

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire
Abdelhafid Boussouf Mila



المركز الجامعي
عبد الحفيظ بوشوف ميلة

معهد العلوم والتكنولوجيا
قسم علوم الطبيعة والحياة

031 45 00 09 ☎ / ☎
031 45 00 10 ☎

www.centre-univ-mila.dz

Institut des Sciences et de Technologie
Département Sciences de la Nature et de la Vie



Cours Biologie des populations et des organismes
Destiné aux Etudiants de 3^{ème} Année Licence
Spécialité Ecologie et Environnement

Réalisé par : Dr. Kherief Nacereddine Saliha

E-Mail : s.kherief@centre-univ-mila.dz

Année Universitaire 2020/ 2021

Chapitre 1 : Les concepts en Ecologie

1.1 Ecologie	1
1.2 Ecologisme	1
1.3 Historique de l'écologie	2
1.4 Méthodologie	3
1.5 Domaine d'intervention	3
1.6 Définition des termes de bases	4

Chapitre 2 : Dynamique des populations

2.1 Matériaux biologiques	5
2.2 Ecologie des populations	6
2.3 Principaux paramètres des populations	7
2.3.1 Densité et abondance relative	8
2.3.1.1 Comptage direct de la population	9
2.3.1.2 Méthode de capture et recapture	10
2.3.1.3 Détermination de la densité des populations par échantillonnage	10
2.3.2 Natalité et mortalité	11
2.3.3 Sex-ratio	12
2.3.4 Pyramides des âges	12
2.4 Lois de croissance des populations	14
2.4.1 Taux intrinsèque d'accroissement	14
2.4.2 Loi de croissance des populations en présence de facteurs limitant	15
2.4.2.1 Modèle simple de croissance des populations	15

2.4.2.2 Complexité et stabilité des communautés	18
2.4.2.3 Facteurs de régulation	18
2.5 Fluctuation dans le temps des populations naturelles	19
2.5.1 Population stable	20
2.5.2 Population cyclique	20
2.6 Distribution spatiale des populations	21
2.7 Régulation des populations : Le rôle des facteurs écologiques	23
2.7.1 Notion de la densité-dépendance	23
2.7.2 Facteurs indépendants et dépendants de la densité	23
2.7.2.1 Influence des facteurs indépendants de la densité	24
2.7.2.2 Influence des facteurs dépendants de la densité	24
2.8 Rôle des facteurs biotiques	26

Chapitre 3 : Structure et organisation des biocénoses

3.1 Définition	27
3.2 Métabolisme	27
3.3 Expression qualitative des biocénoses (Structure dans le temps et dans l'espace)	27
3.3.1 La structure verticale= stratification verticale des phytocénoses	27
3.3.2 La structure horizontale des phytocénoses	29
3.3.3 Le spectre biologique des phytocénoses	29
3.4 Expression quantitative	30
3.4.1 La richesse spécifique	31
3.4.2 Abondance des espèces	31
3.4.3 Dominance	31
3.4.4 Diversité spécifique et équitabilité	32

3.4.4.1 Indice de diversité	32
3.4.4.2 Indice d'équitabilité	33

Chapitre 4 : Interaction au sein de la composante biotique de la biocénose

4.1 Définition	34
4.2 Interactions entre êtres vivants	35
4.2.1 La compétition	35
4.2. 2 La prédation	36
4.2. 3 Le mutualisme	36
4.2.4 La symbiose	36
4.2.5 Le commensalisme	37
4.3 Niche écologique	37
4.4 Notion d'habitat	37

Chapitre 5 : Evolution des Biocénoses

5.1 Notion de succession	38
5.1.1 Succession autogène	40
5.1.2 Succession allogène	40
5.1.3 Succession cyclique	40
5.1.4 Succession primaire	41
5.1.5 Succession secondaire	42
5.1.6 Succession anthropogénique	44
5.2 Notion du climax	44
5.3 Notion d'écotone	45
5.4 Notion d'écocline	47

Chapitre 6 : Les principales biocénoses continentales de la biosphère

6.1 Introduction	48
6.2 Rappels et définitions	48
6.2.1 Facteurs internes	48
6.2.2 Facteurs externes	48
6.3 Définition du biome	49
6.4 Caractérisation des grands biomes	50
6.4.1 Influence des facteurs écologique sur la zonation des biocénoses	52
6.4.1.1 Zonalité des biogéocénoses et climats	52
6.4.1.2 Zonalité des biogéocénoses et altitudes	55
6.4.1.3 Zonalité des biogéocénoses et types de sols	57
6.4.2 Caractères écologiques des biomes (forestiers et non forestiers)	59
6.4.2.1 Les biomes forestiers	59
6.4.2.1.1 La forêt boréale de conifères (Taïga)	59
6.4.2.1.2 Les forêts tempérées proprement dites	61
6.4.2.1.3 La forêt tropicale	62
6.4.2.1.4 Les forêts de la région tempérée chaude	63
6.4.2.2 Les biomes non forestiers	64
6.4.2.2.1 Les toundras	64
6.4.2.2.2 Les steppes	66
6.4.2.2.3 Les savanes	67
6.4.2.2.4 Les déserts	67
6.5 Conclusion	69
Références Bibliographiques	70

Chapitre 1 : Les concepts en Ecologie

1.1 Ecologie

Etymologie : du grec "*oikos*", maison et "*logos*", **science**, connaissance. L'**écologie** est la science qui étudie les milieux et les conditions d'existence des êtres vivants et les rapports qui s'établissent entre eux et leur **environnement**, ou plus généralement avec la nature. L'écologie a été définie par le biologiste allemand Ernst Haeckel en 1866 comme "la science des relations des organismes avec le monde environnant, c'est-à-dire, dans un sens large, la science des conditions d'existence".

Science ayant pour objet les relations des êtres vivants (animaux, végétaux, micro-organismes) avec leur environnement, ainsi qu'avec les autres êtres vivants. Son objet est donc discuté, encouragé, documenté, transmis, faisant de l'écologie une science ouverte à une vulgarisation de plus en plus systématique et de plus en plus rapide.

L'écologie moderne est née d'une prise de conscience des effets (pollution, épuisement des ressources naturelles, disparition d'espèces vivantes, changements climatiques...) de l'activité de l'homme sur son environnement (industrie, transport, utilisation d'engrais, déchets industriels...). Elle s'intéresse donc à l'homme en tant que composante de l'écosphère.

1.2 Ecologisme

L'écologisme est un courant de pensée, mouvement tendant au respect des équilibres naturels, à la protection de l'environnement contre les nuisances de la société industrielle. Position dominée par le souci de protéger la nature et l'homme lui-même contre les pollutions, altérations et destructions diverses issues de l'activité des sociétés industrielles. L'écologisme a pris à partir de 1980 une réelle importance politique, d'abord en Allemagne, puis en France et dans l'ensemble de l'Union européenne. Dans les années 1990, son influence s'est concrétisée par la participation de partis écologistes dans plusieurs gouvernements européens.

1.3 Historique de l'écologie

A première vue, rien n'est plus naturel que le lien entre la théorie de l'évolution telle que l'a fondée Charles Darwin et l'Ecologie, définie par le darwinien Ernst Haeckel en 1866. Et pourtant, lorsque l'on parcourt l'histoire de l'une et de l'autre depuis 150 ans, on constate que cette histoire est loin d'être commune. Elles apparaissent au contraire comme des sciences parallèles, souvent ignorantes l'une de l'autre lorsqu'elles ne sont pas mutuellement hostiles. Cette incompréhension ne peut se réduire à un problème d'écoles ou de personnes. La "lutte pour la vie" est comprise de manière totalement différente par les deux courants scientifiques.

Le terme écologie a été créé en 1866 par le biologiste allemand Ernst Haeckel. Cependant, précise-t-il, la discipline n'a pris de l'importance qu'à partir des années 1930. Notons aussi l'allusion au fait que "depuis la fin des années 1960, les préoccupations écologiques ont été les moteurs de mouvements associatifs, idéologiques (écologisme) et politique". La figure de l'écologiste, ce "partisan de l'écologisme" familièrement nommé "écolo", se distingue alors de celle de l'"écologue", qui est un "spécialiste de l'écologie". Enfin, l'unité de base de l'écologie scientifique est l'écosystème.

L'écologie fait irruption dans les années 1960-1970. Depuis lors, une nouvelle forme de demande sociale se manifeste, notamment dans les domaines politique, associatif, éducatif. Au cours de cette même période, les premiers ouvrages consacrés à l'histoire de l'écologie commencent à voir le jour. Ils montrent que l'écologie est une discipline scientifique déjà centenaire, dont les concepts ont été forgés en Europe au XIX^{ème} siècle. Par ailleurs, les travaux historiques consacrés aux mouvements environnementalistes enseignent que les préoccupations liées aux conséquences néfastes de certaines activités humaines sur l'environnement sont bien antérieures aux "septuagies".

C'est une science récente dont l'indépendance scientifique ne date pas de plus d'un siècle, ce qui représente une période de vie plutôt courte si on la compare à d'autres sciences comme la biologie ou la chimie, par exemple, qui existent depuis plusieurs siècles déjà. Par conséquent, l'écologie offre un parcours historique assez caractéristique, marqué notamment par un nombre important d'emprunts conceptuels à des sciences connexes comme la biologie, la zoologie et la botanique, entre autres.

1.4 Méthodologie

Dans ses relations l'écologiste ne sépare pas l'être vivant de son contexte, mais il l'étudie dans sa totalité. L'écologiste considère l'être vivant non plus dans un milieu théorique constant, mais bien dans un monde où se jouent des forces sans cesse variables.

Exemple : Cas de l'Echinoderme *Echinastre sepositus* (étoile de mer) et du crustacé (*Eupagurus prideauxi*) (écrevisse carapace) dont la distribution semble correspondre à une sténohalinité rigoureuse et qui au laboratoire supportent des fortes dessalures même réalisées brusquement. De nombreux autres exemples montrent la divergence entre les résultats obtenus aux laboratoires et ceux obtenus dans la nature pourraient être cités.

L'écologiste étudie ce qui se passe réellement dans les conditions naturelles ; son domaine d'observation est la nature l'endroit même où vit l'être vivant ou la population qu'il étudie.

1.5 Domaine d'intervention

Les études écologiques portent conventionnellement sur trois niveaux ; l'individu, la population et la communauté.

Un individu est un spécimen d'une espèce donnée. Il concerne l'autoécologie ; c'est la science qui étudie les rapports d'une seule espèce avec son milieu. Elle définit les limites de tolérances et les préférences de l'espèce étudiée vis-à-vis des divers facteurs écologie et examine l'action du milieu sur la morphologie, la physiologie et l'éthologie.

Une population est un groupe d'individus de la même espèce occupant un territoire particulier à une période donnée. Elle concerne l'écologie des populations ou la dynamique de populations ; c'est la science qui étudie les caractéristiques qualitatives et quantitatives des populations ; elle analyse les variations d'abondance des diverses espèces pour en rechercher les causes et si possible les prévoir.

Une communauté ou biocénose est l'ensemble des populations d'un même milieu, peuplement animal (zoocénose) et peuplement végétale (phytocénose) qui vivent dans les mêmes conditions de milieu au voisinage les uns des autres. Chacun de ces trois niveaux fait l'objet d'une division de l'écologie.

1.6 Définition des termes de bases

Phytocénologie = Phytosociologie : est la discipline botanique qui étudie les associations végétales (cénose= association).

Zoocénologie : étudie des associations animales.

Climatologie : La climatologie est la science du climat. Elle s'appuie sur l'analyse de la distribution statistique de variables météorologiques, principalement la température et les précipitations, d'une région donnée sur une période de trente ans.

Edaphologie : étudie des conditions physiques et chimiques de la phase solide du milieu de vie du sol.

Biocénologie : étudie des communautés vivantes animales et végétales dans un milieu donné et à un moment donné. Concerne la synécologie ; c'est la science qui analyse les rapports entre les individus qui appartiennent aux diverses espèces d'un même groupement et de ceux-ci avec leurs milieux.

Ecobiocénologie : étudie des milieux naturels compte tenu des conditions du milieu et des organismes vivants.

Autoécologie : étudie des relations d'une seule espèce avec son milieu. On observe le comportement (éthologie), le fonctionnement dans le milieu, la bioénergétique ou les relations avec son milieu d'un individu donné ; terme introduit par SCHROTER(1896).

Synécologie : La synécologie, ou écologie des communautés, est une discipline de l'écologie qui étudie les rapports entre populations de types différents de la biocénose, elle couvre des problèmes tels que la prédation, la compétition, le parasitisme ; l'évolution des biocénoses et leur productivité.

Ethologie : est l'étude du comportement (individu, population, communauté).

Biogéographie : a pour objet l'observation et l'explication de la répartition des organismes vivants sur la planète.

Chapitre 2 : Dynamique des populations

Ce chapitre s'intéresse aux variations d'abondance des populations. Au niveau le plus élémentaire, il s'agit simplement de décrire une population à un moment donné à partir de plusieurs variables : abondance, structure et phénomènes démographiques. A partir des connaissances, il est possible d'établir des projections qui décrivent les variations prévisibles de l'effectif et les changements de structure des populations étudiées.

2.1 Matériaux biologiques

Les matériaux biologiques sont les matériaux rencontrés dans le vivant. Ce sont les constituants des cellules, des espaces intercellulaires, des tissus et des organes des organismes vivants. En premier lieu, les holoprotéines, hétéroprotéines, lipides, acides nucléiques et autres, s'intègrent dans la nature en uns certains nombres de niveau d'organisation de plus en plus complexe pour former : la cellule..... population..... communauté.

a) **La cellule** : en biologie, la cellule est l'élément de base fonctionnel composant tous les êtres vivants. C'est l'invention du premier microscope en 1664 par un savant néerlandais, Antoni van Leeuwenhoek qu'on put observer les premières cellules. Leur taille est en effet tellement petite qu'elles ne peuvent pas être distinguées à l'œil nu.

b) **L'individu (organisme)** : est un système biologique fonctionnel qui, dans le cas le plus simple est réduit à une cellule (unicellulaire). Toute fois composé de plusieurs cellules, qui se regroupent en tissus et en organes ; d'autre part à un moment donné, un individu possède une biomasse déterminée que l'on peut exprimer par le poids vif (frais) ou le poids de matière sèche (MS). Cette biomasse est le résultat d'un métabolisme. Le métabolisme est un ensemble des réactions de synthèse, génératrices de matériaux (anabolisme), et de dégradation, génératrices d'énergie (catabolisme), qui s'effectue au sein de la matière vivante à partir des constituants chimiques fournis à l'organisme par l'alimentation et sous l'action de catalyseurs spécifiques.

Il comporte, la consommation (C) par absorption diffuse ou ingestion et l'assimilation (A) d'une partie des produits consommés.

2. 2 Ecologie des populations

L'écologie des populations a pour but est de mesurer et expliquer les variations de la taille et la composition des populations. Aucune population ne peut s'accroître indéfiniment. On peut voir une explosion de population, suivie d'une réduction éventuelle c'est pour cela que l'un des critères principaux de la population est la taille ou la densité.

Les individus d'une population peuvent communiquer entre eux. Une population est considérée comme un système possédant ses propres caractéristiques que l'on appelle variables d'état dont les principales sont : l'effectif (ou densité), le type de distribution, la structure de l'âge, la structure génétique et l'organisation sociale.

Les variables d'état sont affectées par les processus démographiques qui donnent à la population une certaine cinétique.

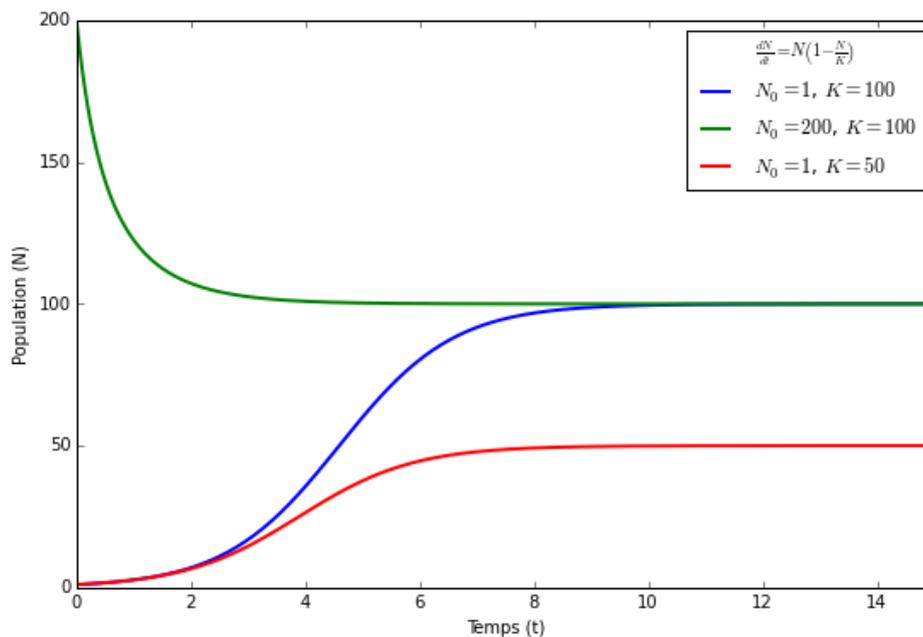


Figure 2.1. Quelques réalisations du modèle de croissance en temps continu. La population tend vers sa capacité biotique K (**Geeklhem, 2016**).

La communauté est la partie biologique d'un écosystème, distincte à son environnement physique. Les facteurs qui agissent sur une population peuvent être extrinsèques à cette population (facteurs du milieu biotique et abiotique) ou intrinsèques.

2.3 Principaux paramètres des populations

Les populations, considérées comme des unités biologiques fondamentales, sont caractérisées par une série de variables d'état telles que l'effectif (ou la densité), la structure spatiale (modalités de distribution des individus dans le milieu), la structure démographique (âge et sexe), la structure génétique (fréquences alléliques) et l'organisation sociale. Cependant, les populations naturelles ne sont jamais des entités isolées : elles s'insèrent dans un environnement avec lequel elles sont en étroite relation et dont elles dépendent. Ainsi, pour l'écologiste des populations, la véritable unité fonctionnelle est le système population-environnement. Mais l'environnement dont il est ainsi question est défini par rapport à la population considérée, et non dans l'absolu. Il comprend :

- le cadre climatique et physico-chimique où évolue la population, dans la mesure où celui-ci influe sur la dynamique de cette dernière ;
- d'autres populations qui représentent pour l'espèce étudiée soit des sources de nourriture, soit des ennemis (prédateurs et parasites, herbivores dans le cas des plantes), soit des compétiteurs qui peuvent entrer en concurrence avec elle pour l'exploitation de la nourriture ou l'utilisation de l'espace, soit des espèces qui coopèrent avec elle pour assurer ou améliorer telle ou telle fonction (mutualisme, symbiose).

Il peut sembler paradoxal de modéliser l'évolution dans le temps de la taille d'une population, qui est un nombre entier d'individus, par la solution d'une équation différentielle, qui est nécessairement une fonction continue (et même dérivable).

Une population animale évolue par les naissances et les décès, qui la font augmenter ou diminuer chaque fois d'une unité. Mais pour une population de grande taille, et selon l'échelle de temps à laquelle on se place, les variations de la population pourront effectivement apparaître comme continues.

Exemple : Concernant la population humaine sur la terre, de l'ordre de milliards d'individus, les nombres de naissances et de décès qui ont lieu chaque seconde sont de plusieurs milliers. Il est d'ailleurs impossible de connaître toutes les dates de naissance à la seconde près. Le seul sens que l'on puisse donner à la phrase «la population de la terre a augmenté de 30 individus par seconde le 8 décembre 2006» est : «la population de la terre a augmenté de 30 individus ce jour-là, ce qui fait une moyenne de 30 par seconde environ».

Mais alors, il faudra bien considérer que dans un intervalle de 2 secondes l'augmentation est de 60, dans un intervalle de 3 secondes 90, etc. Notons la population de la terre à l'instant, et choisissons la seconde comme unité de temps. Nous venons de dire que l'accroissement de population dans un intervalle de temps de secondes, vaut.

2.3.1 Densité et abondance relative

La connaissance de la densité d'une population constitue un paramètre démographique primordial. La densité (D), s'exprime en nombre d'individus relatif d'une superficie, un volume par unité d'habitat à un moment déterminé.

Les densités varient énormément $D = \frac{\text{nombre d'individus}}{\text{surface ou volume}}$

Par exemple : la densité des ongulés dans une savane africaine en nombre d'individus par Km², celle des arbres dans une forêt tempérée en nombre de sujets par hectare, celle des arthropodes de la litière en nombre d'individus par m² et dans une steppe par le nombre tête d'ovins par hectare.

Un autre moyen d'exprimer la densité est la biomasse qui désigne la masse de matière vivante ou sèche présente à un moment donné dans un milieu donné. La biomasse représente la masse d'individu vivant à un endroit donné et à un moment donné. La biomasse traduit en fait les différences des besoins alimentaires de chaque espèce.

D'après Philippe (2008), la biomasse pour une espèce donnée s'exprime comme suit :

$$B = P \times N$$

B : biomasse en kg

P : poids moyen de l'espèce considérée en kg

N : nombre d'individu de l'espèce considérée

Il est également utile d'évaluer la biomasse par unité de surface (B/S en kg/km²) pour une espèce donnée déterminée comme suit : $P \times D = B/S$

Afin de connaître la densité ou la biomasse par unité de surface de toutes les espèces il suffit de sommer la densité ou la biomasse par unité de surface de chaque espèce.

En définitive, pour les populations animales, la densité observée (exprimée en biomasse) dépend essentiellement de sa place dans le réseau trophique. Celle-ci est d'autant plus faible que la position de l'espèce dans les chaînes alimentaires est plus élevée.

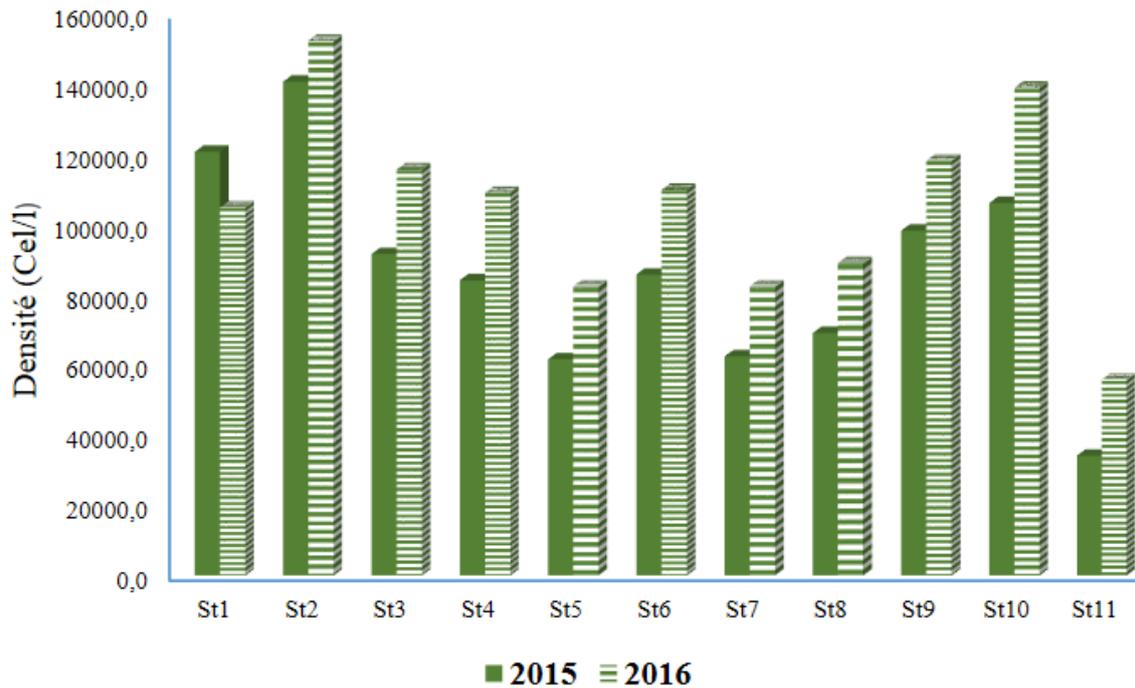


Figure 2.2. Evolution de la densité moyenne annuelle du phytoplancton dans les différentes stations du barrage Béni-Haroun en 2015 et 2016 (Kherief Nacereddine, 2019).

