) la protection des espaces (habitats remarquables), qui permettrait la préservation de zones uniques au monde (par exemple les centres d'endémisme*) incluant des espèces endémiques et/ou relictuelles et des zones refuges*, sans oublier les corridors d'habitats garants des connectivités biologiques ; (ii) la protection des espèces, indispensable pour la conservation des végétaux menacés dont la distribution est plus éparse et ne présente pas de tendance à l'agrégation. Cette double approche doit être mise en œuvre en priorité sur la frange littorale, la plus menacée (Blondel & Médail, 2009).

Néanmoins, et contre toute attente, les zones littorales, même parmi les plus urbanisées (par exemple la Principauté de Monaco, les caps), recèlent parfois encore quelques « trésors » de biodiversité végétale, pour peu que persistent quelques fragments d'habitats semi-naturels. Ainsi, seules des approches intégrées de conservation biogéographique* et évolutive, analysant conjointement les différentes gammes d'échelles spatio-temporelles et les multi-facettes de la biodiversité, depuis les paysages jusqu'aux gènes, permettront de fournir des critères et indicateurs utiles pour une conservation globale des écosystèmes et des ressources génétiques du bassin méditerranéen, en incluant les interactions avec les sociétés et les territoires

6. La biodiversité en Algérie :

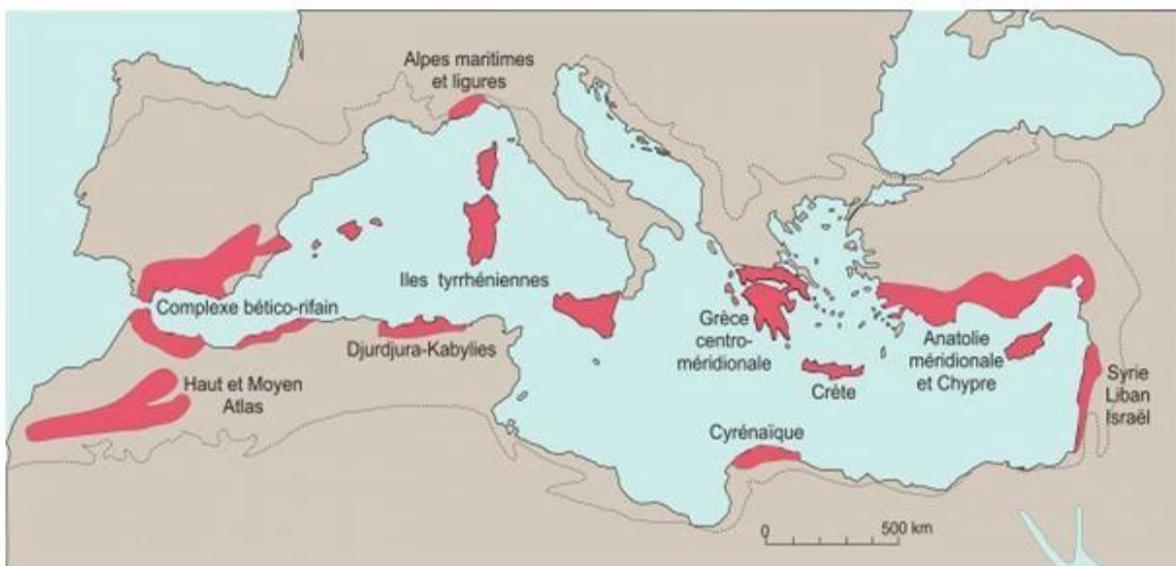


FIGURE 11 Localisation des points-chaud (hot spots) régionaux de biodiversité végétale de la région méditerranéenne. (QUEZEL et MEDAIL, 1997).

Deux pôles principaux de diversité floristique existent, l'un occidental qui comprend péninsule Ibérique, le Maroc et l'Algérie (secteur oranais et kabyle), et l'autre oriental avec la Turquie et la Grèce où le taux d'endémisme dépasse les 20% en particulier dans les îles et les hautes montagnes.

C'est aussi que la région méditerranéenne est considérée parmi les régions les plus peuplées du monde, ce qui rend ce patrimoine biologique vulnérable et fragile face à un climat changeant (Quezel et MedaiL, 2003).