La détermination de la densité est importante, du fait que l'action d'une population dépend en grande partie de sa densité. En effet, les méthodes d'évaluation de la densité des populations sont très nombreuses, dont nous pouvons les regrouper comme suite.

2.3.1.1 Comptage direct de la population

Il y a plusieurs méthodes pour estimer ce nombre, tel que par recensement ou par échantillonnage. D'après Monfort (1975), le recensement est le comptage direct de la population. Cette méthode est beaucoup plus précieuse, mais elle est très longue à réaliser. Vu qu'elle est une méthode plus longue, elle est moins utilisée.

Le recensement complet d'une population peut être entrepris si celle-ci répond aux deux conditions suivantes:

1 °) les taux de mortalité et de natalité (recrutement et disparition) sont négligeables durant la période pendant laquelle s'effectue le recensement. La ou les méthodes utilisées doivent donc être d'une durée la plus courte possible, ce qui nécessite soit l'emploi d'une main-d'œuvre nombreuse, donc coûteuse, soit encore l'emploi de l'avion ou de l'hélicoptère.

2°) tous les membres de la population étudiée ont une probabilité égale d'être comptés. Cette condition n'est pratiquement jamais remplie car il va de soi qu'un éléphant a plus de chance d'être repéré qu'un Céphalophe ; de même, deux individus d'une même espèce seront plus ou moins visibles selon qu'ils seront dans un habitat ouvert ou dans un habitat fermé. En définitive, la probabilité qu'une espèce ou qu'un individu d'une espèce soit ou non repéré dépendra de la technique de dénombrement utilisée.

En définitive, la probabilité qu'une espèce ou qu'un individu d'une espèce soit ou non repéré dépendra de la technique de dénombrement utilisée.

Photographie aérienne. Se fait à partir d'un avion sont souvent utilisés dans les habitats ouverts : steppes, savanes herbeuses, toundras et déserts. En pratique, seuls ces types d'habitats donnent des résultats proches de la réalité. Les techniques aériennes présentent toutes l'avantage d'être rapides et plus économiques. Les comptages aériens totaux sont réalisées pour

2.3.1.2 Méthode de capture et recapture

Appliquer d'abord en Zoologie pour estimer la taille de populations animales (notamment oiseaux, poissons).

- Principe utilisé :
 - tirer un échantillon aléatoire d'une espèce animale ;
 - marquer les animaux tirés au sort, puis les relâcher, et tirer un second échantillon et compter le nombre d'animaux marqués ;
 - estimer la population totale en appliquant une règle de trois.

Cette méthode permet d'estimer la taille d'une population, à partir de différentes sources de données, de rendre compte de l'exhaustivité d'un système de surveillance épidémiologique, des incidences et des prévalences. La méthode capture recapture a été largement développée.

2.3.1.3 Détermination de la densité des populations par échantillonnage

Le choix du mode d'échantillonnage dépend de ce que l'on recherche. Chaque méthode possède ses propres caractéristiques techniques de mise en place et d'analyse des résultats.

On peut avoir recours à plusieurs méthodes d'échantillonnage que l'on regroupe en trois catégories :

- les méthodes d'échantillonnage non-probabilistes,
- les méthodes d'échantillonnage probabilistes,
- les méthodes d'échantillonnages spatiaux probabilistes.

L'échantillonnage aléatoire

L'échantillonnage aléatoire simple est une méthode qui consiste à prélever au hasard et de façon indépendante «n» unités d'échantillonnage d'une population de «N» éléments. Les échantillons sont répartis au hasard. Chaque point dans l'espace étudié a donc une chance égale d'être échantillonné.

Il s'agit donc, de sélectionner à partir d'une liste ou base de sondage un échantillon de n individu par tirage au sort et ceci en une seule étape.

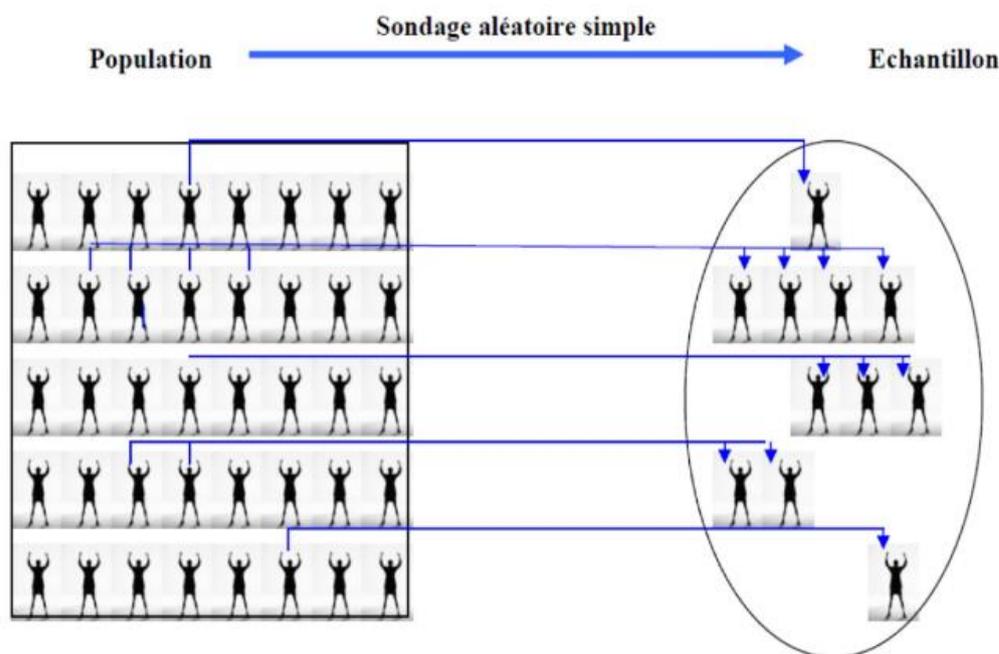


Figure 2.3. Echantillonnage aléatoire simple (d'après Mrabet) (<http://fmp.um5.ac.ma/>)

3.2 Natalité et mortalité

La densité d'une population, sa croissance, ou son déclin, dépendent du nombre d'individus qui lui sont ajoutés (natalité) et de ceux qui disparaissent (mortalité, émigration). En d'autres termes, les effectifs de chaque espèce dépendent principalement de la différence entre les taux de natalité et de mortalité et de l'équilibre entre émigration et immigration.

La natalité constitue le principal facteur d'accroissement des populations. La mortalité constitue le second paramètre démoécologique d'importance fondamentale. De la même façon que la natalité, la mortalité varie en fonction du groupe d'âge considéré. Elle s'exprime par le taux de mortalité ou par la probabilité de mort.

2.3.3 Sex-ratio

C'est le rapport entre le nombre d'individus appartenant au sexe mâle et au sexe femelle que comporte une population. Il constitue un paramètre démoécologique de grande importance. En règle générale, les espèces animales sont gonochoriques, c'est-à-dire à sexe séparés, bien que l'hermaphrodisme ou la parthénogenèse puissent être fréquent dans certains ordres d'invertébrés. Dans certaines populations de rongeurs, un fort déséquilibre peut s'observer en faveur de l'un ou de l'autre sexe. Ainsi, chez les rats musqués (*Ondatra zibethica*) bien que le sexe-ratio en naissance soit égal à 1, il s'élève à 1,4 (140 mâles pour 100 femelles) chez les individus ayant plus de trois semaines. A l'opposé, un excès de femelles s'observe dans la population de deux espèces d'écureuils nord-américains : *Sciurus niger* et *S. carolinensis*, ces dernières étant de 5 à 55% plus nombreuses que les mâles.

2.3.4 Pyramides des âges

Elles permettent d'obtenir une représentation intéressante de la structure en classes d'âge d'une population. Celles-ci sont étudiées par superposition de rectangles de largeur constante et de longueur, donc de surface, proportionnelle aux effectifs de chaque classe d'âge. Les mâles et les femelles sont disposés en deux groupes distincts situés de part et d'autre d'une médiane puisque la mortalité n'affecte pas de façon égale les deux sexes en fonction de l'âge.

On peut donner une représentation simplifiée d'une pyramide des âges en distinguant trois groupes dans les effectifs de toute population : Celui des individus jeunes, celui des adultes et celui des individus âgés.

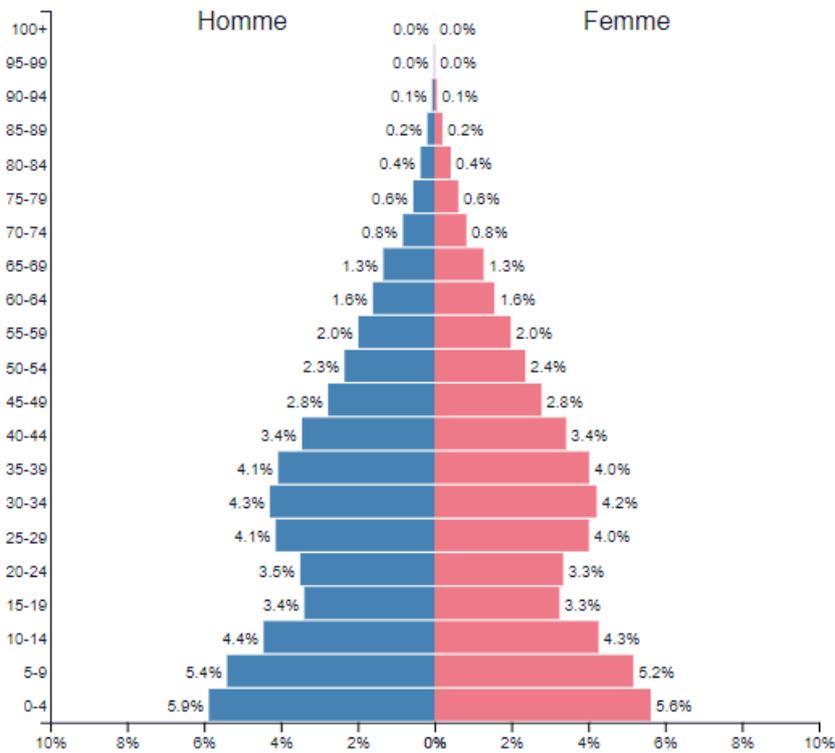


Figure 2.4. Pyramide de population algérienne pour l'année 2020 (D'après PopulationPyramide.net).

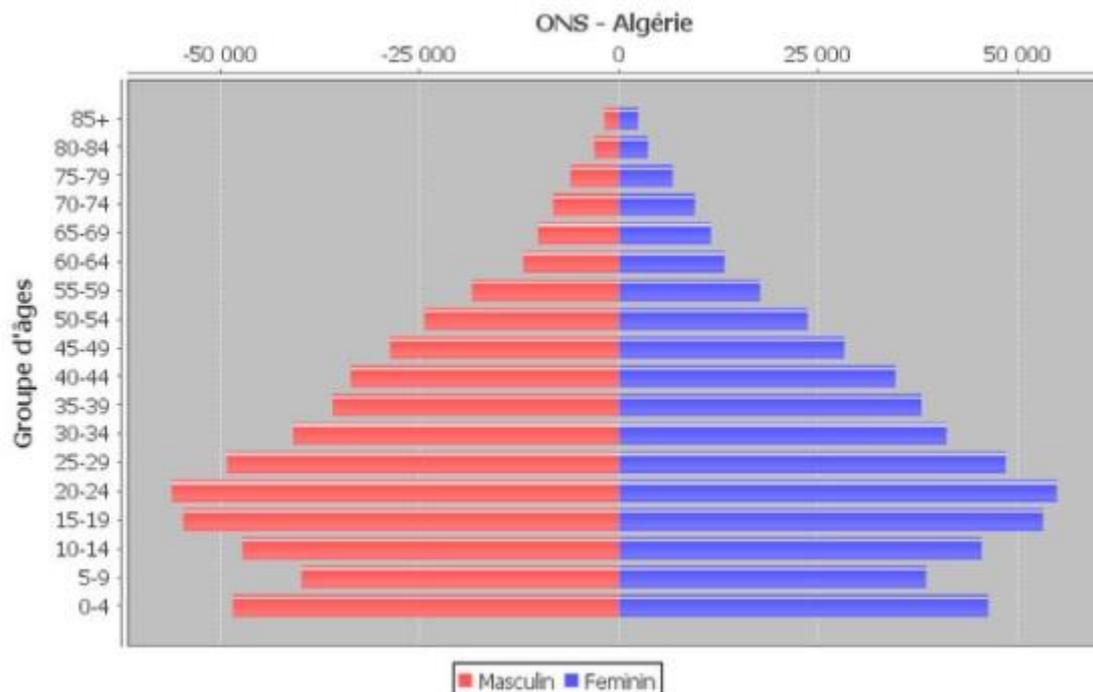


Figure 2.5. Pyramide des âges de la population de la wilaya de Constantine pour l'année 2014 (ONS, 2018)

Comment définir l'âge d'un individu ?

- Soit on marque un individu à sa naissance ;
- Soit on recherche des caractères morphologiques ou anatomiques en relation avec les variations du métabolisme induites par le rythme des saisons ;

Exemples de caractères :

- Les anneaux de croissance annuels chez les végétaux ligneux ;
- Les anneaux ou stries de croissance annuelle chez différents animaux.

On les observe, par exemple, sur les coquilles des mollusques, sur les écailles des poissons ou les otolithes (structures minéralisées contenues à l'état normal dans l'organe d'équilibration de l'oreille interne), les cornes, les bois des ongulés, l'état de la denture, le poids du cristallin augmente avec l'âge...etc.

2.4 Lois de croissance des populations**2.4.1 Taux intrinsèque d'accroissement**

Lorsqu'un milieu offre temporairement des ressources naturelles en quantités surabondantes, les populations qui les peuplent vont pouvoir accroître sans que des facteurs limitant ne viennent freiner cet accroissement. En absence de facteurs limitant, on constate que le taux d'accroissement des effectifs par unité de temps reste constant. Soit N_0 l'effectif au temps T_0 , N celui au temps t , ce taux d'accroissement par individu R aura pour expression :

$$R = \frac{N - N_0}{N(t - t_0)} = \frac{\Delta N}{N \Delta t} \quad (1)$$

Quand $\Delta t \rightarrow 0$, $R \rightarrow r$ et (1) devient : $r = \frac{dN}{N dt}$ (2)

r est dénommé taux intrinsèque d'accroissement naturel, c'est une constante caractéristique de l'espèce considérée. Elle exprime le potentiel biotique de cette espèce, c'est-à-dire la fécondité maximale dont elle peut faire preuve en l'absence de facteurs limitant.

L'expression (2) permet de déterminer la vitesse d'accroissement des effectifs, qui est proportionnelle à ceux-ci :

$$V = \frac{dN}{dt} = rN \quad (3)$$

On peut donc écrire : $dN=rNdt$ (4)

L'intégration de (4) a pour solution : $N=N_0 e^{r(t-t_0)}$ (5)

Laquelle peut s'écrire en prenant $t_0=0$: $N=N_0 e^{rt}$ (6)

Il apparaît donc que lorsqu'une population est placée en l'absence de facteurs limitant, sa croissance s'effectue selon une loi exponentielle. En outre, si l'on se réfère à l'expression (3), on voit que la vitesse d'accroissement des effectifs augmente elle-même de façon exponentielle !.

2.4.2 Loi de croissance des populations en présence de facteurs limitant

La densité d'une population, sa croissance ou son déclin, dépend des nombres d'individus que lui sont ajoutés (natalité, immigration) et de ceux qui disparaissent (mortalité, émigration). Le taux de natalité et de mortalité est le nombre d'individus croissant ou décroissant (mourants) dans une population par unité de temps en peut exprimer soit par pourcentage ou par :

Taux de natalité= le nombre de naissances x100

Taux de mortalité = nombre de décès x 100

Taux de croissance= TN-TM

La croissance d'une population est due essentiellement à deux paramètres opposés (natalité ou mortalité) au quels peuvent s'ajouter (immigration et émigration).

2.4.2.1 Modèle simple de croissance des populations

L'effectif des populations varie en fonction de l'équilibre entre les processus de recrutement (natalité + immigration) et les processus de disparition (mortalité + émigration).

$$N_t = N_{t-1} + (n + i - m - e) \quad (1)$$

N_t et N_{t-1} étant les effectifs de la population à la fin et au début de l'intervalle de temps considéré (une année par exemple), n , i , m , e , les nombres est respectivement, de naissance, d'immigration, de décès et d'émigrants, enregistrés dans l'intervalle.

Pour caractériser la croissance d'une population au cours d'intervalles successifs de même durée il est commode d'établir le taux de croissance par individu r :

$$r = \frac{N_t - N_{t-1}}{N_{t-1}} \quad (2)$$

La taille de la population au temps t est donnée par la relation :

$$N_t = N_{t-1} + r N_{t-1} \quad (3)$$

Le taux d'accroissement (r) par tête dépend à la fois des propriétés des individus qui composent la population et des conditions offertes par l'environnement. Dans les conditions optimales, en dehors de toute limitation spatiale et trophique, ce taux présente une valeur maximale (r_m) qui traduit tout le potentiel d'accroissement des individus ; Cela peut se produire dans la nature lors de la phase de colonisation d'un milieu. Quand la densité de la population augmente, les ressources peuvent devenir insuffisantes pour chaque individu r décroît en fonction de la densité de la population. L'hypothèse la plus simple est celle d'une relation linéaire entre r et N.

$$r = r_m - \alpha N \quad (4)$$

dont α c'est un coefficient d'interaction compétitive.

Où r_m est le taux d'accroissement maximum et α l'effet dépresseur exercé par chaque individu sur les autres membres de la population (coefficient d'interaction compétitive).

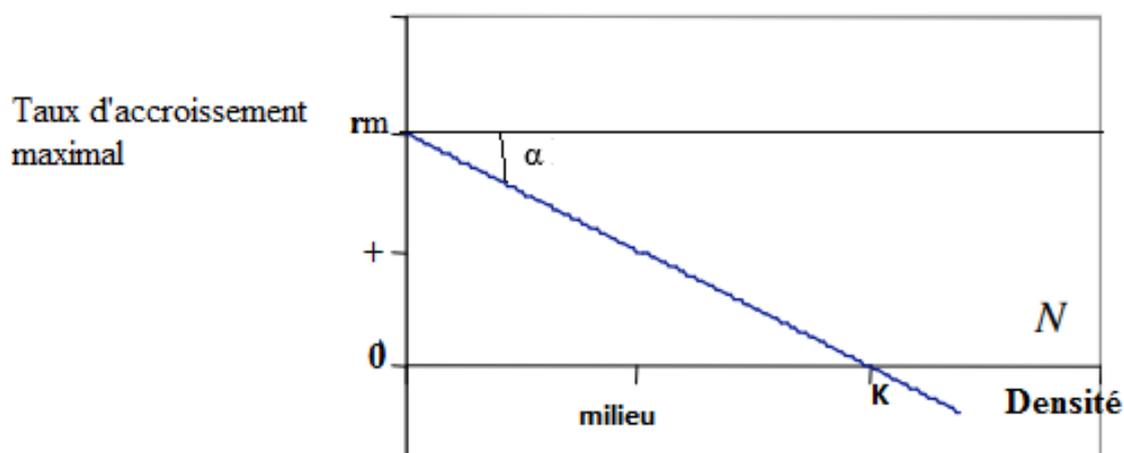


Figure 2.6. Variation du taux de croissance par tête r en fonction de la densité de la population N, dans l'hypothèse d'une relation de type linéaire (Modifiée d'après Ramade, 2009).

Le taux d'accroissement moyen r devient nul lorsque l'effectif de la population atteint la densité d'équilibre ou capacité limitée du milieu K .

Par définition, la croissance de la population est ici régulée par sa propre densité. L'équation

$$(3) \text{ s'écrit alors : } \mathbf{N} = \mathbf{N}_{t-1} + (\mathbf{r}_m - \alpha \mathbf{N}_{t-1}) \mathbf{N}_{t-1} \quad (5)$$

Le modèle exponentiel : C'est la capacité d'une espèce à se multiplier en l'absence de toute contrainte.

$$R_{max}N = \frac{dN}{dt}$$

Pour un très court instant :

$$Dn /dt = b (\text{taux de natalité}) * N - m (\text{taux de mortalité}) * N$$

$$= (b-m) * N$$

$$R_{max} * N$$

R_{max} taux maximal d'accroissement = taux intrinsèque d'accroissement = potentiel biotique.

Le modèle logistique : La croissance de l'espèce cesse à cause de la résistance du milieu il y a de facteur limitant.

$$\frac{dN}{dt} = NR_{max} \frac{K-N}{K} \quad N = R_{max} ((K-N)/N)$$

Les modèles d'accroissements démographiques exponentiels :

- Décrit l'accroissement d'une population vivant dans un milieu idéal.

- Si rien ne freine la croissance d'une population, celle-ci s'accroît de plus en plus vite. Plus les individus sont nombreux plus ils produisent des rejets et plus y a des rejets plus ils se reproduisent faisant augmenter la population encore plus.

- Il produit un courbe en J (courbe exponentiel) il débute un peu lentement car la population est peu nombreuse au début mais qui devient rapidement après.

2.4.2.2 Complexité et stabilité des communautés

La stabilité des communautés implique deux composantes :

- A) **Elasticité** : c'est la possibilité pour une communauté de se retourner rapidement à son état original à la suite d'un déplacement.
- B) **Résistance** : possibilité d'éviter le déplacement.

Les effectifs des individus d'une population ne sont jamais stables, en biologie l'équilibre parfait n'existe pas. Alors, il existe seulement des équilibres fluctuants dans lesquels deux processus sont jouer un rôle déterminant :

- A) **Processus de recrutement** : natalité et immigration augmentant l'effectif.
- B) **Processus de disparition (limitation)** : mortalité et émigration diminuant l'effectif.

Et le tout est contrôlé par le potentiel biologique du milieu.

2.4.2.3 Facteurs de régulation

- **La sélection naturelle et polymorphisme** : les individus ont la forme physique très élevé caractérisé par des descendance nombreuses avec succès et une meilleure espérance de vie. La sélection naturelle est basée sur le fait que les populations naturelles sont caractérisées par un polymorphisme génétique (c'est-à-dire grande diversité génétique). Certains gènes peuvent ainsi se manifester plus que d'autres et une sélection naturelle va s'installer.

Exemple : dans la nature les animaux les plus forts auront tendance à avoir plus de descendants que ceux qui sont faible ou malade.

Lorsque les facteurs environnementaux changent par exemple des bouleversements climatiques ou géologiques, des adaptations génétiques aux nouvelles conditions sont alors réalisables. Il existe trois réponses sélectives aux variations du milieu par apport à la population d'origine :

- 1- Le milieu ne favorise pas l'expression de nouveaux génotypes, la sélection est dite stabilisante.
- 2- Le milieu favorise la modification d'un caractère dans un sens ou dans un autre, la sélection est directionnelle.

- 3- Le milieu permet l'apparition de plusieurs phénotypes différents, la sélection est alors diversifiante.