7.1. Les espaces actuellement occupés par les aires protégées en ALGERIE

- L'Algérie se situe parmi les pays méditerranéens qui présentent une diversité écologique, sans égal sur les plans bioclimatique, morphologique, floristique, et faunistique.
- Une telle diversité se traduit par une richesse de paysages et de milieux naturels de grande qualité, qui lui confère une valeur patrimoniale exceptionnelle dans le domaine de l'environnement naturel.
- La biodiversité algérienne est considérée parmi les plus élevées du bassin méditerranéen, en effet, l'existence des espèces très rares sont signalées dans notre pays comme la Sittelle de Kabylie.
- Afin de protéger ce patrimoine national, notre pays par le biais du ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et plus récemment par ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement a identifié un réseau d'aires protégées, qui englobent des écosystèmes uniques et représentatifs de la diversité biologique du pays, conformément à la loi n°03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable

7. Menaces sur la biodiversité

A l'échelle mondiale, on constate une régression rapide de la biodiversité, cette régression est liée à l'action de plusieurs agents que l'homme et l'évolution naturelle de la terre y participent, Parmi ces menaces on peut citer:

- L'influence des changements globaux

L'expression (changement globaux) désigne les phénomènes que l'on peut classer en:

- Les changements dans l'utilisation des terres et des couvertures végétales.
- Les changements dans la composition de l'atmosphère.
- Le changement du climat.
- Les alternations dans la composition des communautés naturelles et la perte de la biodiversité (Quezel Et Medail, 2003).

Ces changements globaux sont des résultats de plusieurs facteurs classés en deux grands groupes:

- Facteurs anthropiques

L'installation de l'homme et ses moyens de production a bouleversé les équilibres

écologiques existants dont l'explosion démographique qui exerce une pression sur la biodiversité afin de satisfaire les besoins humains, principalement l'alimentation, l'industrie et les travaux de construction. Par la déforestation, la fragmentation d'habitats et les différentes formes de pollution, l'homme exerce un effet très nocif sur la biodiversité - Facteurs naturels

La modification de la biodiversité résulte de deux causes naturelles majeures:

- Le changement climatique

Se manifeste par la modification drastique de l'environnement physique de la terre et ainsi que la composition chimique de l'atmosphère et le climat. Ces changements peuvent provoquer à court terme des migrations (mobilité géographique) ou des changements de comportements ou de la physiologie (Abbadie et Lateltin, 2006).

8. Les forêts algériennes

9.1. Présentation générale

En Algérie, la forêt revêt un caractère particulièrement important car elle constitue un élément essentiel de l'équilibre écologique et socio-économique des régions rurales en particulier et du pays en général. Nulle part ailleurs, la forêt n'apparaît aussi nécessaire à la protection contre l'érosion, la désertification, à l'amélioration des activités agricoles et pastorales et à la protection de l'environnement. Actuellement le couvert forestier global en Algérie est de 4,1 millions d'hectares, soit un taux de boisement de 16,4 % pour le Nord de l'Algérie et de 1,7 % seulement si les régions sahariennes sont également prises en considération. Néanmoins, seuls 1,3 millions d'hectares représentent la vraie forêt naturelle. A l'instar des pays du pourtour méditerranéen, l'Algérie assiste à une dégradation intense de son patrimoine forestier (Ferka Zazou, 2006).

Cette situation a poussé plusieurs chercheurs internationaux et nationaux de conduire des études ayant toutes porté sur la répartition, l'écologie des formations forestières, le climat, les sols, la biodiversité, leurs caractéristiques phytosociologiques, leur sylviculture, les reboisements et les aménagements, ont été pleinement explorées et ont donné naissance à des centaines de travaux et de publications. Nous citerons à titre d'exemple les travaux de Cosson, 1853 ; Boudy, 1955 ; Quezel & Santa, 1962 ; Benabdeli, 1983, 1996, 1998 ; Quezel & Barbero, 1989 ; Aime, 1991 ; Letreuch, 1991, 1995 ; Khelifi & al. 1994 ; Dahmani, 1997).

9.2. Caractéristiques majeures des forêts algériennes

Les grands traits de la forêt algérienne peuvent se résumer comme suit :

- forêt essentiellement de lumière, irrégulière avec des peuplements feuillus ou résineux le plus souvent ;
- forêt souvent ouverte, formée d'arbres de toutes tailles et de tous âges en mélange ;
- forêt avec présence d'un épais sous-bois composé d'un grand nombre d'espèces secondaires limitant l'accessibilité et favorisant la propagation des feux ;
- productivité moyenne annuelle très faible ;
- utilisation de toutes les formations forestières comme terrains de parcours avec toutes les conséquences (Goussanem, 2000).

9.3. État actuel de la forêt algérienne

La superficie forestière actuelle est estimée entre 3,2 millions d'hectares et 4 millions d'hectares selon les sources (Morsli, 2007). Seuls 1,3 millions hectares représentent la vraie forêt naturelle, le reste étant constitué par des formes de dégradation, maquis, garrigues et des reboisements

***Quelles sont les menaces ?**

Cette diversité biologique est aujourd'hui sérieusement menacée par :

- la perte ou la modification des habitats,
- surexploitation,
- pollution,
- l'introduction d'espèces étrangères dans un milieu naturel,
- les incendies constituent actuellement l'une des causes les plus importantes de la destruction de la forêt Algérienne. On est passé d'une perte de 8.000 à 25.000 hectares par an (près de 30.000 ha en 02 jours en 2007),
- les 75 % de forêts disparues ont entraîné une érosion génétique spécifique voisine de 30 %. La perte est de près de 1300 espèces végétales (FAO, 1993).

a. Érosion génétique

Une bonne partie de nos ressources génétiques est menacée d'extinction à terme comme c'est le cas pour le Cyprès du Tassili, le sapin de Numidie, le pin noir du Djurdjura et certains acacias sahariens.

b. Désertification

La désertification est le résultat des effets conjugués des modifications climatiques et des activités humaines.

Durant les dernières années, la désertification a été aggravée par une succession d'années sèches qui ont fortement altéré la régénération de la végétation sur les terres de parcours (FAO 1996).

c. Les menaces à l'échelle régionale

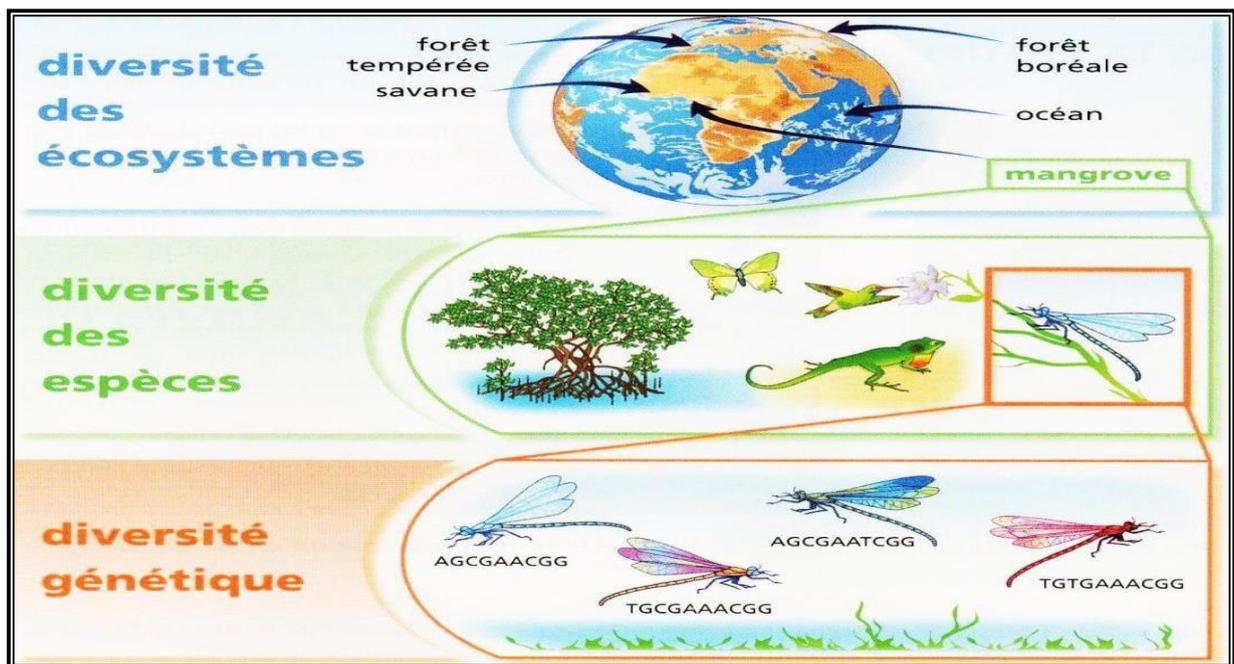
L'Algérie comme tous les autres pays du Maghreb (Maroc, Tunisie, Mauritanie et la Libye) est sensible aux changements climatiques. La sécheresse persistante de ces vingt dernières années (1987 – 2007) a favorisé le déséquilibre des écosystèmes sensibles (Morsli, 2007).

Le tableau suivant (tab. 1) résume les différents facteurs de dégradation des écosystèmes.