2.5 Fluctuation dans le temps des populations naturelles

La dynamique des populations a comme but principal de décrire et expliquer les variations d'abondance de l'espèce dans le temps et dans l'espace. Il est donc nécessaire de rechercher d'une part des facteurs responsables du nombre d'individus, et d'autre part les facteurs de régulation.

Dès 1756, le célèbre naturaliste Buffon écrivait dans un de ses ouvrages que toutes les populations végétales et animales, y compris l'espèce humaine, présentaient des fluctuations dues à l'existence de facteurs du milieu qui exerçaient une action négative : maladies, surpeuplement et manque de nourriture, prédation. Il arrive à une conclusion que les populations fluctuent entre une limite inférieure et supérieure par suite des variations des taux de mortalité et de natalité. Le taux de croissance des effectifs sera positif si N est supérieur de M , négative si N est inférieur de M et nulle lorsque $N=M$.

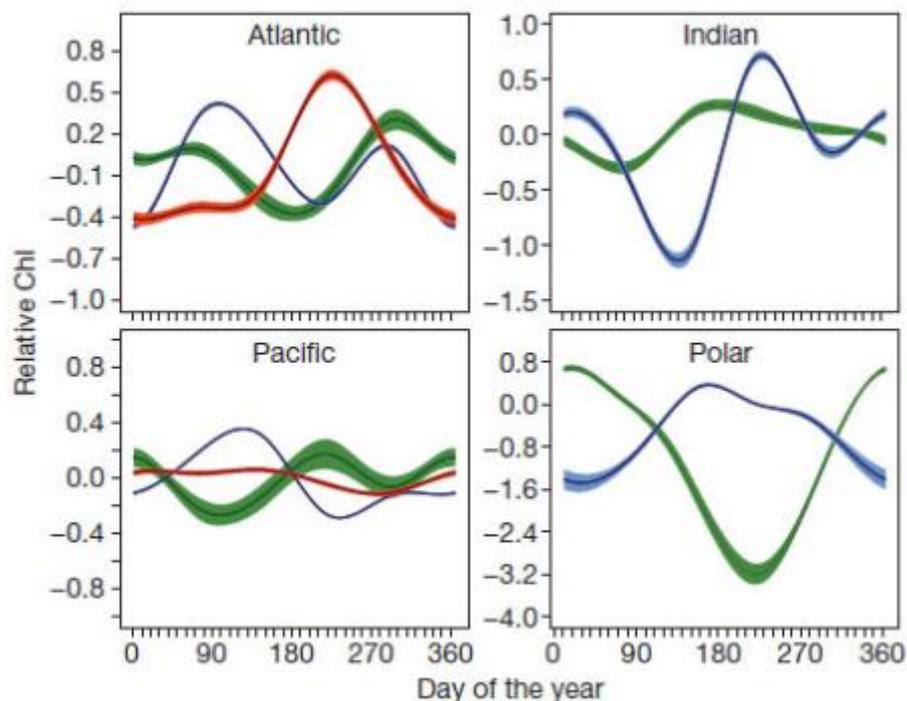


Figure 2.7. Variation relative de la concentration de la chlorophylle au cours de l'année. Les courbes bleues : mesures réalisés au Nord, celles en vert : variation équatoriales et celles en rouge au Sud (Source : Boyce et Coll, 2010)

2.5.1 Population stable

On désigne sous ce terme des populations naturelles qui représentent des oscillations de faible amplitude autour d'une valeur moyenne. Elles caractérisent généralement des espèces de grande taille vivant dans des milieux où les facteurs biotiques sont contraignants (compétition intense par exemple) et exercent donc une action déterminante.

Nous citerons à titre d'exemple le cas des populations d'arbres dominants dans une forêt primitive dont la densité à l'hectare varie faiblement même sur des périodes supérieures à la décennie.

2.5.2 Population cyclique

La majorité des espèces, mais aussi de nombreuses espèces végétales herbacées (plantes annuelles), ou croissant dans un environnement contraignant (plantes des zones sahéliennes par exemple), présentent des variations cycliques, d'amplitude importante et parfois même très considérable, de leurs effectifs. En fonction de leur durée, on distingue des fluctuations journalières, saisonnières, annuelles et pluriannuelles.

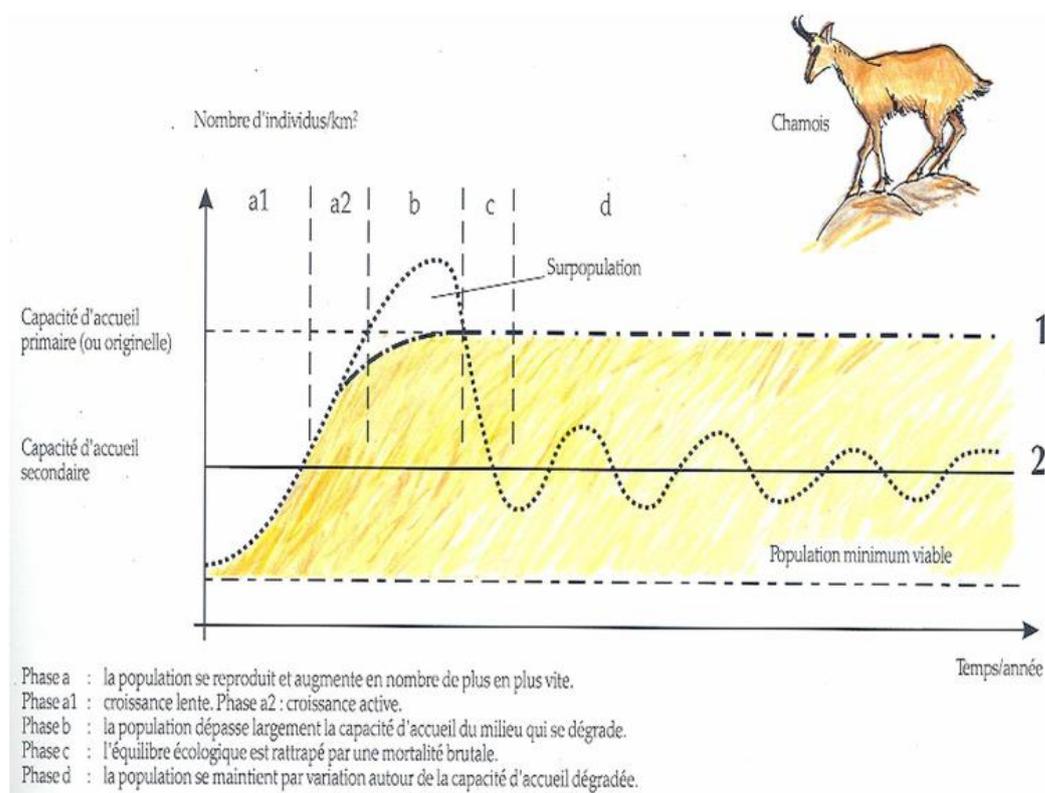


Figure 2.8 . Courbe de croissance cyclique d'une population d'ongulés sauvages en situation naturelle et sans prédateurs (d'après Riney, 1957).

A) Fluctuation journalières

Caractérise les êtres vivants qui ont une vie éphémère et un cycle de vie qui ne dépasse pas une journée. Exemple les algues unicellulaires, bactéries, protozoaires...etc.

B) Fluctuation saisonnières

Elles peuvent résulter de l'existence de plusieurs générations annuelles dans l'espèce considérée (au moins deux), de mouvements migratoires, d'une mortalité importante à la fin de la période de reproduction. Dans les populations aviennes migratrices s'observent ainsi deux pics annuels-printanier et automnal-liés aux passages migratoires aller et retour.

C) Fluctuation annuelles

Egalement liées au cycle des saisons, ces fluctuations s'observent dans la majorité des populations animales et chez les plantes annuelles. Ici encore, les migrations peuvent jouer un rôle important chez les espèces ayant une longévité supérieur à l'année. Chez les oiseaux et les mammifères sédentaires, l'effectif maximal est atteint en fin de belle saison et le minimum en fin d'hiver.

D) fluctuation pluriannuelles

Certaines espèces d'insectes forestiers, chenilles défoliatrices, mineuses ou tordeuses, par exemple, présentent aussi de telles fluctuations pluriannuelles. Certaines espèces, comme la tordeuse du mélèze, peuvent présenter une grande régularité dans leur cycle d'abondance. En Suisse, cette espèce présente une période de latence de 10 ans entre deux pullulations successives.

E) Fluctuations apériodiques mais cycliques

Elles se caractérisent par des augmentations ou des diminutions des effectifs exceptionnels tels que le cas des criquets pèlerins et le cas de la diminution brusque des Rhinocéros d'Afrique du sud économiquement recherché pour ses cornes ou l'apparition d'une maladie épidémique peut causer de grande amplitude.

2.6 Distribution spatiale des populations

On appelle couramment « distribution » des individus la façon dont ils sont répartis physiquement sur le terrain. Il s'agit d'un raccourci dû au fait que les différents types de répartition peuvent être modélisés en utilisant des lois statistiques dont on sait calculer la distribution.

Cependant, le mot « distribution » n'a évidemment pas du tout le même sens selon qu'on parle d'individus concrets ou d'une loi abstraite. En règle générale, les espèces végétales sont constituées d'individus répartis au hasard, tandis que les populations animales présentent très souvent une distribution en agrégats. Toutefois, ce dernier type de répartition est aussi assez fréquent chez les végétaux de grande taille arborescents ou arborés, car la distribution des plantes et des sujets d'âge moyen est conditionnée par celle des arbres plus âgés dits porte graine. Les individus qui descendent d'une même porte graine ont tendance à s'agglomérer au voisinage de ce dernier.

Chez les animaux supérieurs cette agrégation des individus peut résulter d'une attraction sociale (comportement grégaire), du résultat des processus de reproduction, de l'influence quotidienne ou saisonnière des fluctuations climatiques, de la réponse de la population à des différences locales dans la nature du biotope.

Chez les végétaux et les invertébrés aquatiques primitifs, le degré d'agrégation est inversement proportionnel à la mobilité des formes reproductives (spores, graines, propagules, statoblastes... etc).

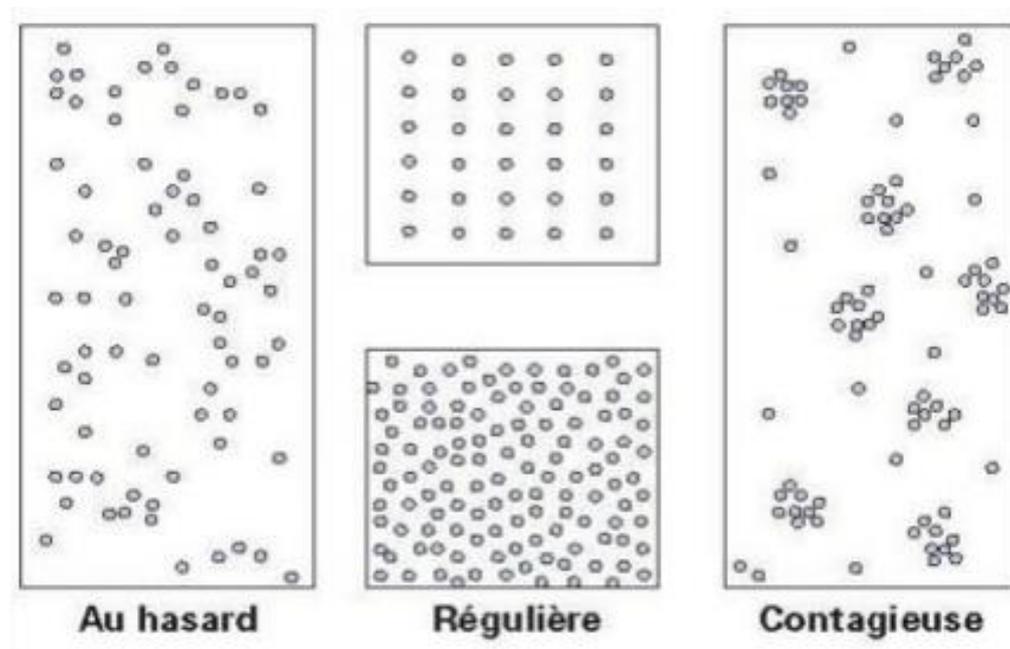


Figure 2.9. Les différents modes de répartition spatiale des individus (Fellah, 2019).

2.7 Régulation des populations : Le rôle des facteurs écologiques

2.7.1 Notion de la densité-dépendance

Il faut donc expliquer comment interviennent les mécanismes qui ralentissent la diminution des effectifs quand les conditions ambiantes deviennent défavorables, ou leur accroissement, lorsque l'environnement est favorable. La densité des populations dépend de facteurs intrinsèques et extrinsèques. Les facteurs intrinsèques, dont dépend en premier lieu le potentiel biologique (donc la fécondité, la fertilité et la longévité) des espèces considérées, tendent, en règle générale, à favoriser la croissance des populations. A l'opposé, les facteurs extrinsèques propres à l'environnement de chaque espèce exercent, selon leur intensité, des effets négatifs ou positifs sur les populations concernées. C'est de l'interaction entre ces influences intrinsèques et extrinsèques que dépendent en définitive les densités atteintes et la stabilité des effectifs, les populations n'étant en aucun cas des entités inertes subissant sans réagir l'influence des facteurs extrinsèques.

Dans les écosystèmes évolués, hautement différenciés et diversifiés, où les fluctuations de facteurs physico-chimiques sont de faible amplitude, le contrôle des populations est assuré par les facteurs biotiques. Par le jeu des phénomènes de sélection ce qui donne un système d'autorégulation car la surpopulation n'est dans l'intérêt d'aucune des espèces.

2.7.2 Facteurs indépendants et dépendants de la densité

Il est particulièrement intéressant, en démoécologie, d'analyser l'action des facteurs écologiques au travers du concept de densité-dépendance. Les facteurs écologiques sont répartis en deux catégories : les facteurs indépendants de la densité et les facteurs dépendants de la densité.

❖ Les facteurs indépendants de la densité, sont ceux, dont leur action sur les êtres vivants est totalement indépendant de la densité des effectives des populations de toute espèce pour laquelle ils constituent des facteurs limitant (la quasi-totalité des facteurs abiotiques) ;

❖ Les facteurs dépendants de la densité, sont des facteurs de natures biotiques exerçant une action directement liée aux densités des populations atteintes. La quantité de nourriture disponible pour chaque individu, les risques de propagation d'une épidémie, dépendent bien évidemment des densités atteintes par les populations concernées.

2.7.2.1 Influence des facteurs indépendants de la densité

Les facteurs climatiques sont les mieux étudiés parmi les facteurs indépendants de la densité. L'action des basses températures sur les populations animales a souvent un effet catastrophique. La vague de froid de février 1956, qui a atteint l'Europe occidentale et l'ouest du bassin méditerranéen a affecté la plupart des oliviers ainsi que le pin d'Alep situés dans les biotopes exposés furent détruits par le froid.

Les facteurs édaphiques peuvent aussi intervenir dans l'ajustement des effectifs des populations non seulement végétales mais aussi animales. Ainsi, il a été démontré que la teneur des sols en sodium conditionnait les densités des effectifs de Compagnols et d'autres rongeurs terrioles.

L'acidification des eaux par les pluies acides peuvent entraîner des effets négatifs sur les populations aquatiques même leur disparition,etc.

2.7.2.2 Influence des facteurs dépendants de la densité

Les facteurs dépendants de la densité jouent un rôle fondamental dans le déterminisme des fluctuations des populations. Ce sont surtout facteurs biotiques, dont l'influence est déterminante sur la dynamique des populations, sont la compétition, la prédation, le parasitisme et les maladies.

A) La compétition

Dans la nature, la compétition joue un rôle important dans l'évolution et l'organisation des peuplements, en régulant la distribution et l'abondance des espèces. Il peut y avoir une variation des niches écologiques et des chevauchements des niches.

La compétition entraîne également d'autres conséquences :

- Elle peut **modifier les caractères phénotypiques** de l'individu (traits morphologiques, physiologiques, éthologiques) : diminution de la taille ou des graines ou des poids.
- Elle peut exercer un **effet sélectif** qui transforme les performances écologiques de l'une ou de chacune des populations en présence, et par suite le changement de leur structure génétique.

La compétition peut aussi être un **facteur d'évolution** de la végétation ou de la diversité animale. Par ailleurs, le résultat de la compétition interspécifique peut être modifié par l'intermédiaire d'un organisme extérieur tel qu'un prédateur (Dajoz, R. 2006).

➤ **Influence de la compétition sur la répartition géographique :**

Lorsqu'une nouvelle espèce plus robuste, plus prolifique est introduite dans un même milieu, elle tend à éliminer les espèces autochtones. Ex: En Australie: Les kangourous ont régressés ou disparus devant la concurrence des lapins et des moutons.

➤ **Influence de la compétition sur les ressources alimentaires :**

Les espèces différentes qui exploitent une même ressource alimentaire, se battent jusqu'à l'élimination d'une espèce. Ex: les volailles domestiques.

➤ **Influence de la compétition sur la morphologie et la productivité des animaux ou des végétaux :**

Une espèce dominante tue peu à peu une espèce dominée. Ex: Une espèce végétale étale plus ses feuilles pour avoir plus de lumière; l'autre espèce reste ombragée pour réaliser la photosynthèse.

B) Prédation

La prédation est une relation dans laquelle une espèce (le prédateur) en consomme une autre (la proie). Elle devient rentable énergétiquement pour les prédateurs de s'attaquer à des proies denses. On inclut dans ce type de relation les carnivores (prédation sur d'autres animaux) et les herbivores (prédation sur des végétaux).

Le prédateur est un organisme libre qui recherche une nourriture vivante animale ou végétale; le prédateur chasse et tue sa proie pour la manger.

Ex: Le serpent est un prédateur pour une grenouille. L'espèce prédatrice attaque l'espèce proie pour s'en nourrir.

C) Le parasitisme (Les maladies)

La proximité favorise la transmission des maladies et des parasites. À la différence du prédateur, le parasite ne tue pas son hôte, car sa survie en dépend. Cependant, il peut l'affaiblir ou entraîner des maladies qui pourraient lui être mortelles.

Une espèce parasite est généralement plus petite, inhibe la croissance ou la reproduction de l'espèce dite: hôte et en dépend directement pour son alimentation. Le parasite peut entraîner ou non la mort de son Hôte. Le parasite ne mène pas une vie libre il est fixé sur son hôte soit:

- à l'extérieur ou en surface du corps : Ectoparasite
- à l'intérieur d'un être vivant : Endoparasite

Le parasite a une spécificité de son hôte. Ex1 : Les poux sont des parasites de l'homme et des singes. Ex2: Les plantes parasites: les Guis font enfoncer des suçoirs jusqu'aux vaisseaux conducteurs de la plante hôte.Ex3: l'espèce humaine abrite plusieurs types de vers endoparasites: ascaris, oxyure, trichocéphale, ...

2.8. Rôle des facteurs biotiques

Par rapport aux facteurs abiotiques, les facteurs biotiques présentent des traits interactifs. La pression de prédation ou de parasitisme, l'importance des relations mutualistes entre des communautés d'espèces ou d'individus, le niveau de compétition au sein des populations ou de peuplements sont des facteurs susceptibles de conditionner les biocénoses et d'influencer leur équilibre ou leur évolution.

Par exemple, la compétition entre les espèces aux besoins semblables constitue un déterminant majeur de la structure des communautés. Elle limite la taille des populations en interactions et amène une diversification des niches et des phénotypes. Ce faisant, elle permet d'éviter l'exclusion compétitive des compétiteurs faibles.

Chapitre 3 : Structure et organisation des biocénoses

3.1 Définition

Une communauté (=Biocénose) est un système biologique formé des populations peuplant un biotope donné à une époque déterminée : bien que formé de bactéries, de champignons, de plantes, d'animaux et d'autres organismes vivants, c'est un groupement relativement uniforme d'aspect et de composition (floristiques et faunistiques) déterminé ; les populations formant une telle communauté biotique vivent ensemble de manière ordonnée et coordonnée. Ainsi, on peut subdiviser la biocénose en unité fonctionnelles : producteurs, consommateurs, décomposeurs.

3.2 Métabolisme

Une biocénose a une organisation définie en niveau trophiques, les plantes vertes y sont les producteurs autotrophes, les animaux les consommateurs que l'on peut les classer en premier ordre, deuxième ordre...etc. Ils se forment ainsi des chaînes où le problème est de savoir qui mange qui ? D'autres organismes (décomposeurs) font que les chaînes se referment en chaînes.

3.3 Expression qualitative des biocénoses (Structure dans le temps et dans l'espace)

La communauté a une structure définie. La distribution des organismes est faite de manière à utiliser au mieux les conditions offertes par le milieu abiotique. Des liens chorologiques (c'est à dire relatif à la répartition des espèces dans l'espace) s'établissent entre les êtres vivants en compétitions pour la lumière, la nourriture, l'eau ou pour la recherche d'une protection contre un facteur défavorable ambiant ou encore contre un ennemi. Cela aboutit à une structuration de la biocénose dans l'espace (strates) et dans le temps (phénophase).

3.3.1 La structure verticale= stratification verticale des phytocénoses

Pour les animaux, la répartition verticale est moins rigide :

- ✓ des animaux fouisseurs dans le sol ;
- ✓ de animaux marcheurs ou rampants sur le sol ;
- ✓ des animaux grimpeurs ;
- ✓ des animaux qui volent..etc.

Elle comporte dans les forêts 4 strates principales : arborée, arbustive, herbacée et muscinale.

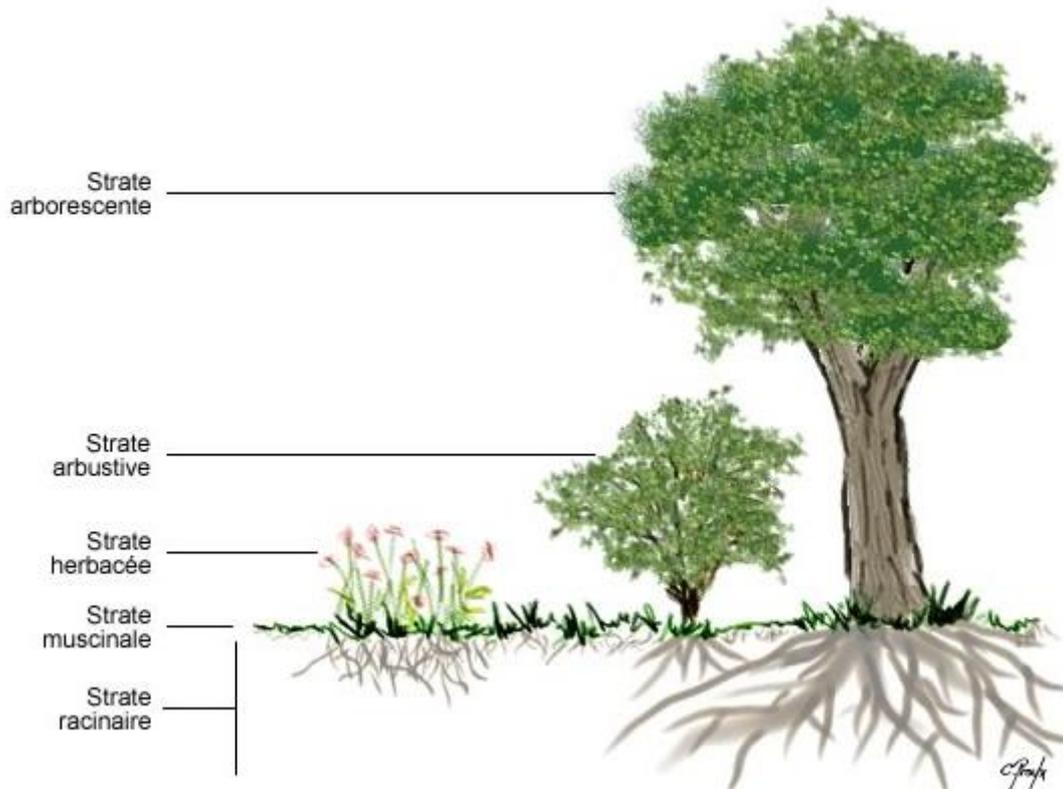


Figure 3.1 : Stratification verticale d'une phytocénose

(<https://lamaisondalzaz.wordpress.com>)

- la strate muscinale (Cryptogamique) : occupe les premiers décimètres de la surface et est composée des mousses, des lichens terrestres, champignons et diverses plantes naines.
- la strate herbacée (5 à 80 cm) : de composition mixte, comporte des plantules d'arbres et les plantes herbacées de sous-bois et est constituée essentiellement de graminées, des plantes à fleurs, de fougères, ainsi que de petits végétaux ligneux sous-arbustifs comme les bruyères, les airelles ou les myrtilles, les rhododendrons, etc.
- la strate arbustive (1 m à 10 m) : constituée par des arbustes et arbrisseaux. Elle se subdivise souvent en strate arbustive stricte (arbuste de 3 à 10 m) et strate sous arbustive constituée par soit les végétaux ligneux qui ne dépassent guère cette hauteur (houx, sorbiers, ifs, buis, etc.), soit les jeunes arbres
- au-delà de 10 mètres de hauteur, les végétaux appartiennent à la strate arborescente ou arborée.