Tableau 1: La diversité des écosystèmes et facteurs de dégradation (Moulis, 2001).

Écosystèmes	Tendance générale en terme de biodiversité	Principaux facteurs de dégradation
Marin	/	Essentiellement par les pollutions (chimique, organique, bactériologique, déchets solides) et certaines méthodes de pêche).
Littoral	Diminution des stocks de poissons	Pollutions diverses (rejets industriels et urbains), constructions (urbanisation), pêche excessive, tourisme anarchique, dégradations diverses (enlèvements abusifs de sable), destructions de dunes
Forêts	Diminution	Incendies d'été, défrichements, absence d'une gestion sylvicole, problèmes phytosanitaires (maladies et parasites), surpâturage, érosion, chasse et braconnage, déforestation.

Zones steppiques	Diminution	Facteurs physiques (sécheresse, érosion éolienne et hydrique, phénomène de salinisation), facteurs anthropiques (démographie humaine, surpâturage, extension des superficies cultivées, destruction de la végétation ligneuse, chasse et braconnage)
Zones sahariennes	Diminution	Facteurs physiques (sécheresse extrême, durée d'insolation importante, vents violents et desséchants, érosion éolienne et hydrique, phénomène de salinisation), facteurs anthropiques (surpâturage, mise en valeur de périmètres agricoles, destruction et/ou surexploitation de ressources biologiques, pollutions dans les oasis, chasse et braconnage).
Zones humides	Diminution	Assèchement, drainage, pompage abusif, surpâturage, pollutions, chasse, braconnage.
Zones de montagnes	Une certaine stabilité	Érosion naturelle, constructions (urbanisation), surpâturage, chasse et braconnage, ouverture voies de communications.



1. Estimation globale des différentes espèces présentes sur terre

Il n'est pas possible de répondre à cette question puisque la majorité des espèces sont encore méconnues. Un certain nombre d'entre elles s'éteindront avant que l'on puisse les découvrir.

Actuellement, plus de 1 560 000 espèces sont connues sur terre. De nombreuses estimations ont été réalisées pour essayer de déterminer le nombre d'espèces sur terre, mais le nombre réel d'espèces est très difficile à estimer comme en témoigne les chiffres avancés : ils varient de 5 millions à plus de 110 millions d'espèces ! On parle la plupart du temps d'une fourchette entre 5,5 millions et 20 millions d'espèces (Larrere & Larrere, 2009).

2. Biodiversité et diversité des écosystèmes Algériens

L'Algérie se caractérise par une grande diversité paysagère constituée des éléments naturels suivants : une zone littorale (véritable façade maritime) sur plus de 1200 Km, une zone côtière riche en plaines, des zones montagneuses de l'Atlas Tellien, des hautes plaines steppiques, des montagnes de l'Atlas saharien, de grandes formations sableuses (dunes et ergs), de grands plateaux sahariens, des massifs montagneux au cœur du Sahara central (Ahaggar et Tassili N'Ajjer) (Morsli, 2007).

A ces ensembles géographiques naturels correspondent des divisions biogéographiques bien délimitées, des bioclimats variés (de l'humide au désertique) et une abondante végétation méditerranéenne et saharienne qui se distribue du Nord au Sud selon les étages bioclimatiques.

3. La diversité floristique et faunistique

De part sa situation géographique, l'Algérie chevauche entre deux empires floraux : l'Holarctis et le Paleotropis. Cette position lui confère une flore très diversifiée par des espèces appartenant à différents éléments géographiques (Aidoud, 1984).

La flore algérienne compte :

- 3.139 espèces naturelles.
- 5.128 espèces exotiques introduites

4.1. La rareté et l'endémisme

Il existe en Algérie, 1286 espèces végétales (soit 40,53 %) qui sont rares à très rares, ce qui témoigne de l'urgence des actions de conservation.

Le taux d'endémisme en Algérie est de 12.6 %. Parmi les espèces endémiques :

- 37 espèces endémiques Algéro-marocaines,
- 72 espèces, 08 sous-espèces et 03 variétés endémiques Algéro-tunisiennes,
- 17 espèces, 02 sous-espèces et 01 variété endémique Algéro-libyennes,
- 226 espèces menacées d'extinction, bénéficient d'une protection légale (décret n° 93-285 du 23 novembre 1993).

On compte plus de 70 espèces d'arbres dont certains sont endémiques et locaux comme le cyprès du Tassili, le sapin de Numidie et le Pin noir (Morsli, 2007).

4. L'état de biodiversité en Algérie

Selon diverses études, la biodiversité algérienne globale (naturelle et agricole) compte environ 16000 espèces et taxons confondus (MREE, 2016):

a) La flore :

* **3139** espèces de spermatophytes décrites totalisant **5402** taxons en tenant compte des sous-espèces, de variétés et autres taxons sub-spécifiques ;

* **67** espèces végétales parasites (10 autres seraient inconnues) ;

* Environ **1000** espèces présentent des vertus médicinales (60 autres espèces seraient encore inconnues) ;

***1670** espèces (soit 53,20% de la richesse totale algérienne) sont relativement peu abondantes et se présentent comme suit : **314 espèces** assez rares (AR), **590 espèces** rares (R), **730 espèces** très rares (RR) et **35 espèces** rarissimes (RRR) ;

***Prés de 700** espèces sont endémiques ;

* **226** espèces sont menacées d'extinction et bénéficient d'une protection légale (décret n° 12-03 du 4 janvier 2012).

* **850** espèces ont été recensées dont, environ, **150 espèces** sont menacées.

***713** espèces de phytoplancton, des algues marines et des macrophytes, ont été recensées. - Pour les champignons, plus de **150 espèces** sont connues.

b) la faune :

La population faunistique connue **totalise 4 963 taxons** dont un millier de vertébrés. Cette dernière catégorie est représentée notamment par les classes suivantes : les poissons (300), les reptiles (70), les oiseaux (378) et les mammifères (108). L'Algérie compte près 150 taxons de micro-organismes et de nouveaux micro-organismes sont identifiés dans le cadre de recherches en cours. Dans l'ensemble, tous les écosystèmes sont menacés par des pressions diverses et le niveau de dégradation est globalement préoccupant.

Ecosystèmes	Menaces persistantes
Ecosystème marin	Pollutions terrestres et surpêche
Ecosystème du littoral	Mitage, dégradation des habitats naturels
Ecosystème forestier	Incendies et déforestation
Ecosystème montagnard	Erosion hydrique, transformation sociale et usage des territoires
Ecosystème agricole	Usage des pesticides et intrants chimiques
Ecosystème steppique	Surpâturage et pratiques agricoles inadéquates
Ecosystème saharien	Anthropisation des espaces notamment les lits d'oueds
Ecosystème aquatique d'eau douce	Pollutions domestiques et industrielles et zones humides

5. Rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes

Chaque espèce a sa place dans l'écosystème et va jouer un rôle dans le maintien des écosystèmes.

5.1. Rôle socio-économique de la biodiversité

Bien que l'on n'ait pas encore d'idée très précise de la valeur socio-économique de la biodiversité, son rôle est incontestable. Un grand nombre de personnes bénéficient actuellement des services qu'elle offre. Sa préservation permettra ainsi le maintien de cette économie.

En 1992, Leveque & Glachant ont décrit plusieurs valeurs de la biodiversité ; la valeur d'usage peut être divisée en trois sous catégories :

a/-La valeur de consommation

Elle suppose une consommation directe des ressources sans transformation. C'est le cas notamment de la cueillette, de la chasse et de la pêche.

b/-La valeur productive

Les ressources génétiques sont utilisées dans des cycles productifs. On peut citer par exemple les médicaments à base de plantes ou l'exploitation forestière pour le bois.

c/-La valeur récréative

La biodiversité est exploitée pour les loisirs sans prélèvement pour la consommation, c'est le cas des promenades dans la nature.

d/-La valeur écologique

Elle est le rôle des organismes dans le bon fonctionnement de l'écosystème et dans la pérennité de la biosphère.

e/- La valeur d'option

Elle est la possibilité d'exploiter différemment dans le futur les ressources génétiques. La valeur d'existence est liée à la satisfaction et au bien être que procure la biodiversité.

On peut citer également dans cette catégorie le rôle joué par la biodiversité d'un point de vue agronomique. L'homme a cherché au cours de l'évolution à sélectionner les espèces animales et végétales particulières qui possèdent un haut rendement afin de maximiser la production et par conséquent la rentabilité. Mais ce choix n'est pas sans danger, car cela entraîne une uniformité génétique et par conséquent une plus grande vulnérabilité aux épidémies et maladies.

a. Rôle alimentaire de la biodiversité

L'homme a sélectionné depuis le début de l'agriculture, il y a 10000 ans, les variétés végétales et les races animales les mieux adaptées à ses besoins, assurant ainsi 90 % de son alimentation avec 14 espèces domestiques et seules quatre espèces - blé, maïs, riz, pomme de terre - couvrent la moitié de ses besoins énergétiques tirés des végétaux. En parallèle, beaucoup de races et de variétés rustiques disparaissent. Sur quelque 6300 races domestiques recensées, 1350 sont menacées d'extinctions voire déjà éteintes.