Dans les écosystèmes forestiers tropicaux, cette stratification est parfois plus difficile à mettre en évidence, soit parce que la canopée est trop dense pour admettre une réelle stratification, soit parce que l'abondance des lianes ou de plantes épiphytes fausse la perception de la stratification.

Remarque : la stratification souterraine : elle correspond à l'étagement en profondeur de l'appareil racinaire, des différents individus, constituant un peuplement végétal. Ainsi, elle correspond à l'image inversée de la strate aérienne.

3.3.2 La structure horizontale des phytocénoses

Elle concerne la distribution des individus à la surface du sol au sens strict c'est la densité et l'abondance de la phytocénose qui présente une hétérogénéité d'importance variable.

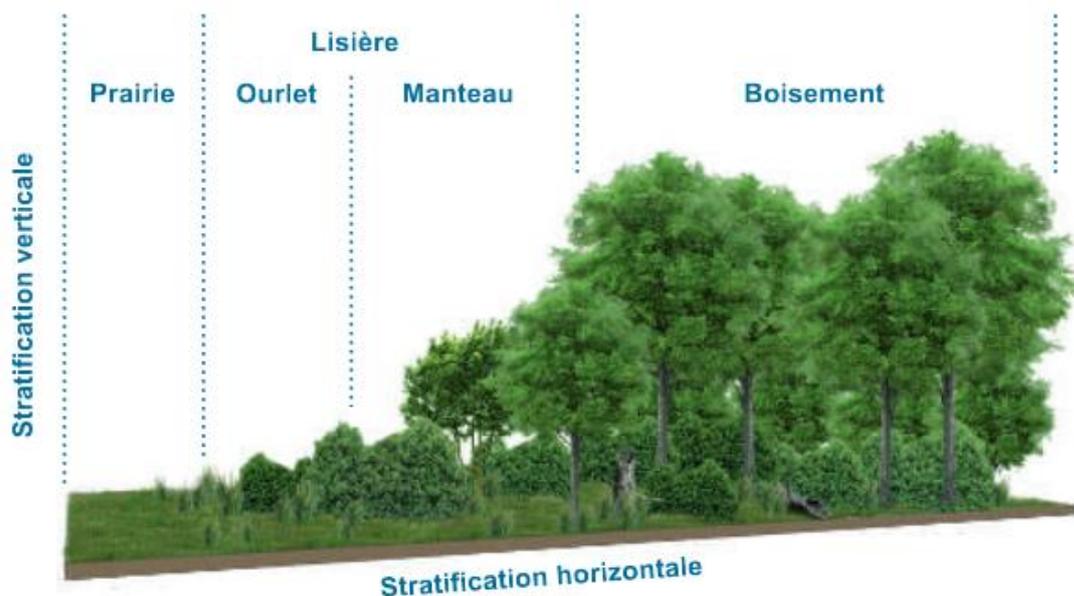


Figure 3.2 : Différentes strates d'une lisière (<https://www.biodiversiteetbati.fr/>)

3.3.3 Le spectre biologique des phytocénoses

Elle caractérise la proportion relative (%) des diverses formes biologiques dont :

- Phanérophytique (ex : forêts pluvieuses) ;
- Hémicryptophytique (ex : forêts tempérées et boréales) ;
- Chaméphytique (ex : toundra) ;
- Thérophytique (ex : déserts).

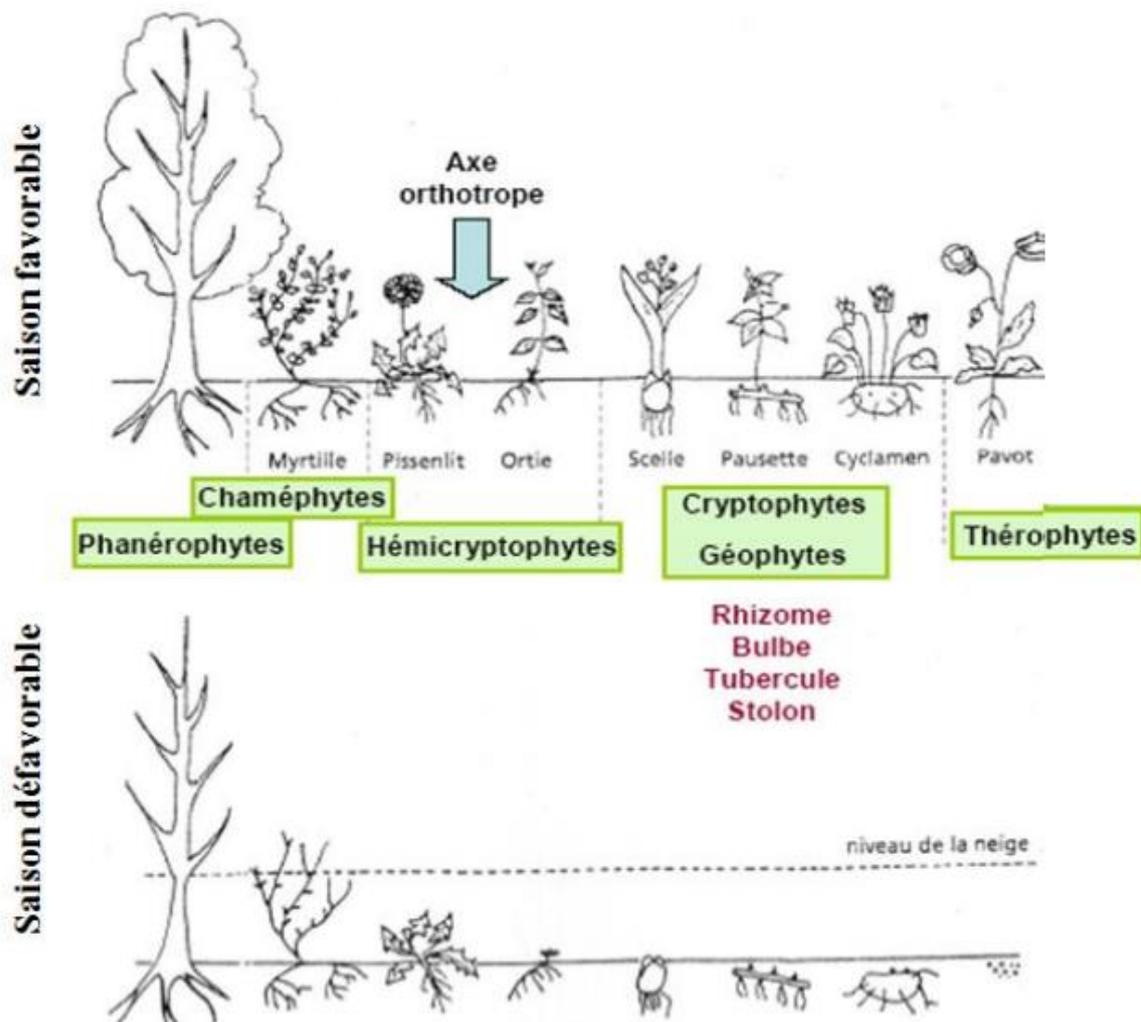


Figure 3.3. Les différents types biologiques selon la classification de Raunkiaer en fonction de l'aspect hivernal.

3.4 Expression quantitative

Pour traduire la composition d'une biocénose, on se contente d'un ensemble de descripteurs qui prennent en compte l'importance numérique des espèces, végétales et animales. En effet en dénombrant (densité) à l'intérieur de chaque peuplement végétal ou animal le nombre total d'espèces qui le composent et les effectifs des populations de chaque espèce. Il est possible de décrire la structure de la biocénose au travers de paramètres tels que : la richesse spécifique, l'abondance, la dominance, diversité, ...etc.

3.4.1 La richesse spécifique

La richesse spécifique est une mesure de la biodiversité de tout ou partie d'un écosystème ; elle désigne le nombre d'espèces présentes dans un milieu donné. C'est une manière d'évaluation du changement de la biodiversité induits par l'extension d'une espèce très compétitive.

3.4.2 Abondance des espèces

C'est un autre paramètre de description de la structure d'un peuplement. La densité, c'est-à-dire le nombre d'individus de chaque espèce présente par unité de surface. L'utilisation des biomasses et ou des poids secs par unité de surface représente une estimation plus précise de l'abondance lorsqu'il s'agit de comparer des peuplements comportant des espèces de tailles très variées.

3.4.3 Dominance

La dominance exprime la surface couverte par l'espèce étudiée. On exprime cette dominance par des chiffres grâce à l'échelle de Braun-Blanquet :

- 5 : espèces couvrant plus de des 3/4 de la surface ;
- 4 : espèces couvrant plus de 3/4 à 1/2 de la surface ;
- 3 : espèces couvrant plus de 1/2 à 1/4 de la surface ;
- 2 : espèce couvrant plus de 1/4 à 1/20 de la surface ;
- 1 : espèce couvrant moins de 1/20 de la surface.

Simpson a proposé comme mesure de la dominance un coefficient dit de concentration de dominance (C) qui a pour expression :

$$C = \sum_{i=1}^S \left[\frac{n_i}{N} \right]^2$$

Ou S est le nombre total d'espèces présentes dans le peuplement, ni le nombre d'individus de l'espèce de rang i et N le nombre total d'individus.

3.4.4 Diversité spécifique et équitabilité

3.4.4.1 Indice de diversité

Plusieurs indices de diversité sont utilisés et permettent de donner une expression quantitative de la structure des communautés étudiées. L'introduction, par les écologistes, de la notion de la diversité spécifique avait pour but de rendre compte de l'inégale répartition des individus entre les espèces. Parmi les indices établis pour l'estimation de cette diversité, l'indice de Shannon (Ish) demeure le plus utilisé, il est doté d'une supériorité incontestable sur les autres tel celui de Margalef (Daget, 1979).

L'indice de Shannon représente une quantité d'informations sur la structure du peuplement d'un échantillon donné et sur la manière de répartition des individus entre différentes espèces. Un indice de diversité faible indique que la communauté est jeune à haut pouvoir de multiplication avec dominance d'une ou d'un petit nombre d'espèces, tandis qu'un indice élevé caractérise des populations mûres présentant une composition spécifique complexe (Iltis, 1974) avec une stabilité du peuplement relativement grande.

L'indice de Shannon-Wiener est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (Gray et *al.*, 1992). L'indice de diversité de Shannon (Ish) relatif à un échantillon correspond à la valeur en bits calculée à partir de la formule suivante :

$$\mathbf{Ish} = -\sum_{i=1}^{\mathbf{S}} (\mathbf{Pa} * \log_2 (\mathbf{Pa}))$$

Où **S** : représente la richesse spécifique d'un échantillon donné ;

Pa : désigne le rapport entre l'effectif de l'espèce **a** dans l'échantillon et l'effectif total de cet échantillon.

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura une valeur de coefficient moindre par rapport à une communauté dont toutes les espèces ont des abondances comparables.

La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce qui domine très largement toutes les autres) à $\log S$ (S = nombre total d'espèces) lorsque toutes les espèces ont une même abondance.

3.4.4.2 Indice d'équitabilité

Cet indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces) (Blondel, 1979). Appelée aussi régularité, l'équitabilité (E) est définie par le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale.

$$\mathbf{E = Ish/ \log_2 (S)}$$

Où Ish est l'indice de diversité de Shannon, S est la richesse spécifique et $\log_2 (S)$ est la valeur maximale que prend Ish lorsque toutes les espèces se présentent avec la même abondance.

Dans ce cas dernier, l'équitabilité est forte en tendant vers 1, elle est minimale par contre, quand une ou quelques espèces seulement sont nettement dominantes. Une valeur d'équitabilité de 0.8 traduit un peuplement équilibré (Daget, 1979).

Chapitre 4 : Interaction au sein de la composante biotique de la biocénose

4.1 Définition

La compétition pour les ressources et pour l'espace vital (nourriture, territoire, abri...) est à la fois intra et interspécifique ; elle est d'autant plus sévère que les exigences écologiques sont voisines, que la ressource est disponible en quantité limitée «pénurie» ou que la densité est élevée. En peuplement végétal serré, la compétition se produit surtout pour la lumière ; en milieu sec, pour l'eau et si les racines de diverses espèces sont entremêlées, elles sont directement en concurrence. Souvent, la compétition prend l'aspect d'une lutte pour l'existence : les espèces les mieux adaptées aux conditions de la station éliminent les moins adaptées ; parmi, ces dernières, celles à croissance rapide, éliminent les autres. La compétition est d'autant plus sévère que les individus sont morphologiquement identiques et donc ont un même pouvoir d'extension. De manière générale, on peut dire que sont favorisées :

- l'espèce qui trouvera localement des conditions proches de son optimum écologique.
- celle à longs rhizomes, à stolons, à multiplication végétative efficace.
- Celle à croissance rapide

Par ailleurs, parmi, les solutions réduisant les effets de la compétition pour l'eau et les sels minéraux, il y a la stratification des systèmes racinaires permettant l'exploitation des différents horizons du sol alors que la stratification aérienne, elle, répond plutôt à la lumière.

Dans un écosystème coexistent plusieurs espèces entre lesquelles ils existent de nombreuses interactions. Les interactions les plus importantes entre les populations d'espèces sont :

- la compétition ;
- la prédation ;
- le mutualisme.

D'autres interactions existent comme le commensalisme, la symbiose et le parasitisme.

4.2 Interactions entre êtres vivants

4.2.1 La compétition

La compétition existe lorsque :

- des individus de la même espèce ou d'espèces différentes, recherchent et exploitent la même ressource présente en quantité limitée
- les ressources ne sont pas limitées mais que les organismes en concurrence se nuisent (un abri, un site de nidification...etc)

Deux types de compétition existent :

- La compétition intraspécifique (individus appartenant à la même espèce) peut se manifester pour
 - les ressources alimentaires,
 - la reproduction,
 - le territoire...
- La compétition interspécifique (individus appartenant à des espèces différentes) est indissociable de celle de niche écologique.

Deux espèces exploitant la même niche écologique seront forcément en compétition ce qui aboutit, au bout d'une période plus ou moins longue, à l'exclusion d'une des deux espèces.

Exemple :

La cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) (espèce locale) et la tortue de Floride (*Trachemys scripta*) (espèce exotique) entrent en compétition sur des zones dites de "bain de soleil". La température corporelle des tortues, comme tous les reptiles, varie avec celle de leur milieu extérieur.

Leur physiologie (reproduction, digestion..) et leur écologie (déplacements) vont dépendre de la température extérieure. Ils ont besoin de s'exposer au soleil afin d'emmagasiner de la chaleur. Il pourrait donc y avoir compétition entre les deux espèces lorsque ces zones sont en quantité limitée, au détriment, probablement, des Cistudes d'Europe.

4.2.2 La prédation

La prédation est la relation la plus manifeste des relations entre les populations. Généralement, le prédateur et la proie appartiennent à deux espèces différentes, bien que le cannibalisme s'observe chez de nombreux animaux.

On appelle prédateur, au sens large, tout organisme libre qui se nourrit aux dépens d'un autre. Cette définition permet de considérer les animaux herbivores comme des prédateurs de végétaux.

De même, le parasitisme, peut être considéré comme un cas particulier de la prédation. Le parasite se nourrit et se développe au dépend d'une espèce. Mais contrairement aux prédateurs il n'a pas toujours pour finalité de tuer son hôte. Les parasites peuvent se développer :

- à la surface de leur hôte, on parle alors d'ectoparasite
- à l'intérieur de leur hôte, on parle alors d'endoparasite

Dans les biocénoses, le facteur initial du transfert de l'énergie et de matière est la prédation.

Elle constitue un processus écologique essentiel qui contrôle les populations.

Les effectifs de proies conditionnent le taux de croissance de leurs prédateurs et inversement.

4.2.3 Le mutualisme

Le mutualisme est une interaction biologique dans laquelle les deux partenaires trouvent un avantage, celui-ci pouvant être la protection, l'apport de nutriments, la pollinisation, la dispersion, etc.

Exemple : de nombreux protozoaires ou bactéries aident toutes sortes d'animaux à digérer leur nourriture, en échange du gîte. C'est le cas des flagellés du tube digestif des termites, qui assurent la digestion de la cellulose.

4.2.4 La symbiose

La symbiose est une interaction biologique dans laquelle les deux partenaires ne peuvent pas vivre l'un sans l'autre.

Par exemple : les lichens sont une association entre une algue photosynthétique et un champignon : le champignon fournit à l'algue un support, les sels minéraux et une réserve

d'humidité. En échange de quoi, l'algue fournit au champignon les nutriments issus de la photosynthèse.

4.2.5 Le commensalisme

Le commensalisme est une interaction biologique à bénéfice non réciproque où l'un des partenaires n'a aucune influence sur l'autre.

Par exemple, le héron garde bœufs et le bétail constitue un exemple de commensalisme véritable : les hérons accompagnent le bétail qui fait lever les insectes et les autres animaux de la végétation. Les oiseaux augmentent alors leur apport alimentaire.

4.3 Niche écologique

Les organismes d'une espèce donnée peuvent maintenir des populations viables seulement dans un certain registre de conditions, pour des ressources particulières, dans un environnement donné et pendant des périodes particulières. Le recoupement des facteurs décrit la niche, qui est la position que l'organisme occupe dans son environnement comprenant les conditions dans lesquelles il est trouvé, les ressources qu'il utilise et le temps qu'il y passe.

Une espèce.... Une niche écologique...Spécialisation alimentaire

Exemple : Les crapauds communs occupent un environnement aquatique (s'alimentent d'algues et de détritus) avant de se métamorphoser en adultes ou ils deviennent terrestres (s'alimentent d'insectes).

4.4 Notion d'habitat

Contrairement à la niche, l'habitat d'un organisme est l'environnement physique dans lequel un organisme est trouvé. Les habitats contiennent beaucoup de niches et maintiennent de nombreuses espèces différentes.

Exemple : Une forêt comporte un vaste nombre de niches pour un choix des oiseaux (Sitelles), de plantes (anémones de bois, mousse, lichens).

Chapitre 5 : Evolution des Biocénoses

5.1 Notion de succession

La succession écologique est le processus naturel d'évolution et développement d'un écosystème en une succession de stades : de la recolonisation initiale à un stade théorique dite climacique. Suivant le type de perturbation écologique ayant entraîné une modification soit par défrichage, la coupe, l'incendie ou la dent des animaux domestiques.

La succession écologique est donc l'ensemble théorique des étapes décrivant dans le temps et l'espace un cycle évolutif théorique et complet au sein d'un espace écologique donné. Conséquence évolutive de la compétition, la succession s'apprécie du point de vue de l'écologie du milieu et donc, de manière systémique, en termes d'espèce mais aussi de structure d'occupation de l'espace. Ce cycle correspond aussi à une succession d'habitats et de communautés vivantes (biocénose).

On parle de **succession** pour désigner des enchaînements temporels, linéaires ou cycliques, dans les écosystèmes. Ces enchaînements concernent d'abord les communautés vivantes lesquelles représentent les indicateurs les plus visibles des changements. Mais ces enchaînements concernent aussi les facteurs physiques et chimiques du biotope dont les changements peuvent résulter des modifications des communautés, à moins que ce ne soient les changements des paramètres physicochimiques qui entraînent les modifications dans les biocénoses.

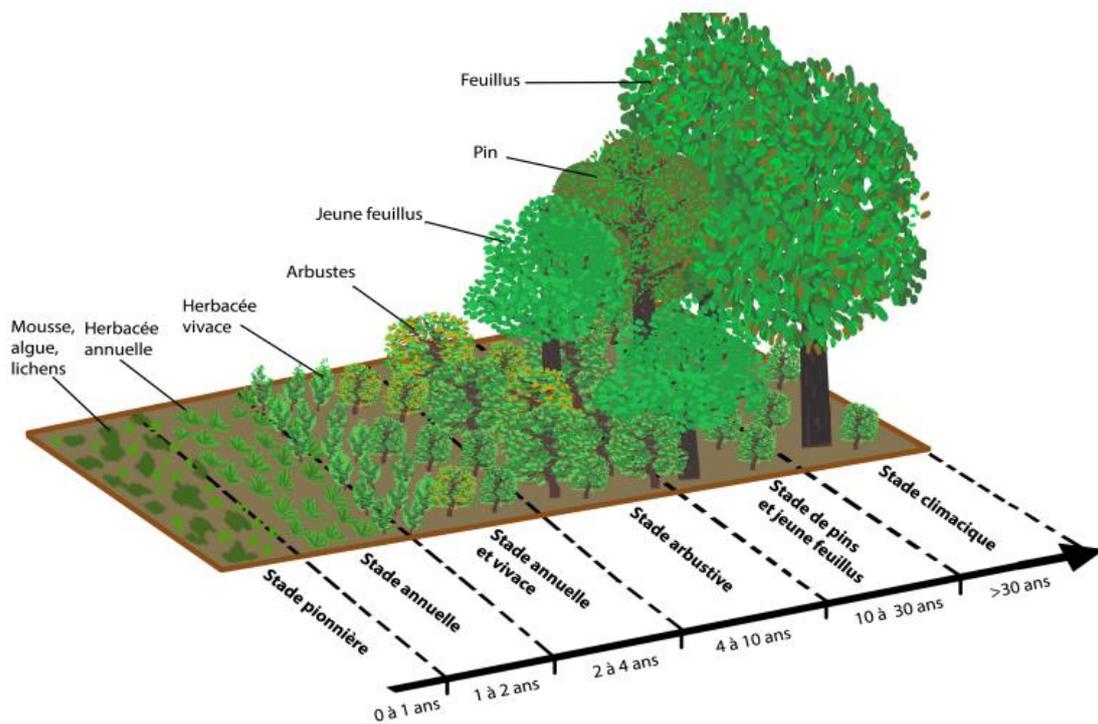


Figure 5.1 . Schématisation théorique de la succession écologique au cours du temps. Inspiré de (Dupuis-Tate et Fischesser, 2017)

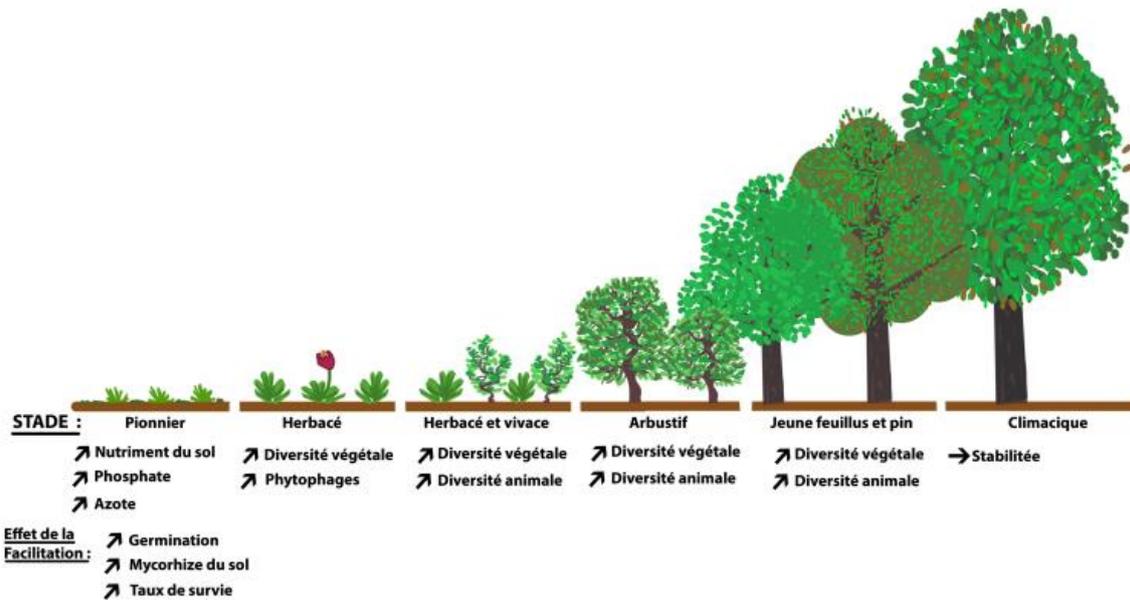


Figure 5.2. Récapitulatif des différents effets généraux et de la facilitation sur les stades de succession écologique théorique, inspiré de (Chapin et coll, 1994).