Cependant, le capital génétique de la biodiversité contribue pour moitié à l'augmentation annuelle des récoltes céréalières. Il est un élément clé de la capacité des écosystèmes à répondre aux changements climatiques, aux maladies, aux ravageurs des cultures et à diversifier les espèces domestiques actuelles (Barbault, 1997).

Depuis toujours les organismes vivants favorisent la régénération, la décomposition et l'aération naturelle des sols. Les insectes pollinisateurs nous assurent fruits et légumes. La richesse de la biodiversité est également copiée pour améliorer les pratiques agricoles (Chauvet Et Olivier, 1993).

b. Rôle pharmaceutique de la biodiversité

La biodiversité joue également un rôle dans l'industrie pharmaceutique et par conséquent la santé humaine. En effet, certaines molécules fournies par les espèces végétales ou animales sont utilisées pour la fabrication des médicaments. On estime que près de la moitié des médicaments utilisés (40 %) sont issus d'une matière active naturelle extraite du vivant (dans les deux tiers des cas d'une plante).

Les organismes vivants élaborent des molécules dotées de propriétés remarquables. Au Maroc, parmi les 4500 espèces de plantes présentes, 600 sont utilisées dans la médecine traditionnelle et 75 sont menacées du fait de la surexploitation des ressources.

Nous pourrions citer par exemple le rôle du Thym qui fournit le thymol utilisé comme antifongique, la Menthe qui fournit le menthol utilisé comme vasodilatateur, la Colchique fournissant la colchicine utilisée comme agent anti tumoral ou encore l'If qui fournit le taxol utilisé dans le traitement de certains cancers.

Toutes ces espèces sont pour l'instant courantes et exploitées de manière plus ou moins intensive, mais il est important de veiller à ne pas effectuer une surexploitation qui pourrait entraîner leur raréfaction et par conséquent des conséquences non négligeables sur la santé humaine (Gunderson & Holling, 2002).

1. Mesures de conservation de biodiversité

Quatre grands types de mesures sont mis en place pour préserver la biodiversité :

1.2. Les aires protégées

Par le souci de la conservation et la protection du patrimoine naturel mondial, l'Unesco a initié la convention pour la protection du patrimoine mondial et des réserves naturelles.

L'Algérie a ratifié avec plusieurs conventions parmi elles Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale et par des décrets permettant la création de sites Ramsar, un site du patrimoine mondiale (Tassili), six réserves de la biosphère (Tassili, El kala, Djurjura, Chréa, Taza et Gouraya) et 42 site Ramsar (Oglet Ed Daira...).

Les aires protégées comprennent :

1.3. Les réserves naturelles intégrales

Elles constituent des aires protégées destinées principalement à la recherche, dans lesquelles aucune intervention humaine n'est permise, hormis celle de mise en place de dispositifs expérimentaux sur le terrain, dont l'impact induit doit être le plus faible possible.

1.3. Les parcs nationaux

Aires protégées gérées principalement pour la conservation des écosystèmes et de leurs biodiversités, qui bénéficient d'une protection absolue des biotopes dans leur partie centrale et dans lesquels tout prélèvement dans les biocénoses afférentes est interdit. En revanche, leur statut leur confère aussi un rôle en tant qu'espaces de loisirs. Ils présentent ipso facto une vocation pour le tourisme.

A l'échelle mondiale

Le premier parc national au monde est créé en 1872 aux Etats-Unis (Yellowstone). Plus tardivement encore, en Europe, les premiers parcs naturels seront créés par la Suède (1909) et la Suisse (1915). C'est presque un siècle après la création du premier parc national que le premier parc national français de la Vanoise fut ouvert en 1963. Les parcs zoologiques ont évolué dans leur mission et contribuent maintenant à la conservation d'espèces.