5.1.1 Succession autogène

On parle de succession autogène lorsque la succession linéaire ou cyclique est induite spontanément par la communauté elle-même et non pas par une variation des conditions du biotope. Comme exemple de succession autogène, on peut citer celui des communautés qui voient se succéder différents stades, par exemple, depuis la pelouse jusqu'à la forêt climacique ou bien celui d'un tronc mort sur lequel des synusies animales vont se succéder

5.1.2 Succession allogène

On parle de succession allogène pour désigner des successions provoquées par des modifications graduelles ou brutales des conditions stationnelles. Par exemple, les stades qui se sont succédé après les glaciations sont des successions allogènes. La modification d'une forêt climacique en forêt cultivée est aussi une succession allogène. Les successions de tapis herbacés sous un couvert forestier à mesure que celui-ci se densifie sont encore des successions allogènes. On parle de stade pour désigner une étape dans une succession. On parlera de stades pionniers pour désigner des stades instables et transitoires. On parlera de stades climaciques ou paraclimaciques pour désigner des stades stables (climax) ou bien des stades stabilisés par une contrainte extérieure (paraclimax) .

5.1.3 Succession cyclique

Les successions cycliques sont relativement rares. Dans une telle succession, quelle que soit la perturbation il y a retour au climax. Dans une succession cyclique, on parlera de régénération pour désigner la phase pendant laquelle la succession passe du stade pionnier au stade terminal. Dans une succession cyclique, on observe toujours une phase finale, climacique ou paraclimacique, jusqu'à ce qu'elle soit détruite par une perturbation qui fait passer l'écosystème du stade terminal au stade pionnier. .

Un très bon exemple est donné par les landes mésophiles bretonnes quand, dans les stades vieillissants, l'accumulation de matières sèches non dégradée soit à cause d'un échauffement dû à la fermentation, soit pour une cause extérieure (incendie volontaire ou accidentel), prend feu et est totalement détruite. La lande va régénérer soit à partir des graines des plantes pyrophiles dont la dormance est levée par le passage du feu, soit par rejet de souche.

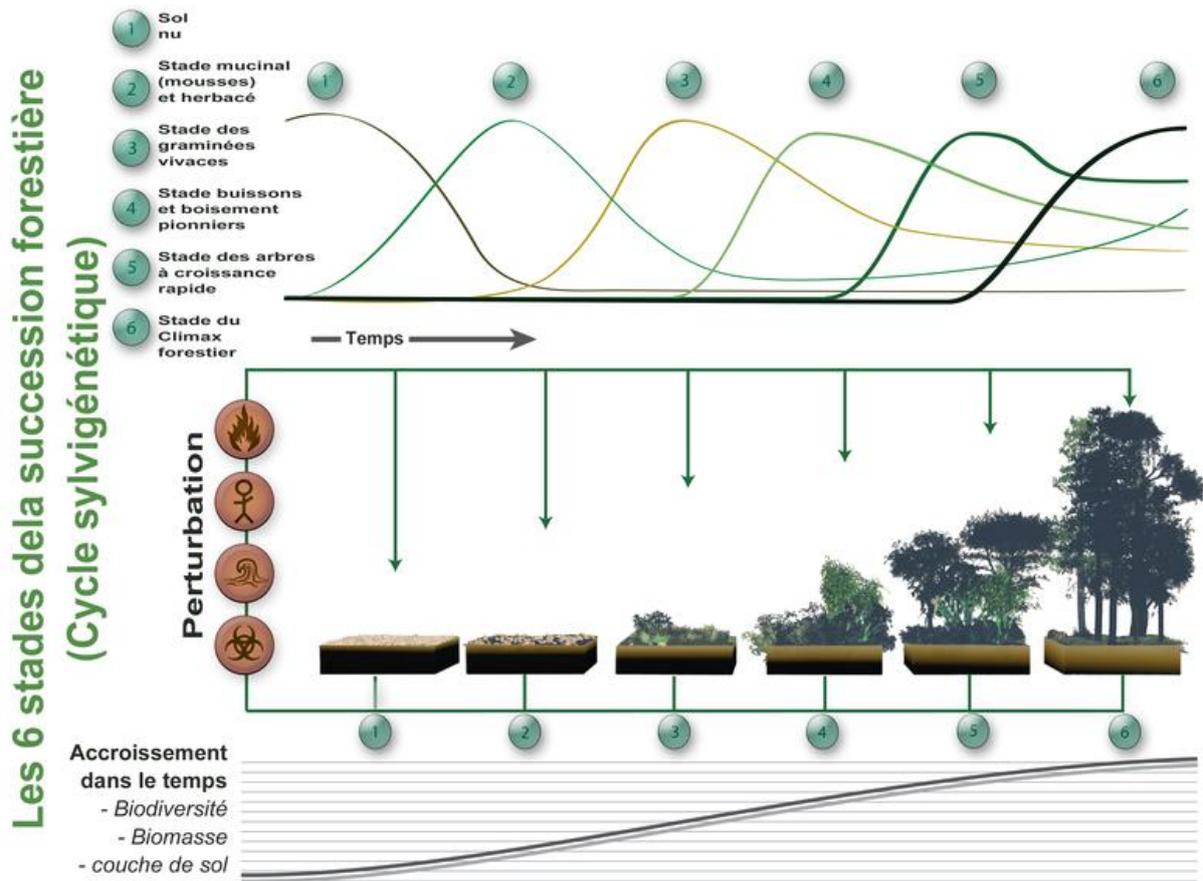


Figure 5.3. Exemple d'une succession cyclique dans une forêt (<https://fr.wikipedia.org>)

5.1.4 Succession primaire

On parle de succession primaire progressive lorsque les biocénoses se suivent jusqu'à constituer le climax. On parle de succession primaire régressive lorsque des perturbations font passer du climax vers des stades moins élaborés, éventuellement jusqu'au stade pionnier.

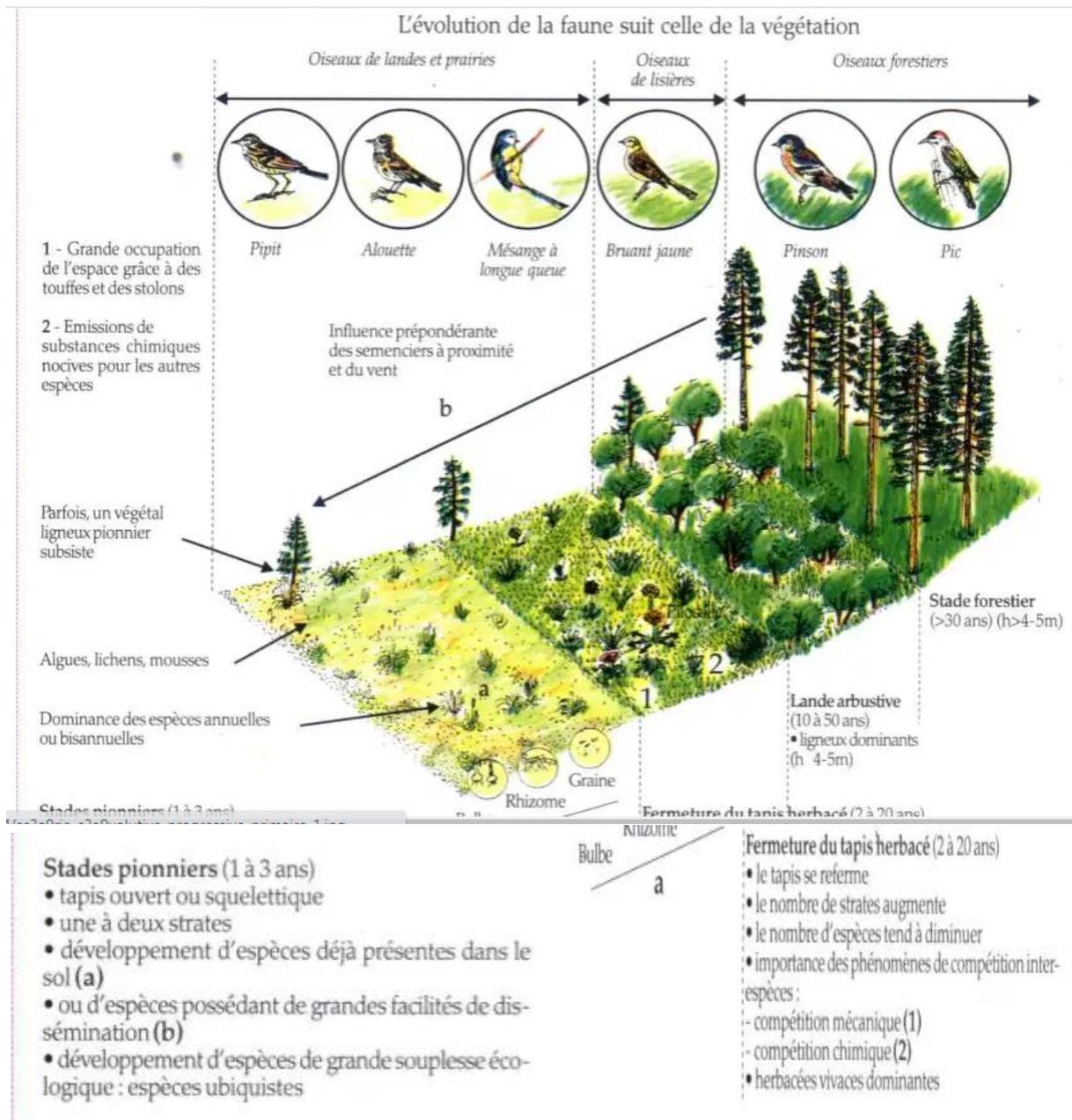


Figure 5.4. Exemple de succession progressive primaire
(<https://lamaisondalzaz.wordpress.com>)

5.1.5 Succession secondaire

On parle de successions secondaires progressives ou régressives lorsque le stade ultime des successions correspondra obligatoirement un paraclimax.

Le paraclimax : désigne une formation végétale constituée d'espèces n'appartenant pas au milieu, après modification du climax par l'homme.

Le plus souvent, le stade final paraclimacique est rendu incontournable du fait de modifications irréversibles des conditions pédologiques du milieu.

L'exemple des garrigues ou des maquis au lieu et place de la forêt primaire méditerranéenne que l'on n'a plus aucune chance d'observer en est un très bon exemple mais avec les modifications climatiques que l'on commence à observer, il ne sera pas étonnant que des paraclimax se mettent en place en de très nombreux endroits dans un délai qui pourrait être bien plus court qu'on le suppose.

Dans les successions, le climax et le paraclimax désignent les stades matures.

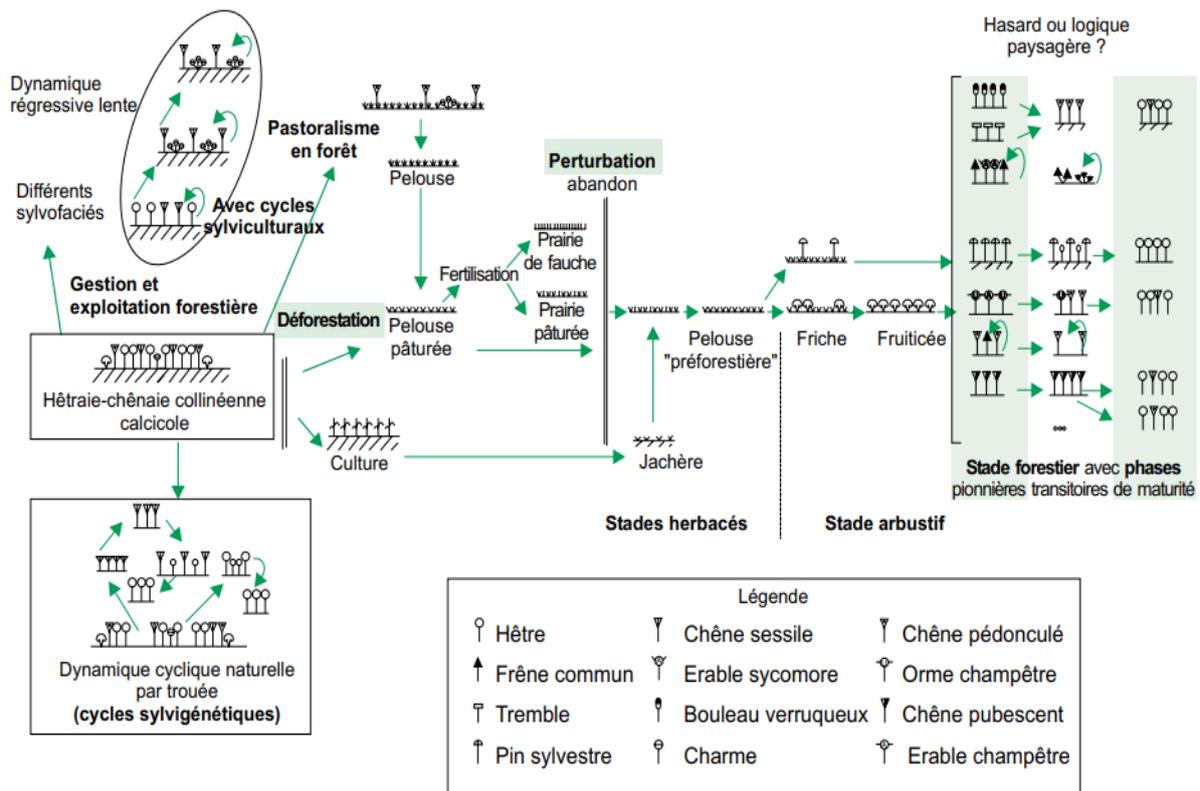


Figure 5.5. Exemple de succession secondaire progressive (dynamique linéaire externe) (Jean-Claude Rameau, 1999).



Figure 5.6. Dans le parc naturel des Vosges du nord, la végétation a atteint son état climacique de forêt mixte. (<https://www.futura-sciences.com>)

5.1.6 Succession anthropogénique

On parle de succession anthropogénique pour désigner les étapes de dégradation observées dans un écosystème du fait des perturbations que l'homme apporte, surtout au terme d'un type d'exploitation qu'il exerce. La plupart du temps, les successions anthropogéniques sont de nature régressive. Généralement aussi, la régénération, si elle est rendue possible ou souhaitable, ne reconduit que très rarement au climax, mais plus souvent à un paraclimax plus ou moins fortement dégradé. Les processus de désertification en sont le pire exemple possible. Malheureusement, les processus de désertification semblent partout s'accélérer.

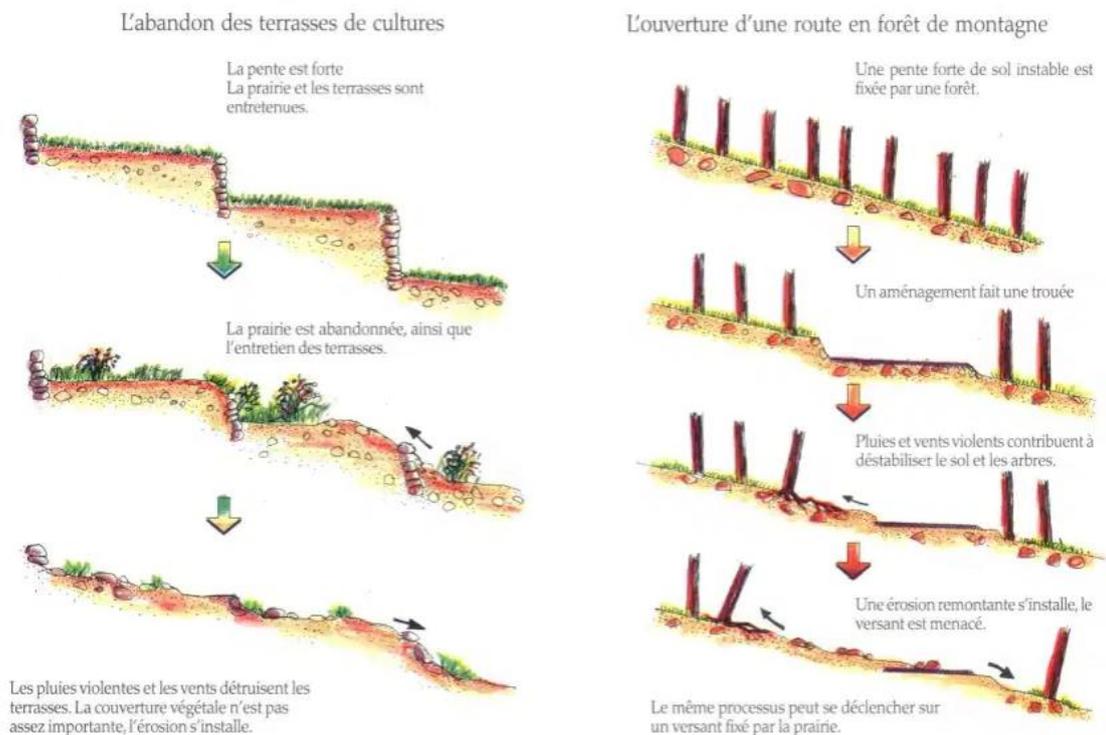


Figure 5.7. Exemple de succession régressive (<https://lamaisondalzaz.wordpress.com>)

5.2 Notion du climax

En écologie, le climax est un état théorique dans lequel un sol ou une communauté végétale a atteint un état d'équilibre stable et durable avec les facteurs édaphiques et climatiques du milieu. Toute perturbation du milieu, naturelle ou anthropique, détruit cet état climacique. En l'absence de nouvelle perturbation, le sol et la communauté végétale évoluent de nouveau vers leur climax. Le climax est un état d'équilibre vers lequel tend un écosystème ; la capacité de ce dernier à résister aux perturbations est appelée homéostasie.

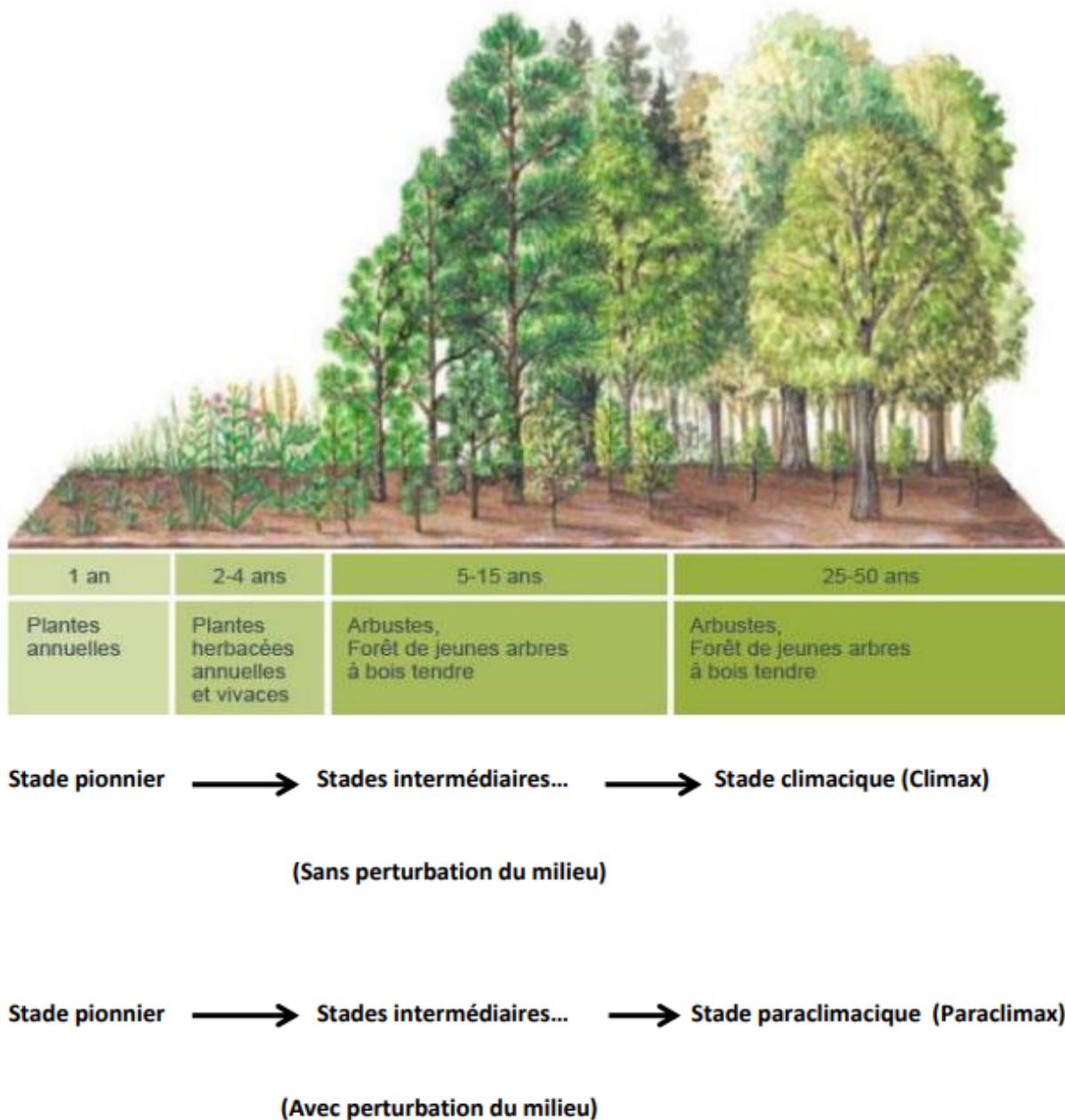


Figure 5.8. Exemple de succession secondaire : reprise de la dynamique naturelle mise à nu pour la culture (<http://www.biodiversite-positive.fr>)

5.3 Notion d'écotone

Écotone = zone biogéographique = bordure = frontière. Un écotone est une zone de transition écologique entre plusieurs écosystèmes.

Par exemple, une zone estuarienne est un écotone entre l'écosystème marin, l'écosystème fluvial et l'écosystème terrestre.

La variation progressive ou irrégulière des paramètres hydrologiques, pédologiques, ou encore thermiques à la frontière des écosystèmes concernés engendre une mosaïque d'habitats avec une interpénétration des faunes et des flores de ces écosystèmes. Les écotones abritent donc à la fois des espèces et des communautés des différents milieux qui les bordent, mais aussi des communautés particulières qui leur sont propres. Ces dernières sont en général distribuées sur les zones de transitions physico-chimiques ou microclimatiques (gradients de salinité, d'humidité...). Ces zones sont appelées écoclines. Les écotones sont donc des milieux très riches en biodiversité et, par conséquent, très vulnérables.

Généralement, les espèces de faune et de flore des deux communautés vivent dans chaque écotone, mais on peut également trouver des organismes privés, étrangers à ces deux communautés. Parfois, la rupture entre deux communautés constitue une limite bien définie, appelée bordure ou frontière ; dans d'autres cas, il existe une zone intermédiaire avec un changement progressif d'un écosystème à l'autre.

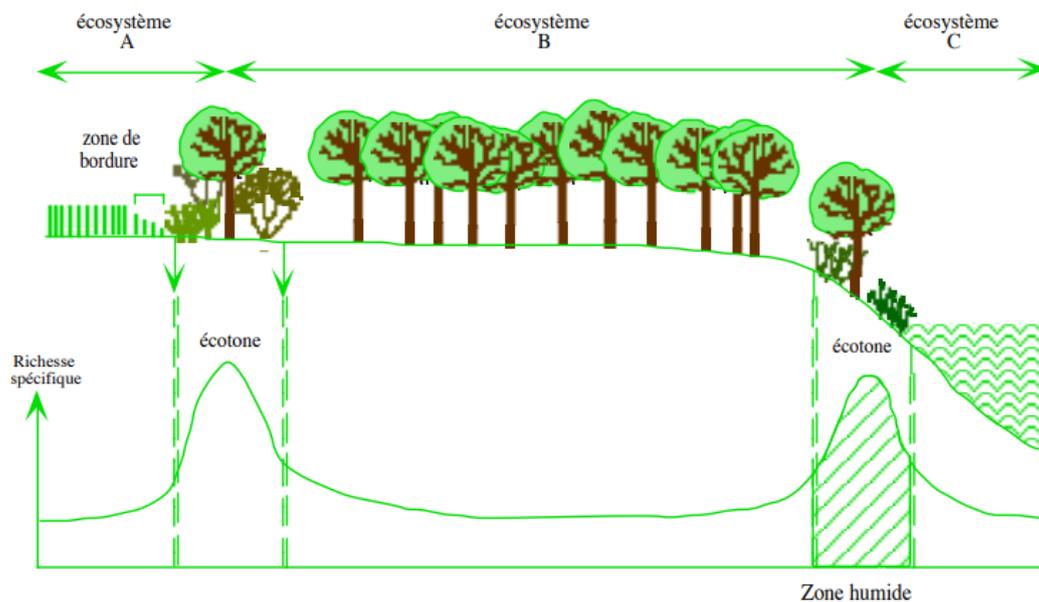


Figure 5.9. Schématisation de l'écotone et de sa biodiversité (Amoros et *al.*, 1993).

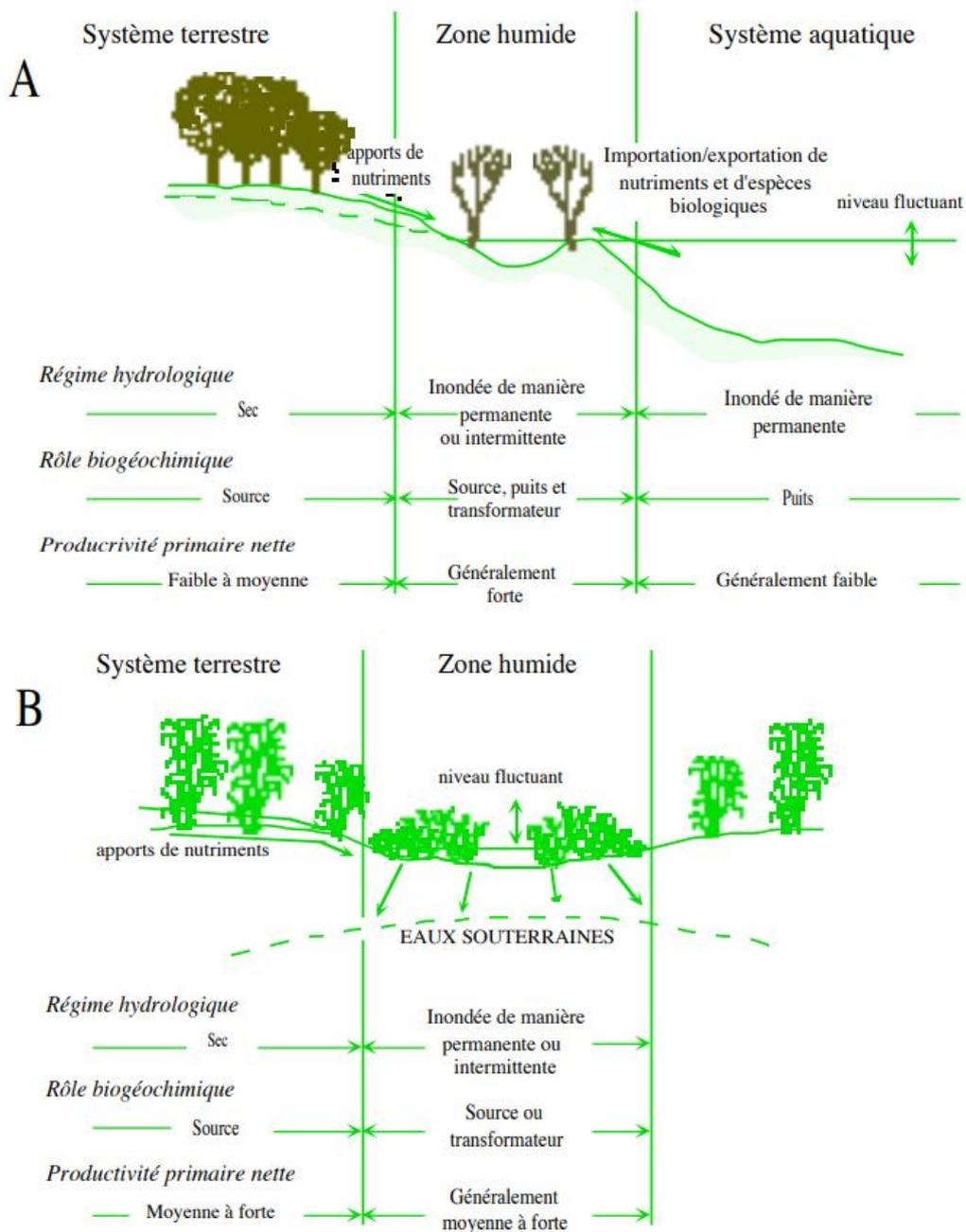


Figure 5.10. Les zones humides peuvent être : une partie d'un continuum entre les systèmes terrestres et les systèmes aquatiques en eau profonde (A) ou, isolées de toute connexion avec des étendues d'eau libre (B) d'après Mitsch et GosselinK, 1993).

5.4 Notion d'écocline

Un **écocline** est une variation de l'environnement physicochimique, dépendante d'un ou deux facteurs physico-chimiques déterminants comme condition de vie (et donc de présence/absence) de certaines espèces ; il peut s'agir de thermocline, chemocline (gradient chimique), halocline (gradient de salinité) ou Pycnocline (variations de densité de l'eau, induite par la température et salinité).

Chapitre 6 : Les principales biocénoses continentales de la biosphère

6.1 Introduction

Pour comprendre la forme des aires géographiques des espèces végétales et animales, il ne suffit pas d'examiner la répartition des eaux et des continents, ni de situer les frontières des climats, il faut aussi se rapporter à l'histoire géologique de la planète. La stratification géologique conserve l'histoire de l'apparition et de la disparition des grands groupes de plantes et d'animaux, et nous donne parfois un aperçu de la dominance de l'un ou de l'autre dans le paysage. De nombreuses raisons justifient l'étude de la distribution des organismes vivants. En effet, la répartition actuelle de la flore ou de la faune terrestre permet de s'interroger sur leur origine, les éléments communs entre des territoires parfois séparés par des espaces océaniques ou des barrières montagneuses. Chaque territoire possède des espèces qui lui sont particulières, d'où elles sont originaires. Des zones géographiques disposent d'un plus grand nombre d'espèces que d'autres (exemple : milieux tropicaux et milieux polaires). La répartition de la richesse en espèces peut être un élément de caractérisation des territoires (Bougaham, 2017).

6.2 Rappels et définitions

Les causes de la distribution actuelle des organismes, résulte de l'influence, tant passé que présente, de facteurs internes, propres aux organismes, et externes, liés à leur environnement.

6.2.1 Facteurs internes

L'extension des biocénoses dépend initialement de ses potentialités intrinsèques, liées à sa condition génétique telles que ses capacités de propagation (aptitude à produire de nouveaux individus), leur amplitude écologique (mutation, hybridation) ses aptitudes évolutives.

6.2.2. Facteurs externes

- a. **Facteurs abiotiques** (facteurs géographique, facteurs climatiques, facteurs géologique ou édaphique ;
- b. **Facteurs biotiques** comme l'apparition de parasites ou prédateurs, la compétition ou encore l'intervention humaine qui peut être négative (casse, pêche, déforestation,... etc) ou positive (culture, élevage ... etc).

6.3 Définition du biome

Un biome est communauté vivante qui se rencontre sur des vastes surfaces en milieu continental. Elle correspond donc à la biocénose propre à des macrosystèmes. La notion de biome est utilisée essentiellement en écologie terrestre. Les biomes terrestres sont donc des écosystèmes terrestres caractéristiques de grandes zones biogéographiques qui sont soumises à un climat particulier et caractérisées par une biocénose ou communauté climacique caractéristiques. La répartition des grandes formations végétales ou biomes est sous le contrôle du macroclimat car les autres facteurs interviennent rarement à cette échelle. Les biomes ont donc fréquemment une distribution zonale en bandes plus ou moins parallèles à l'équateur. Cette distribution zonale est mieux marquée dans l'hémisphère nord que dans l'hémisphère sud ou les terres émergées ont une superficie plus réduite. Dans la majorité des cas la végétation fournit les traits essentiels de la physionomie des biomes, les animaux ayant une biomasse bien moins importante. C'est la raison pour laquelle les grandes lignes de la division du globe en biomes sont surtout établies à partir de l'étude de la végétation (Fig.6.1).

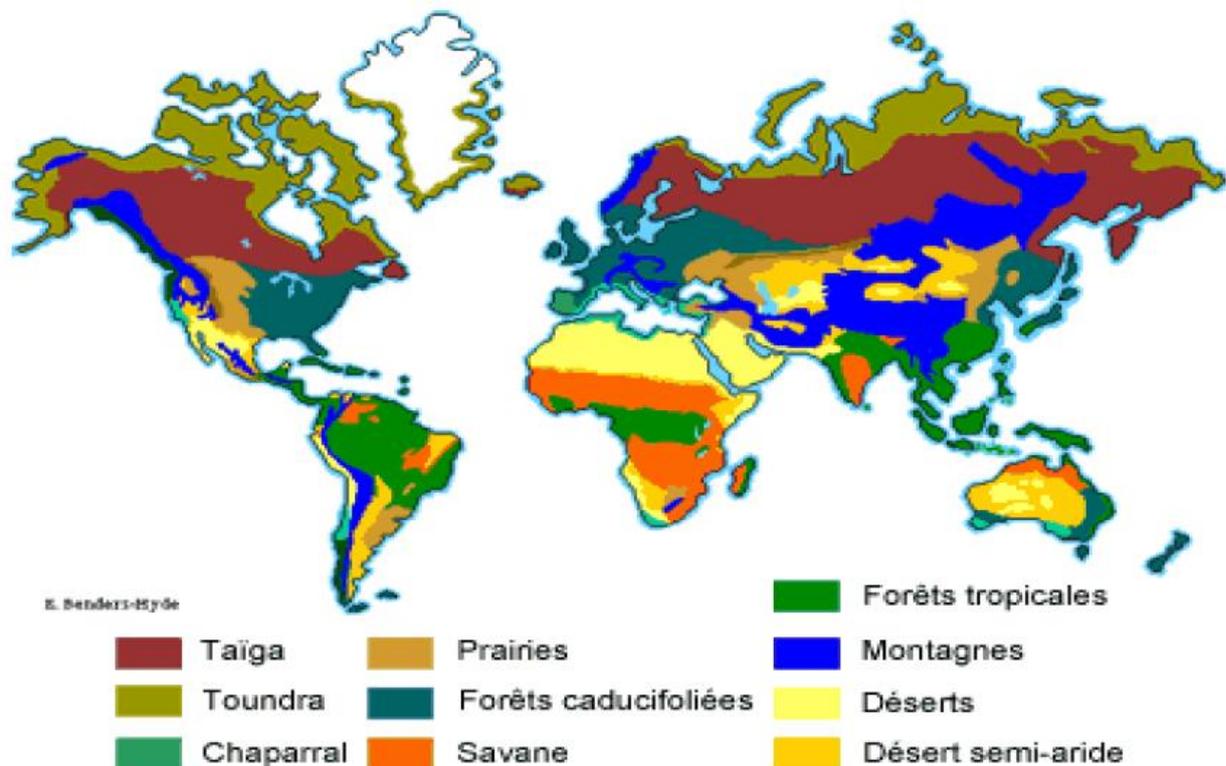


Figure 6.1. Les principales formations végétales du globe d'après E. Benders-Hyde (<https://www.notre-planete.info/terre/biomes/>)

6.4 Caractérisation des grands biomes

Les biomes terrestres sont d'abord caractérisés par leur climat, en particulier par la température et la quantité de précipitation. Le climat détermine ensuite les espèces végétales pouvant coloniser un milieu, influençant du même coup les espèces animales pouvant habiter ce même milieu.

Sur les continents, on distingue de nombreux biomes terrestres. Leurs quantités peuvent varier selon les caractéristiques que l'on considère. Il est toutefois reconnu que les biomes terrestres peuvent être regroupés en sept groupes généraux :

- la toundra ;
- la taïga ;
- la forêt tempérée ;
- la prairie tempérée ;
- la savane tropicale ;
- le désert ;
- la forêt tropicale.

Il existe deux types de biomes continentaux (Figure 6.2)

- - **Les biomes forestiers** : caractérisés par la dominance des arbres et un climat plus ou moins stable ;
- - **Les biomes non forestiers** : caractérisés par la dominance de la strate herbacée ou presque des fois absente.

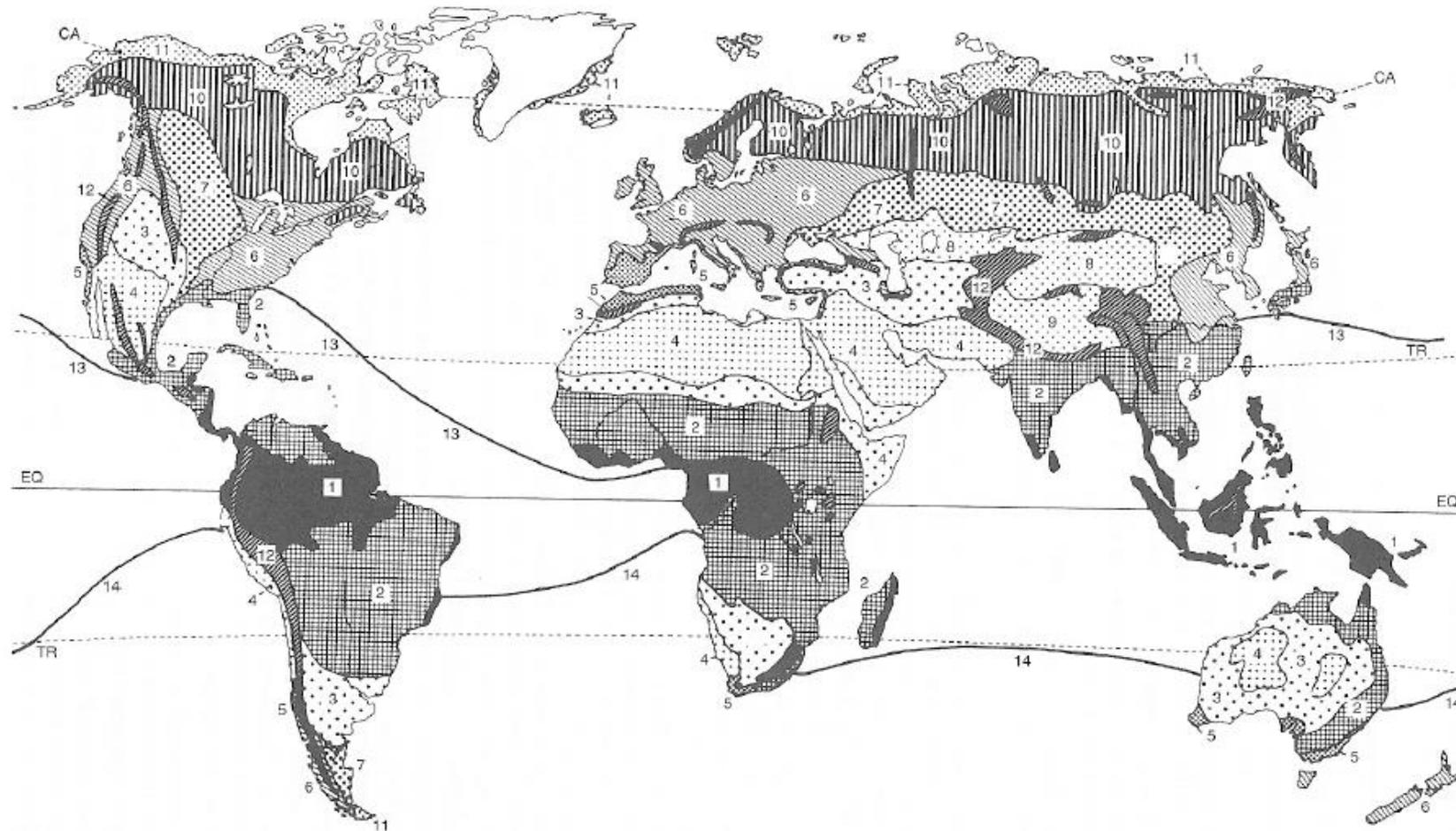


Figure 6.2. Répartition des grands biomes. 1) Forêt pluviale équatoriale. 2) Forêts tropicales et savanes humides. 3) Savanes sèches et steppes. 4) Déserts tropicaux. 5) Végétation méditerranéenne. 6) Forêts caducifoliées (phytocoenoses néomérales). 7) Steppes continentales froides. 8) Déserts froids centre-asiatiques. 9) Déserts d'altitude. 10) Forêt boréale de conifères (taïga). 11) Toundra. 12) Écosystèmes montagnards (zonation complexe). 13) Limite nord et 14) Limite sud des récifs coralliens (Ozenda, 2000).

6.4.1 Influence des facteurs écologiques sur la zonation des biocénoses

6.4.1.1 Zonalité des biogéocénoses et climats

A) La température

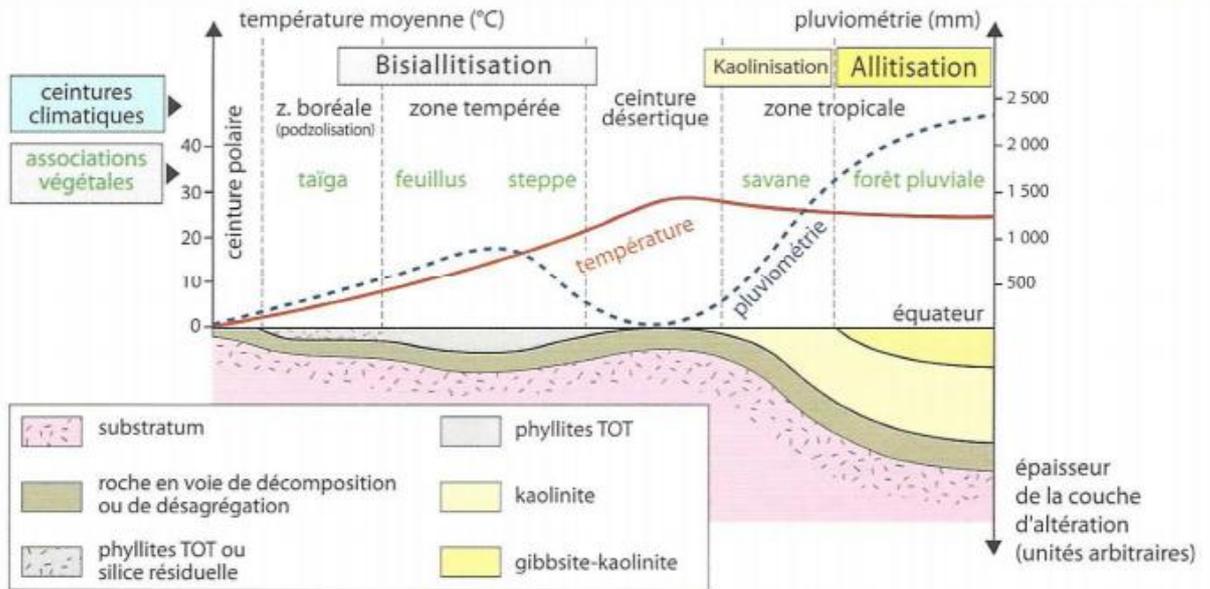
Les zones de végétation : à l'échelle du Globe, c'est principalement aux variations du facteur thermique en latitude que l'on doit la distribution des grandes biocénoses en zones plus ou moins parallèles à l'équateur (évidemment elles correspondent à une modification de l'ensemble des facteurs climatiques). Ainsi, dans l'hémisphère Nord, suivant un méridien passant par l'Europe Centrale et l'Afrique par exemple, se succèdent du Nord au Sud les grands types de formations suivants :

1. Toundra arctique ;
2. Taïga subarctique ;
3. Forêt tempérée mélangée (feuillus et Conifères) ;
4. Forêt tempérée caducifoliée ;
5. Forêt sempervirente méditerranéenne ;
6. Steppe ;
7. Désert ;
8. Forêt sèche tropicale et savane ;
9. Forêt semi-caducifoliée tropicale ;
10. Forêt sempervirente équatoriale.

En effet, les étages de végétation (Ozenda, 1975) expriment bien la zonation altitudinale de la végétation en relation avec les niveaux bioclimatiques. Ceci est modifié en fonction de la situation continentale ou au contraire océanique. Les êtres vivants peuvent réagir différemment aux conditions thermiques défavorables par des migrations ou par enfouissement comme les invertébrés et les reptiles. Mais ils peuvent également développer des adaptations particulières aux températures extrêmes.

Ainsi, pour lutter contre le froid, des mécanismes variés sont adoptés par les biocénoses :

- développement du pelage ou du plumage ;
- la constitution de couches de graisse ;
- la protection des bourgeons végétatifs par des écailles ou de poils ;
- la baisse des besoins énergétiques par le passage en vie ralentie pour certains végétaux, les invertébrés et les vertébrés (poikilothermes) ou par hibernation de certains mammifères ;
- l'acquisition de l'homéothermes ou encore la synthèse d'électrolytes dans le milieu interne qui entraîne une baisse du point de congélation (poisson d'Alaska).