A l'échelle nationale

En Algérie, l'idée de créer des parcs nationaux a commencé à germer dès les années 70 et c'est en 1972 que le premier parc national du Tassili a vu le jour, créé sur l'initiative du ministère de la culture, suivi par la création de 10 parc nationaux (El kala, Djurjura, Chrea, Taza, Gouraya, Thniet Elhad, Belezma, Ahaggar, Tlemcen et Djbel Aissa).

a. Les monuments naturels

Aires protégées de statut voisin de celui des parcs nationaux, mais de surface moindre, ils sont principalement destinés à la conservation de caractères biologiques et/ou géologiques spécifiques, mais auxquelles sont souvent associés des sites d'importance historique ou culturelle.

b. Les aires de gestion des habitats et des espèces

Aires protégées gérées principalement pour la conservation d'habitats ou de certains composants de la biocénose. En outre, dans ce type de réserve, il doit être mis en place une gestion des interventions concernant les ressources naturelles biologiques dont l'exploitation est autorisée.

c. Les paysages terrestres protégés

Aires destinées à la récréation et qui n'accordent de façon très générale qu'un faible degré de protection aux habitats et aux biocénoses. L'exploitation de la totalité des types de ressources naturelles qu'ils renferment y est usuellement autorisée, à l'exception des mines à ciel ouvert. Seuls les aménagements industriels et l'urbanisation y sont interdits et la construction est soumise à des normes ayant pour objet de maintenir l'aspect traditionnel de l'habitat.

d. Les aires de ressources naturelles gérées

Aire protégées qui ne protègent ni la flore ni la faune, mais sont principalement conçues pour une utilisation durable des ressources naturelles biologiques en évitant leurs surexploitations au travers de quotas de prélèvements par exemple.

e. Élaboration de réglementations et d'interdiction

Les lacunes des listes rouges sur les plantes ont amené certains biologistes à concentrer les efforts de conservation à des échelles plus larges que sont les communautés, les peuplements et les écosystèmes en danger. Aussi, certains pays orientent leur législation vers la protection des milieux plus que celle des espèces et créent des lois interdisant et empêchant les populations riveraines de menacer la biodiversité.

f. Sensibilisation des populations

Il a fallu de nombreuses années d'information et de sensibilisation des habitants pour qu'ils perçoivent l'intérêt de la protection de biodiversité et soient partie prenante de sa mise en place. Clairement, seule l'information et la sensibilisation du public permettent d'assurer aux actions de conservation un succès durable.

2. Conservation *ex situ*, *in situ* et réintroduction

2.1. La conservation *in situ*

Elle implique la protection des écosystèmes, assure la conservation de la diversité globale à l'échelle du gène, des populations, des espèces, des communautés et des processus écologiques. Elle nécessite l'établissement d'un réseau d'aires protégées représentatives de la diversité biologique qui reste difficile à mettre en œuvre face aux enjeux économiques de l'exploitation intensive des ressources naturelles (Ramade, 2008 ; Lévêque et Mounolou, 2008). Hors de ces zones protégées, la conservation *in situ* nécessite une gestion durable de l'exploitation des ressources naturelles afin de réduire les pressions anthropogènes sur les populations naturelles. Par exemple, par l'adoption d'un guide de bonnes pratiques (études d'impacts sur la biodiversité, gestion écosystémique des milieux exploités...) ou par la mise en place de micro-réserves au sein des zones exploitées, de corridors biologiques dans le cas où l'habitat aurait été fragmenté, ou encore par la mise en culture des populations des espèces indigènes exploitées (Dajoz, 2008).

Cette conservation *in situ* doit chaque fois que possible être complétée par les mesures de la conservation *ex situ*.

2.2. La conservation *ex situ*

La conservation *ex situ* est établie dans les jardins botaniques et zoologiques par la mise en culture des espèces menacées d'extinction, par la création de banques de germoplasmes, de graines, de pollen, de plantules, de culture de tissus, de gènes... (Guerrant et *al.*, 2004 B). Néanmoins, elle reste une solution complémentaire à la conservation *in situ* ou pour une sauvegarde d'urgence (Guerrant et *al.*, 2004 a) des ressources génétiques des espèces (Cohen et *al.*, 1991 ; Maunder et Byers, 2005).

En effet, conserver la biodiversité, ce n'est pas seulement, la conserver en tant que telle et dans sa composition actuelle, mais c'est surtout conserver son potentiel d'évolution.

L'écologie de la restauration

C'est une nouvelle stratégie pour la conservation de la biodiversité (Jordan et *al.*, 1988 a ; Bradshaw, 1993 ; Clewell, 1993 ; Dobson et *al.*, 1997).

Auparavant, elle se distinguait de la biologie de la conservation puisqu'elle consistait uniquement à initier ou favoriser le rétablissement d'un écosystème dégradé ou détruit.