Zonation des altérations (type et intensité) en fonction de la température et de la pluviométrie

Figure 6.3. Contrôle climatique de l'épaisseur et de la composition minérale des sols (D'après Lagabrielle et *al.*, 2013). *Phyllites*, *kaolinite*, *gibbsite* = minéraux argileux | Substratum : désigne ici la roche-mère

B) Les précipitations

Le volume des précipitations conditionne en grande partie la distribution des biomes. Il existe une nette concordance entre la pluviosité générale et la productivité des grandes biocénoses. A l'échelle générale, le gradient des précipitations décroissant des régions maritimes vers l'intérieur des grandes masses continentales provoque le relai progressif de la forêt, par la savane, la prairie, les semi déserts « les steppes » et les déserts (Nassiri, 2018). Les précipitations et la température déterminent les types de végétation dans les milieux.

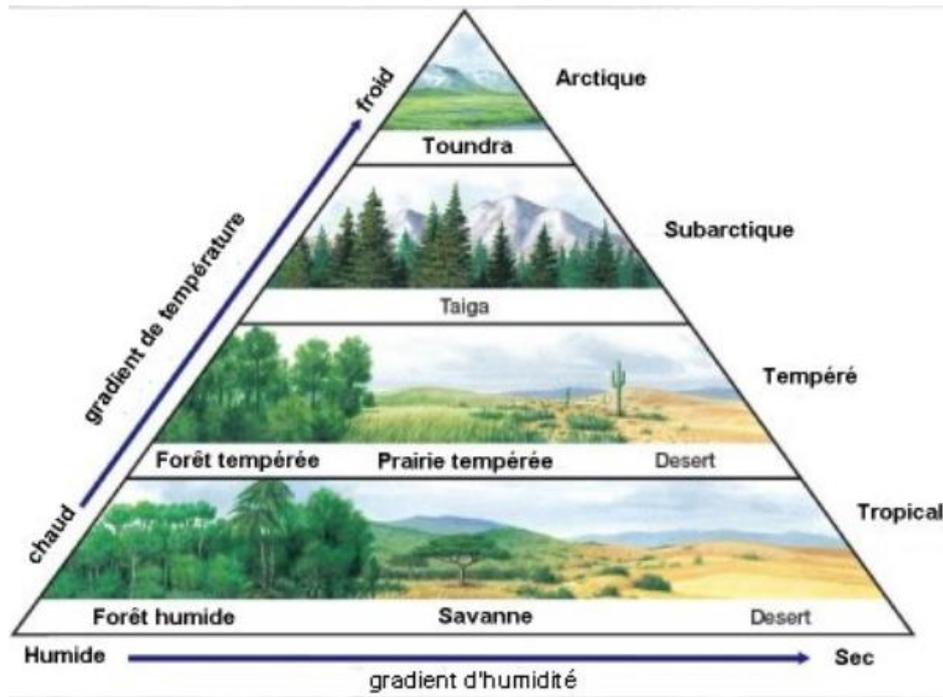
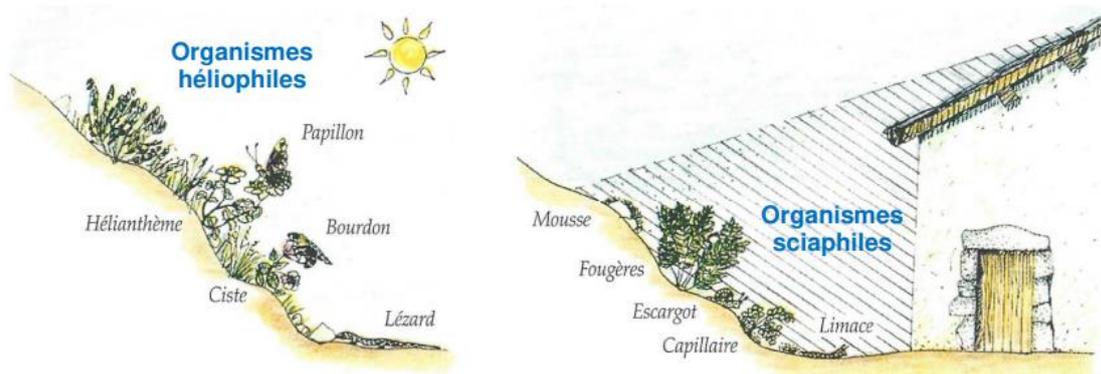


Figure 6.4. Relations climat et biomes (<http://acces.ens-lyon.fr>)

C) La lumière

La lumière intervient sur les êtres vivants par sa durée (photopériode), son intensité et la quantité de ses radiations. La lumière dépend de la latitude et de l'altitude, de la saison de la nébulosité du couvert végétal. La lumière a un impact physiologique sur les animaux comme sur les végétaux et éthologique sur les animaux. Les rythmes d'éclairement, avec des rythmes jour-nuit (nycthéméraux ou circadiens) et les rythmes saisonniers suscitent des comportements périodiques et des adaptations aux différentes périodicités naturelles, sous la dépendance des phénomènes hormonaux (végétaux et animaux).

D'après l'intensité lumineuse qui convient à leur développement, on distingue des espèces de lumière, ou héliophile (tels le Romarin, Hélianthème), et des espèces d'ombre ou sciaphiles (*Oxalis acetosella*, de nombreuses Mousses et Fougères, etc.). Les premières se trouvent à leur optimum dans des groupements eux-mêmes héliophiles (groupement unistrates tels que pelouses, garrigues, landes), mais aussi dans des associations de clairières ou de forêts claires ; les secondes évidemment dans les strates inférieures de différentes associations ; mais évidemment tous les intermédiaires existent entre ces deux types extrêmes de comportement.



La construction d'une maison modifie le microclimat d'un talus ensoleillé voisin et mousses et fougères y remplacent des fleurs héliophiles que butinaient les hyménoptères et les papillons

Figure 6.5. Une modification de biocénose au niveau d'un talut, suite à la modification d'un microclimat par une construction (D'après Fischesser et Dupuis-Tate, 2007).

6.4.1.2 Zonalité des biogécénoses et altitudes

La latitude n'est pas seule à définir les différents climats, l'altitude joue aussi un rôle important dans la distribution des biocénoses. En effet, les facteurs climatiques changent lorsqu'on gravit une montagne (pression atmosphérique, UV, températures, précipitations...) et les saisons y sont moins marquées. Par contre, les fluctuations thermiques sont clairement plus contrastées entre le jour et la nuit. Le climat montagnard crée des étages de végétation (hêtraie-sapinière, forêt à conifères, pressière, pelouse alpine...) en fonction de la robustesse des espèces. La végétation se rabougrit mais les fleurs prennent de jolies couleurs. Dans le règne animal, par exemple chez les poissons, un étagement existe, également ascensionnel (zone à brèmes, zone à barbeaux, zone à ombres et zone à truites).

La zonation en altitude est encore mieux définie que les divisions en latitude. Il existe une bonne concordance entre la distribution des biomes en altitude et en latitude.

Le domaine océanique s'étend des fosses les plus profondes (-11000 m environ) à la surfaces des mers. Sa profondeur moyenne est de 3800m. Nous distinguons une province néritique au niveau du plateau continental limité à environ -200m par le talus continental. Au-delà s'étend la province océanique plus pauvre en éléments nutritifs qui occupe une surface égale aux neuf dixième de la surface des océans.

Nous distinguons également la zone euphotique et la zone dysphotique dont la limite est à environ 100 m en eaux non polluée (large). Seule cette couche superficielle permet la production primaire en milieu aquatique. Elle est plus limitée en épaisseur notamment dans les lacs.

En milieu terrestre, la zonation verticale apparaît très nettement et s'apparente à la distribution latitudinale des grands biomes. L'extension verticale de la biosphère est maximale dans les zones tropicales et équatoriales.

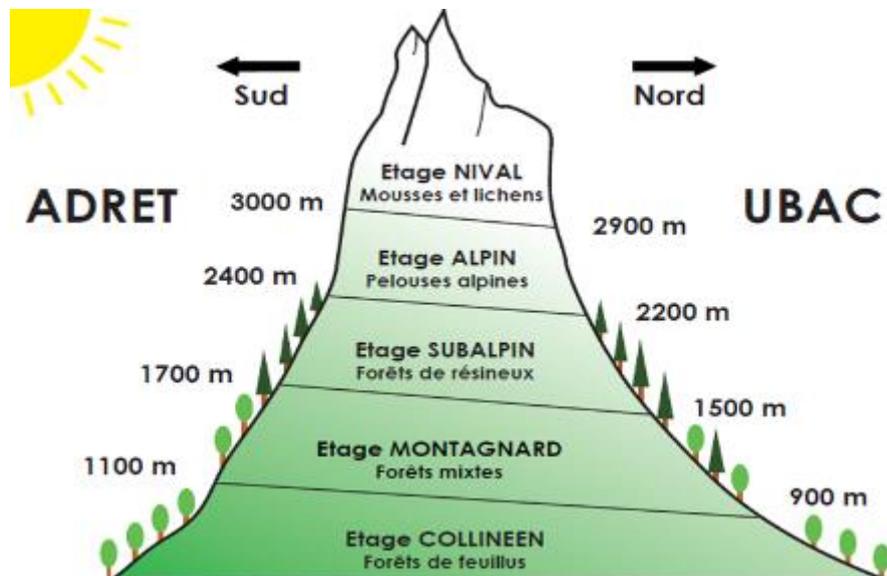


Figure 6.6. Etagement de la végétation selon l'altitude (Troll, 1956)

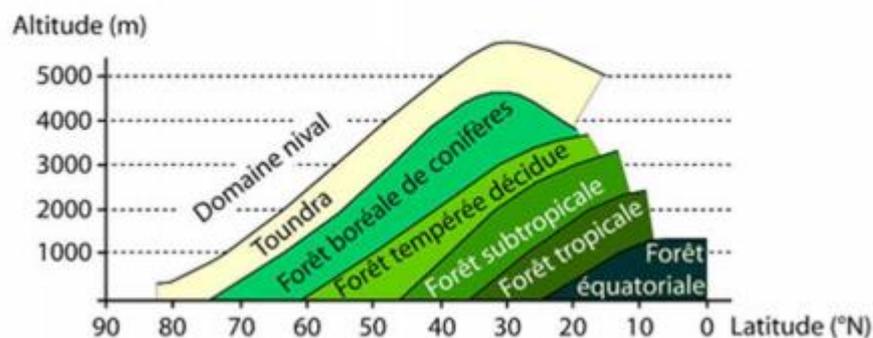


Figure 6.7 : Succession des végétaux selon un transect en hémisphère nord (modifiée d'après Troll, 1956).

La limite supérieure des végétaux chlorophylliens se situe aux alentours de 6000m d'altitude. Au-delà c'est la zone nivale ou éolienne qui n'est fréquentée que par quelques alpinistes et les oiseaux de passage (oies, grues). La limite supérieure de l'habitat humain se situe dans les Andes dans la prairie alpine à 5200 m d'altitude (toundra de montagne).

La limite supérieure des forêts se situe vers 4500 m mais en réalité elles dépassent rarement 4000 m même en région équatoriale.

Les activités agricoles ne sont guère possible au-dessus de 4500m même sous les tropiques. L'altitude moyenne des continents (875 m correspond à la zone d'extension optimale des forêts, prairie et cultures.

6.4.1.3 Zonalité des biogéocénoses et types de sols

Les sols sont l'une des composantes essentielles des écosystèmes. Ils y jouent un rôle majeur dans la régulation du climat, le cycle de la matière organique et des éléments nutritifs. La zonalité des biocénoses est liée à l'ensemble des caractères physiques et chimiques du sol. Les facteurs édaphiques qui jouent le rôle le plus important dans le déterminisme des groupements végétaux soit la teneur en eau, teneur en certains ions tels le calcium.

a) La teneur en eau

Son influence sur la localisation des êtres vivants peut être montrée par la zonation de la végétation qui se localise autour des mares, des étangs ou encore des lacs. Ainsi, en fonction du gradient d'humidité décroissant existant de l'eau libre vers l'intérieur des terres, les groupements se répartissent selon leur degré d'hygrophilie, en ceintures plus ou moins concentriques. Leur nature dépend de la profondeur de l'eau le long des rives, de sa composition chimique (sels minéraux, matières organiques, acidité), de ses variations de niveau (durée des périodes d'émersion), et du substrat.

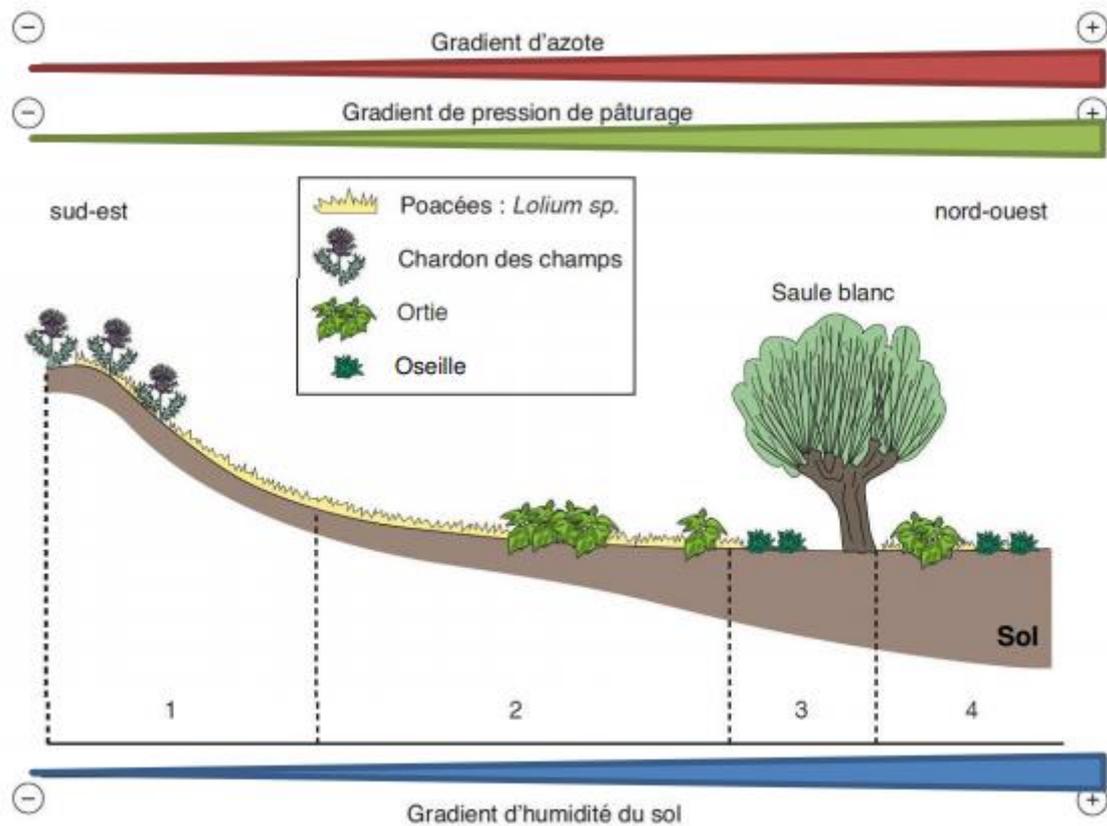


Figure 6.8. La zonation horizontale d'une prairie modérément pâturée : lien avec quelques facteurs abiotiques et biotiques. D'après (Segarra et al., 2015)

Commentaires sur la zonation proposée (arbitrairement) sur la figure 6.5 : - **Zone 1** : sol peu épais, fort ensoleillement, eau peu retenue (car forte pente >> fort ruissellement), faible pâturage (car pente du talus réduisant l'accès) - **Zone 2** : sol peu épais, fort ensoleillement, eau retenue - **Zone 3** : sol épais, fort ensoleillement, eau retenue - **Zone 4** : sol épais, ensoleillement modéré (car ombre de l'arbre), humidité forte (car eau retenue + ombre de l'arbre) (!) Notez la présence de gradients (humidité, azote, pression de pâturage) >> Localisation préférentielle de telle ou telle espèce.

b) la teneur en éléments minéraux

- le calcium :

Le calcium joue un rôle essentiel dans la nutrition minérale des végétaux. Il est à remarquer que le comportement des biocénoses végétales vis à vis de cet élément est très variable. Ainsi, de nombreuses espèces appelées calcicoles se développent sur des sols où il est abondant (*Lavandula latifolia*), d'autres calcifuges ne le supportent pas de concentration élevée en cet élément tel la Myrtille ; d'autres semblent indifférentes. Il existe une liaison étroite entre la teneur en calcium d'un sol et son degré d'acidité. Ce dernier est en principe d'autant plus élevé que l'ion Ca^{++} est moins abondant. Ainsi, les plantes calcicoles sont en général également

des neutrophiles ou des basiphiles (ex : Pissenlit) par contre les calcifuge sont des acidiphiles (Callune).

- le sodium :

Les sols salés sont impropres à la vie de la majorité des espèces végétales. Ces terrains sont colonisés par une flore très spéciale constituée d'halophytes, dont les représentants les plus caractéristiques, aux tissus en général charnus, appartiennent à la famille des chénopodiacées (*Salicornia*, *Salsola*, *Suaeda*, *Atriplex*...). Comme pour la teneur en eau, il est possible d'observer autour des étangs littoraux ou des dépressions salées continentales une zonation de différents groupements végétaux halophiles (*Salicornia a*).

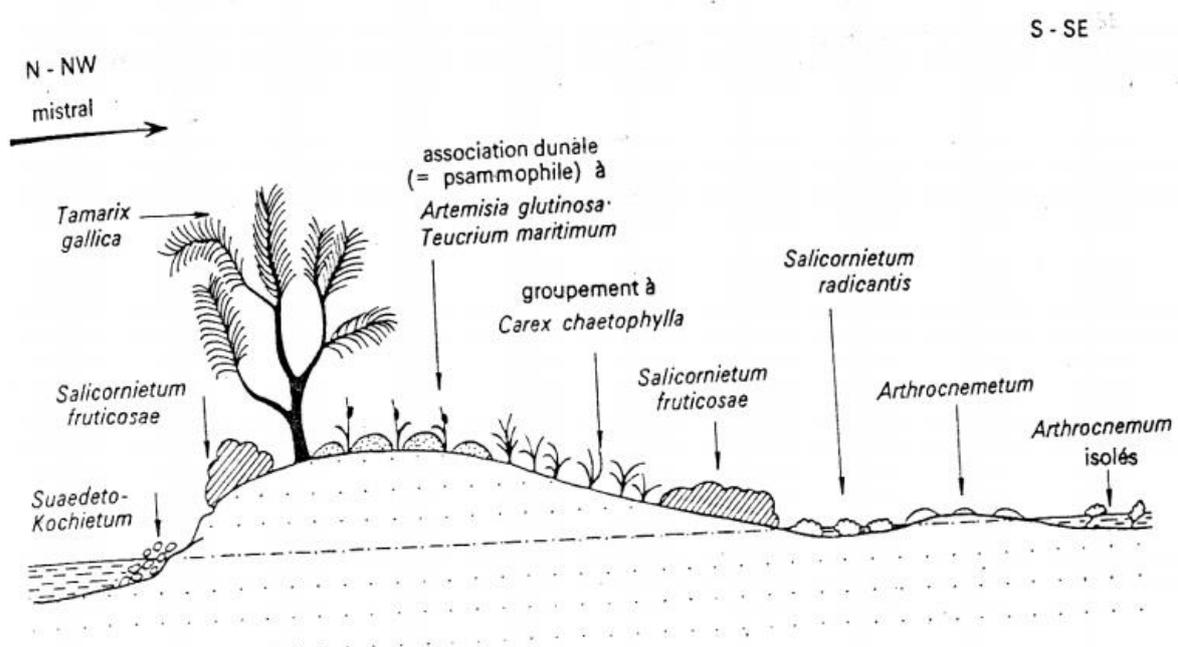


Figure 6.9. Exemple de zonation des groupements végétaux en fonction de la teneur en sel du sol autour d'un radeau (surface exondée dans une lagune saumâtre) en Camargue (d'après Molinier).

6.4.2 Caractères écologiques des biomes (forestiers et non forestiers)

6.4.2.1 Les biomes forestiers

6.4.2.1.1 La forêt boréale de conifères (Taïga)

La taïga est présente dans des régions aux hivers longs et très froids, avec une pluviométrie moyenne à élevée. Durant les longs hivers, la taïga se couvre d'un manteau neigeux. La taïga s'étend en Eurasie, sur 6.000 km d'Est en Ouest, depuis la Sibérie orientale jusqu'à la Scandinavie, en passant par le Nord de la Russie. Au Canada, l'équivalent de la taïga est la forêt hudsonienne qui s'étend sur 3.500 km, de l'Alaska jusqu'au Québec.



Figure 6.10. Localisation de la Taïga (<https://fr.wikipedia.org>)

Le couvert forestier, dont la composition est semblable à la forêt boréale, est continu mais relativement ouvert. La forêt boréale est composée surtout de conifères (pins, sapins, épicéas, mélèzes) associés à des feuillus (bouleaux, aulnes). Le milieu est entrecoupé de tourbières. La taïga borde la toundra que l'on rencontre plus au Nord.

Le climat subarctique est marqué par des étés courts et frais avec des périodes prolongées d'ensoleillement et des hivers très froids. Les températures moyennes du mois le plus chaud se situent entre 10 et 15°C, mais les moyennes minimales d'hiver peuvent descendre au-dessous de -30°C. Les précipitations sont en général inférieures à 500 millimètres par an.

Le sol de la taïga est le podzol, un sol délavé typique des climats froids et humides. Il est de consistance cendreuse (podzola signifie cendre).

Les animaux qui vivent dans la taïga sont adaptés au froid, tels le lynx, l'élan, le loup, le renne, le castor, la marte... Le lièvre qui vit dans la taïga a son pelage qui change de couleur en hiver (sombre en été, clair en hiver). Des oiseaux migrent vers la taïga pour y passer l'été.

Particularité : Le plus vaste biome terrestre

6.4.2.1.2 Les forêts tempérées proprement dites

A) Forêt caducifoliés

Caractérisent les régions de moyenne latitude de l'hémisphère nord.

- Forêts caducifoliées d'Europe

Fluctuent entre 57 et 43° de latitude nord en Europe occidentale, s'étirant ensuite dans sa partie centrale et orientale. Le climat est modéré, les précipitations sont relativement abondantes. Les sols sont brunifiés à humus actifs de type mull ou mull Moder. La strate arborée peu nombreuse par rapport à celle de la forêt boréale tandis que la flore des strates inférieures y est globalement plus riche et diversifiée. Ils sont les hêtraies et les chânaies.

- Forêt caducifoliée d'Amérique et d'Asie

Elles sont souvent réduites à l'état homologue des forêts caducifoliées européennes avec une majorité de genres *Cormmus* mais une diversité spécifique très supérieure. Elle forment un vaste biome transcontinental constitué de grandes forêts d'arbres à feuilles caduques c'est-à-dire qui tombent durant la saison hivernale.

B) Les forêts mixtes

Est le biome le plus répandu sur terre. La forêt mixte s'appelle aussi la forêt tempérée. On trouve la forêt tempérée en Europe, Asie et en Amérique. La forêt tempérée est composée en majorité d'arbres à feuilles caduques appelés : feuillus caducifoliés. La forêt mixte porte aussi le nom de forêt décidue tempérée. La forêt décidue comporte 4 saisons distinctes : été, automne, printemps et hiver. Caractérisée par :

- l'alternance des saisons : printemps, été, automne et hiver ;
- les arbres caduques
- les températures clémentes et tempérées ;
- précipitations en quantité suffisante et régulières ;
- le sol riche et fertile dû à la chute des feuilles.

La richesse herbacée du sous-bois. La forêt tempérée est structurée verticalement, quel que soit sa situation géographique. En partant du sol et en remontant vers le ciel on trouve :

- les mousses ;
- les herbacées et les bulbeuses ;
- les buissons et les arbustes ;
- les arbres croissants à l'ombre ;
- les grands arbres.

C) Forêt pluvieuse de conifères

Une forêt qui appartient au groupe des forêts humides sempervirentes. Les forêts pluviales, tropicales sont dépendantes de climats chauds à l'humidité permanente. Le terme de forêt pluvieuse est aussi utilisé (improprement), pour désigner ce type de forêt. Par sa physiologie globale, cette formation s'apparente à la forêt résineuse boréale mais elle est plus exubérante (présence de nombreux épiphytes) et plus riche dans les strates herbacée et arbustives.

6.4.2.1.3 La forêt tropicale

- **Situation géographique :** s'étend près de l'équateur, dans la zone intertropicale ; forêts tropicales d'Amazonie et de Guyane en Amérique du Sud, importantes forêts tropicales en Asie du Sud-Est et en Afrique équatoriale
- **Climat :** température chaude et constante (de 25 à 30°C en moyenne) tout le long de l'année, précipitations abondantes
- **Végétaux :** compétition pour la lumière très forte entre les végétaux ; végétation dense et étagée (orchidées, plantes aériennes, lianes, arbres, etc.)
- **Animaux :** nombreux insectes, reptiles (serpents, lézards), des amphibiens (grenouilles), des mammifères (paresseux, tapirs, pécaris, singes, pumas, tigres), grande diversité d'oiseaux (colibris, perroquets, toucans)
- **Particularité :** abrite la plus grande diversité d'espèces animales et végétales de la planète, soit plus de la moitié des espèces connues ; la biodiversité est si élevée qu'on peut dénombrer jusqu'à 150 espèces différentes d'arbres par kilomètre carré de forêt

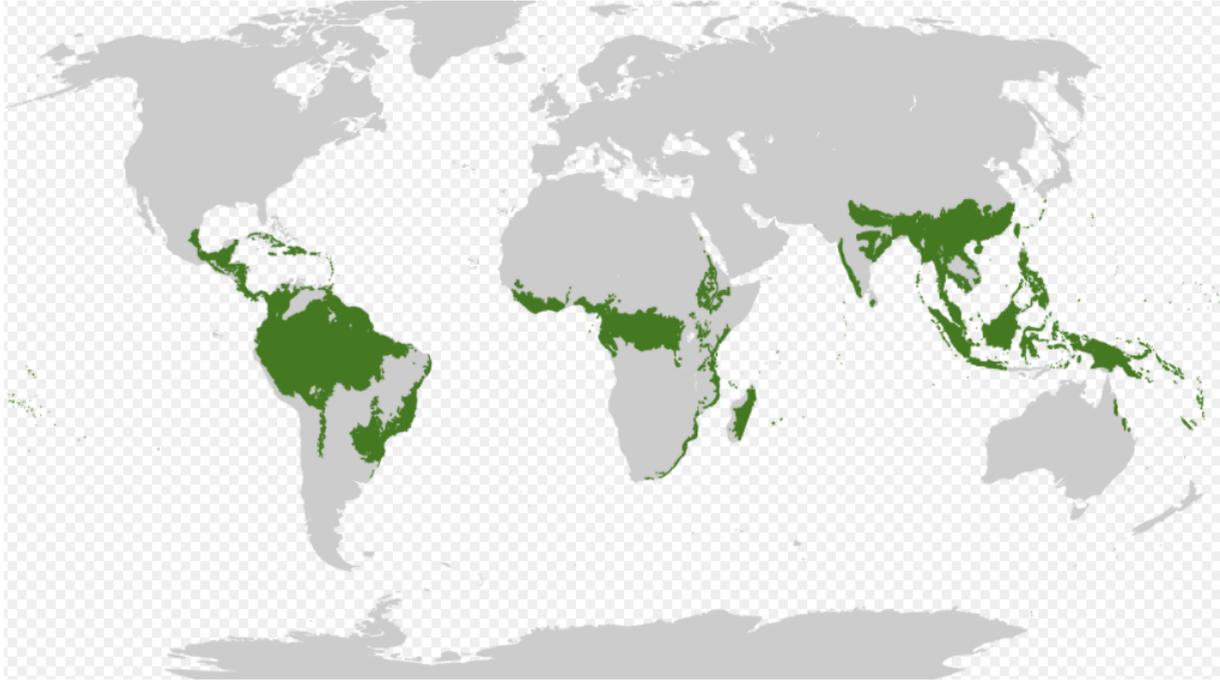


Figure 6.11. Situation géographique de la forêt tropicale (<https://fr.wikipedia.org/>)

6.4.2.1.4 Les forêts de la région tempérée chaude

A) Régions méditerranéennes

Correspondent à des zones tempérées chaudes, ces particularités climatiques se répercutent sur les caractères biologiques d'un grand nombre d'espèces végétales. Deux grands types de macroécosystèmes forestiers primitifs caractérisant le bassin méditerranéen avant l'intervention de l'homme :

- Les forêts sempervirentes de chênes ;
- Les forêts mixtes du caroubier et d'olivier.

Sous l'action de la hache et du feu, la forêt primaire a été remplacée par une forêt secondaire de Pin d'Alep et Pin maritime. Deux formations arbustives dégradées leur ont succède :

Maquis : Il est composé d'un ensemble de végétation basse et d'arbres adaptés à la chaleur comme le Pin ou le Chêne liège.

Caractéristiques du maquis méditerranéen

La végétation basse du maquis est essentiellement formée de lauriers, d'arbousiers, de bruyères arbustives, de genévriers, d'arbrisseaux tels que le thym ou le romarin, de lentisques et de myrtes.

Les arbres rencontrés dans le **maquis** ou dans la forêt méditerranéenne sont les oliviers, le chêne-liège, le conifère, l'eucalyptus. Les conifères de Méditerranée sont de grande taille et présentent une grande variété :

- Pins maritimes,
- Pins parasols,
- Pins d'Alep,
- Pin laricio,
- Cèdres.

La forêt méditerranéenne est en fait une forêt dégradée, d'où l'utilisation du mot maquis, plutôt que de forêt.

Garrigue : formation plus basse et ouvertes sur substrat calcaire ou marneux, riches en nanophanéophytes (romarin, lavande et chaméphytes, auxquels s'associe fréquemment le chêne kermès).

B) Forêts des régions à climat subtropical humide

Se situent principalement sur les façades sud orientales de l'Asie et de l'Amérique du nord. Ces régions sont plus favorables à la végétation, en raison de l'absence d'une période sèche et de fortes précipitations. Riches en essences à feuilles coriaces et cireuses, mais les feuilles sont grandes et ovales.

6.4.2.2 Les biomes non forestiers

6.4.2.2.1 Les toundras

- **Situation géographique** : large couronne autour du cercle polaire arctique de plus de huit millions de kilomètres carrés (soit 6 % des terres émergées).
- **Climat** : températures très froides qui ralentissent le développement des plantes et la décomposition de la matière organique.
- **Animaux** : espèces adaptées au froid (boeufs musqués, renards arctiques, ours polaires, etc.), nombreux animaux migrateurs qui y viennent pour la reproduction (caribous, harfangs des neiges, oies des neiges, ... etc).
- **Végétaux** : se développent sur le pergélisol et recouverte par de la neige pendant près de 11 mois par année : mousses, lichens, herbes, arbustes rabougris, ... etc)



Figure 6.12. Situation géographique de la toundra (Katpatuka, 2006)

La toundra arctique, correspond au biome des plus hautes latitudes, une courte période végétative durant laquelle la température reste basse donnant un climat très froid et jours d'hiver courts. La végétation de la toundra et malgré la pauvreté de la flore, apparait toutefois relativement diversifiée, il est possible de distinguer :

- **La toundra herbacée**

Représentative des régions les plus septentrionales, constituée de pelouses plus ou moins clairsemées, à base de graminées, cypéracées et Juncacées, particulièrement riche en mousses et surtout en lichens.

- **La toundra buissonnante**

Dont le développement s'accroît progressivement vers les plus basses latitudes, marquée par des bandes d'arbrisseaux nains (Chaméphytes). Le peuplement animal, également pauvre en raison des conditions hivernales, à l'exception des insectes, chez les mammifères la lutte contre le froid est assurée par leurs graisses, fourrures et autres.

6.4.2.2 Les steppes

Caractérisées par un hiver rigoureux, étés chaudes et en générale marquées par une période sèche (précipitations réduites 300 à 500 mm). La végétation est de formation herbacée dominée par les graminées vivaces, à faible participation de ligneux. La diversité spécifique et relativement élevée, de nombreuses dicotylédones ainsi que divers monocotylédones, venant se joindre aux taxons graminéennes plus xérophiles.

A) **En Eurasie**, on distingue selon la latitude du nord vers le sud :

- **La steppe arborée** : Riche en légumineuses, trèfles en particulier, elle est dominée par des graminées plutôt mésophiles ;
- **La steppe herbeuse** : haute et dense, souvent pourvue d'arbustes, parmi les graminées diverses espèces de *Stipa* s'ajoutant à des graminées fourragères. Les dicotylédones à floraison vernale sont abondantes (sauge, astragale) ;
- **La steppe méridionale sèche** : Plus rare et clairsemées lorsque les précipitations deviennent inférieures à 300mm environ. A la composante graminéenne xérique (très riche en *stipa*) s'associent des chaméphytes, tels que diverses armoises.

B) **En Amérique du Nord**, ce sont des formations assez homologues des steppes eurasiatiques, mais qualifiées plus usuellement de prairies, variations climatiques progressives, elles conduisent à distinguer :

- **La prairie vraie** : dans le secteur oriental le plus arrosé, elle formée de haute graminées ; une mise en culture de céréales a profondément modifié l'ensemble de cette zone. ;
- **La prairie mixte** : dans la bande médiane, formation de transition à graminées moyennes (*Stipa*, *Koeleria*) ou déjà plus basse.

C) **Les steppes de la zone tempérée chaude** : Très similaire aux prairies nord-américaines.

Selon les précipitations, il y a deux types :

- une prairie haute à flore graminéenne, très riche et diversifiée ;
- une prairie basse a *Stipa*.

6.4.2.2.3 Les savanes

S'étendent entre les deux tropiques (Amérique du sud, Afrique, Inde et Islande et Australie), partout où les précipitations deviennent insuffisantes pour permettre un développement des écosystèmes forestiers. A saison sèche encore marquée (au moins 4 mois). Caractérisée par une strate herbacée généralement dense, à large prédominance de hautes graminées vivaces, mais il existe les savanes arbustives et arborées, ces deux derniers types se différencient par une strate de mésophanérophyles, moins élevée mais plus dense dans le premier cas, plus ouverte dans le second.

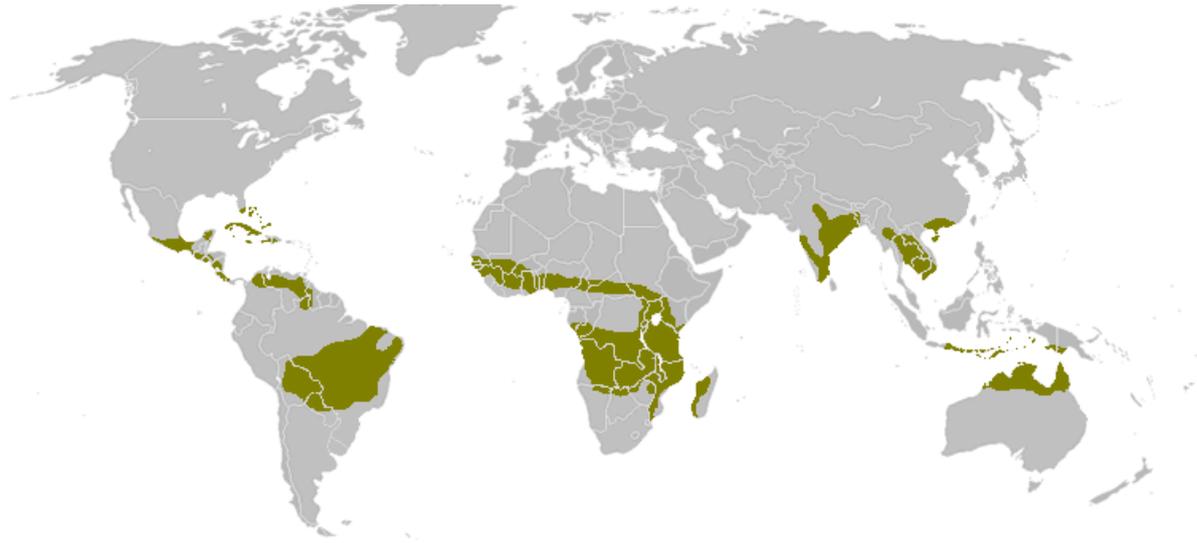


Figure 6.13. Situation géographique de la savane tropicale
(<https://en.wikipedia.org/wiki/User:Strongbad1982>)

- **Situation géographique :** vastes plaines semi-arides situées dans la zone intertropicale, en Afrique, en Amérique centrale et en Australie
- **Climat :** précipitations très variables durant l'année ; marquée par une saison des pluies et une période de sécheresse
- **Végétaux :** arbres et arbustes (acacias, baobabs, eucalyptus, etc.) dispersés sur le territoire
- **Animaux :** espèces animales diversifiées (autruches, antilopes, girafes, lions, hyènes, etc.); certaines espèces migrent vers d'autres territoires lors des périodes de sécheresse

6.4.2.2.4 Les déserts

Sont les plus secs des biomes terrestres, ils couvrent de très grandes surfaces, représentant près du tiers des terres émergées, présents sur toutes les latitudes.

Précipitations faibles irrégulières, les averses peuvent y survenir d'une manière brutale entraîne la crue soudaine des oueds. Les déserts reçoivent une forte quantité de chaleur pendant le jour, mais la perdent durant la nuit. Les différences saisonnières de température permettent de distinguer les déserts chauds, dont les étés sont très chauds et les hivers tièdes, des déserts froids qui connaissent des étés chauds. L'aridité, les contrastes thermiques, le vent qui accroît la sécheresse, rendent ces milieux difficiles pour l'éclosion et le développement des êtres vivants, par conséquent les couvertures végétales sont très discontinues ponctuelle le plus souvent, quand elle n'est pas totalement absente. Aussi, sur de vastes étendus la roche apparaît nu, quel que soit sa nature.



Figure 6.14. à droit (Désert de dunes (Vallée de la mort, USA) (Wikimedia Commons, 2005) ; à gauche (Désert de roches (Mauritanie) (Ji-Elle, 2010)

- **Situation géographique :** grands déserts chauds situés au niveau des tropiques (le Sahara en Afrique et le Grand Désert de Sable en Australie par exemple) ; régions désertiques froides situées au nord et au sud de la zone intertropicale (le désert de Gobi en Asie et le désert de Mojave aux États-Unis par exemple)
- **Climat :** température quotidienne très contrastée ; journées très chaudes et nuits très froides ; très peu de précipitations
- **Végétaux:** végétation adaptée à la sécheresse; parsemée en fonction de la quantité d'eau disponible, de la force du vent et de la nature du sol; végétation basse et possédant des racines très profondes et développées, un feuillage réduit ou transformé en épines et des tiges charnues où l'eau est stockée (cactus, yuccas, etc.)
- **Animaux :** adaptés aux conditions désertiques à l'aide d'une pigmentation claire de la peau ou du pelage et d'un mode de vie nocturne ou souterrain (scorpions, insectes, lézards, serpents, oiseaux coureurs, rongeurs, chameaux, antilopes, etc.)

- **Particularité** : milieu aride où la présence d'organismes vivants est rare en raison de la pauvreté du sol et du manque de précipitations.

On peut citer dans le cas du Sahara

- Les dunes (ergs), colonisées par une vigoureuse graminée à longs rhizomes (*Stipa tenacissima*, *Aristida pungens*) parfois accompagnée d'arbustes (*Ephedra alata*) ;
- Les plateaux caillouteux (regs), à *Haloxylon scoparium* (chénopodiacées arbustives) et petites graminées annuelles (*Aristida pungens*) ;
- Les dépressions argilo-sableuses (dayas) conservant une certaine humidité, pouvant abriter certains beaux exemplaires arborés (*Pistachia atlantica*) ainsi que des Jujubier (*Ziziphus lotus*) ;
- Les lits des oueds à haute touffes de graminées vivaces (*Panicum turgidum*) et nombreux ligneux (*Acacia*, *Tamarix*) ;
- Les cuvettes salées (Sebkhas) à Chénopodiacées diverses (*Atriplexe halimus*, *Salsola*, etc).

Conclusion

La végétation a une organisation globalement zonale, même si certaines formations végétales sont liées à des conditions naturelles particulières et azonales. Mais le classement de ces différents biomes est un exercice difficile auquel la carte proposée par Pech et Regnaud ne répond que très partiellement. En intégrant l'ensemble du globe dans un nombre réduit de biomes, elle permet d'avoir une idée générale de l'organisation. Toutefois elle reste floue car elle regroupe sous un même nom des réalités très différentes, telles que la savane et la prairie rassemblées dans un "biome sec". Certains noms restent très évasifs, tels que les "forêts à animaux hivernants". Enfin, un certain nombre de "biomes" n'en sont pas : un biome, par définition, correspond à "une vaste aire bioclimatique", ce que ne sont pas les montagnes (éparpillées à la surface du globe et très hétérogènes entre elles et à l'intérieur d'elles-mêmes), ni les déserts (qui sont également hétérogènes et éparpillées, même s'il faut reconnaître que certains, tels le Sahara, sont vastes et homogènes). Si cette typologie est synthétique et compréhensible, il ne faut toutefois pas s'en contenter (Carlesso et Galland, 2010).

Bibliographie

- Amoros C., Gibert J. et Greenwood M., 1993.** Interactions entre unités de l'hydrosystème fluvial. Pages 169-199, in Hydrosystèmes fluviaux, AMOROS, C. & PETTS, G.E. (eds). Masson, Paris.
- Blondel J. 1995.** Biogéographie. Approche écologique et évolutive. Ed. Masson, Paris, 320p
- Bouché Ph. 2001.** Méthodologies et techniques de recensement des grands mammifères en Afrique. Cours ; Institut vétérinaire Tropical. Université de Liège.
- Bouché Ph. 2008.** Méthodes d'inventaire de la grande faune à l'usage des ZCV. 164p.
- Canard A., et Poinot D. 2004.** Quelques méthodes statistiques Typiques de l'étude des populations et des peuplements par la méthode des Quadrats. 28p.
- Carlesso M., et Galland C. 2010.** Les grands biomes terrestres. Licence 2 Aménagement et Géographie. 39p
- Ceeios. 2020.** Matériaux bio-inspirés rapport de synthèse édition 2020. Cette synthèse a été réalisée grâce au soutien de la région Nouvelle Aquitaine. 32p.
- Davis D.E. 1963.** Estimating the numbers of game populations. In Wildlife Investigational Techniques, edited by H.S. Mosby, The Wildlife Society, pp. 89-118
- Dury P. 1999.** Étude comparative et diachronique des concepts ecosystem et écosystème. Meta, 44 (3), 485- 499. <https://doi.org/10.7202/002690ar>.
- Duvigneau P. 1974.** La synthèse écologique. Doin, éd, Paris. 295p.
- Fellah F, 2019.** Cours de biologie des populations et des organismes. 52p
- Fischesser B., et Dupuis-Tate M.-F. 2007.** Le Guide illustré de l'Écologie. La Martinière, 2 édition (1e édition 1996), Paris.
- Fuller W.A. 1950.** Aerial census of bison in wood Buffalo Park. J. Wildl. Mgmt., 14: 445-451.
- Geeklhem. 2016.** Quelques réalisations du modèle de croissance exponentielle (modèle de Malthus) en dynamique des populations. Consulté le 01/11/2020.
- Génot J.C. 2006.** Vers un changement « climacique » ? Courrier de l'environnement de l'INRA n°53, 129-132.
- Hadjab Ramzi. 2020.** Cours pour la 3eme année Licence écologie et environnement.
- Kherief Nacereddine S. 2019.** Etude de l'évolution de la qualité écologique des eaux et inventaire de la micro flore aquatique du barrage de Béni-Haroun. Thèse présenté en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Science. Université Frères Mentouri, Constantine1245p.

- Lacoste A. et Salanon R. 2001.** Elément de biogéographie et d'écologie. Ed. Nathan, Paris, 269 p.
- Lacoste L. et Salanon R. 1985.** Eléments de biogéographie, Fernand et Nathand éd. 188p.
- Lagabrielle Y., Maury R., et Renard M. 2013.** Mémo visuel de Géologie. L'essentiel en fiches. Licence. Prépas. CAPES. Dunod, Paris.
- Monfort A. 1975.** Les techniques de dénombrement adaptées à l'étude quantitative des populations d'ongulés sauvages par Alain MONFORT • Laboratoire d'éco-éthologie des Vertébrés, Université de Liege, Belgique. 18p.
- Nassiri L. 2018.** Cours d'écologie végétale, Université Moulay Smail. 64p.
- ONS. 2018.** Numéro élaboré par la Direction Technique Chargée des Statistiques de Population et de l'Emploi ONS (Siège) - Direction des publications et de la Diffusion. N° 853, .32p.
- Ozenda P. 1975.** Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen. Doc. Cartog. Ecol. Grenoble. XVI :1-32
- Ozenda P. 2000.** Les végétaux, organisation et diversité biologique. Edition Duno.
- Ozenda P. 1982.** Les végétaux dans la Biosphère, Paris, Doin, p. 277-282.
- Ramade F. 1984.** Éléments d'écologie. Ecologie fondamentale. McGraw-Hill, 397 p.
- Ramade F. 2009.** Éléments d'écologie. Ecologie fondamentale. 4^{ème} éd, Duno, Paris. 689p
- Rameau J.C. 1999.** Accrus, successions végétales et modèles de dynamique linéaire forestière. pp16.
- Segarra J., Piètre (dir) E., Bailly G., Chassaing O., Favre D., Jean T., Metz F. et Meunier C. 2015.** Biologie BCPST 2^{ème} Année. Ellipses, Paris.
- Vanpeene Bruhier S., Moyne M.L. et Brun J.J. 2010.** La richesse spécifique : un outil pour la prise en compte de la biodiversité dans la gestion de l'espace - Application en Haute Maurienne (Aussois, Savoie). PP14.

Sites internet consultés

- <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/paleo/paleobiomes/comprendre/quest-ce-quun-biome>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Dynamique_des_populations#/media/Fichier:Croissance_Logistique.png
- <https://www.cnrtl.fr/definition/m%C3%A9tabolisme>.
- <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-biomes-aquatiques-s1030>
- <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-biomes-terrestres-s1373>
- <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-climax-6392/>
- <https://www.notre-planete.info/terre/biomes/>
- <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-climax-6392/>
- <http://www.ecosociosystemes.fr/succession.html>
- <http://fmp.um5.ac.ma/sites/fmp.um5.ac.ma/files/L%E2%80%99ECHANTILLONNAGE.pdf>

<https://www.assistancescolaire.com/enseignant/college/ressources/base-documentaire-en-sciences/les-fluctuations-du-phytoplancton-et-du-zooplancton-dans-un-lac-5sra0303><https://lamaisondalzaz.wordpress.com/tag/succession-secondaire/>
https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Adrar-Reg_%282%29.JPG#file
<https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Emmanuel.boutet?uselang=fr>
<https://planeteviable.org/le-phytoplancton-tend-a-disparaitre/>
<http://fmp.um5.ac.ma/sites/fmp.um5.ac.ma/files/L%E2%80%99ECHANTILLONNAGE.pdf>