Actuellement, l'écologie de la restauration comprend aussi la réintroduction ou l'introduction d'espèces, la restauration des communautés végétales (Suding et *al.* 2008 ; Jordan b et *al.*, 1988). La restauration d'espèces en danger et d'habitats dégradés reste

cependant un procédé extrêmement difficile. De nombreux projets de restauration ont échoué dans leur mise en œuvre (Gobsteret Hull, 2000 ; Pfadenhauer, 2001)

Références bibliographiques

- [1] *Événement catastrophique, pour une population : infligeant une forte mortalité*
- [2] Hutchinson GE., 1957. *Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symp Quant Biol* 22:415–27.
- [3] Tollrian R, 1990. *Predator-induced helmet formation in Daphnia cucullata (SARS). Arch Hydrobiol* 119(2) :191–196.
- [4] Teyssède A., 2006. *Les clés de la Communication animale. Delachaux et Niestlé, Paris.*
- [5] MacArthur R.H. & E.O. Wilson, 1967. *The theory of island biogeography. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.*
- [6] Pianka E.R., 1970. *On r and K selection. Am. Nat.* 104:592-597.
- [7] Reznick D., M.J. Bryant & F. Bashey , 2002. *R- and K-section revisited: The role of population regulation in life history evolution. Ecology* 83(6):1509-1520.
- [8] Beaumont H.J.E., Gallie J. et al., 2009. *Experimental evolution of bet hedging. Nature* 462:90-92.
- [9] Botero C.A., F.J. Weissing, J. Wright & D.R. Rubenstein, 2015. *Evolutionary tipping points in the capacity to adapt to environmental change. Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 112:184-189.
- [10] Starrfelt et Kokko 2012. *Bet hedging : a triple trade-off between means, variances and correlations. Biol. Rev.* 87, pp. 742–755.
- [11] cf. Regards [R18](#) et [RO11](#)
- [12] cf. Regards [R92](#)
- [13] Teyssède A., 2018. *Les mammifères face aux changements globaux. Regards et débats sur la biodiversité, SFE, regard R80b, juin 2018.*
- [14] McKinney M.L. & J.L. Lockwood, 1999. *Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. T.R.E.E.* 14:450-

- [15] Clavel J., Julliard R. and V. Devictor, 2010. *Worldwide decline of specialist species: toward a global functional homogenization?* *Front. Ecol. Environ.* 2:222-228.
- [16] Thomas C.D., 2015. *Rapid acceleration of plant speciation during the Anthropocene.* *Trends Ecol. Evol.* 30:448-455.
- [17] Julliard R., J. Clavel et al., 2006. *Spatial segregation of bird specialists and generalists in bird communities.* *Ecol. Letters* 9:1237–1244.
- [18] Clavel J., 2011. *L'Homogénéisation biotique. Regards et débats sur la biodiversité, SFE, regard n°16, avril 2011.*
- [19] Folke C., S. Carpenter et al., 2004. *Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management.* *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 35:557-581.
- [20] Cardinale B. et al., 2012. *Biodiversity loss and its impact on humanity.* *Nature* 486:59-67.
- [21] Haberl H., 2007. *Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems.* *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104:12944-12947.
- [22] Gaston K.J., T.M. Blackburn, K. Klein Goldewijk, 2003. *Habitat conversion and global avian biodiversity loss,* *Proc. R. Soc. Lond. B* 270:1293–1300.
- [23] Smil V., 2011. *Harvesting the Biosphere: the Human Impact.* *Pop. Dev. Rev.* 37(4):613-636.
- [24] Teyssèdre A. & D. Couvet, 2007. *Expected impact of agriculture expansion on the world avifauna.* *C. R. Acad. Sci. Biol.* 330:247-254.
- [25] Pauly D, V. Christensen V, J. Dalsgaard J, R. Froese & F.S.B. Torres, 1998. *Fishing down marine food webs.* *Science* 279:860-863.
- [26] Watson R. & D. Pauly, 2001. *Systematic distortions in world fisheries catch trends.* *Nature* 414(6863):534-536.

[27] Folke C., S. Carpenter et al., 2004. *Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management*. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 35:557-581.

[28] Cardinale B. et al., 2012. *Biodiversity loss and its impact on humanity*. *Nature* 486:59-67.

[29] Voir les regards sur la biodiversité [R30](#), [R31](#), [R37](#) et [R46](#).

L'Encyclopédie de l'environnement est publiée par l'Association des Encyclopédies de l'Environnement et de l'Énergie (www.a3e.fr), contractuellement liée à l'université Grenoble Alpes et à Grenoble INP, et parrainée par l'Académie des sciences.

: <https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/biodiversite-changements-globaux/>.

