الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université
Yahia FARES de MEDEA

Faculté des Sciences

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة يحي فارس بالمدية

كليـة العلـوم

N°:...../CSF/2020

POLYCOPIE DE COURS

ECOLOGIE GENERALE

Auteur:

Dr BELHADJ Hichem

Destiné aux étudiants de

Discipline: Sciences de la Nature & de la Vie

Spécialité : Sciences Biologiques, Sciences Agronomiques

et Ecologie & Environnement.

Niveau : 2ème année licence

Année: 2019-2020

Approuvé par le Conseil Scientifique de la Faculté en date du:



« Par cette eau, Il fait pousser pour vous les céréales, l'olivier, le palmier, la vigne et toutes sortes de fruits » (Les Abeilles, v : 11).

« Quoi ! n'ont-ils pas vu la terre, combien Nous y fîmes croître toute espèce profitable ? » (Les Poètes, v : 8).

« Ne semez pas le scandale sur la terre après réforme de celle-ci » (Les A'raf, v : 56).

000===000

« S'il vous arrivait de regarder la terre depuis le fond de l'espace, tout vous semblerait silencieux et calme. Les convulsions de la croute terrestre sont trop lentes pour qu'on puisse les percevoir à l'échelle de nos courtes vies… mais si, d'un plongeon, vous vous rapprochez de cette croute rocheuse jusque dans l'atmosphère, vous ne trouvez que bruit et excitation comparés au silence éternel de l'espace immobile. Non seulement, l'air tourbillonne et l'eau bouillonne, mais un extraordinaire réseau d'objets vivants murmure et s'agite sur la face du monde. Ces êtres sont répartis sur une faible épaisseur, là où la pellicule atmosphérique est au contact de la croute rocheuse. Ils se partagent l'énergie qui se déverse sur la terre, comme ils se partagent sa surface et l'immense espace à trois dimensions des océans. Ils se côtoient et s'accommodent les uns des autres, vivant et laissant vivre, toujours adaptés au genre de vie qu'ils doivent mener, vie aux formes très diverses.

Les chercheurs qui étudient le fonctionnement de cet ensemble de cet ensemble sont les écologistes – au sens premier du mot »

Paul Colinvaux (1993)

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

AVANT-PROPOS

Les questions de l'environnement et les problèmes écologiques retiennent de plus en plus l'attention du monde, surtout à notre époque après que l'homme a vu se développer son savoir-faire aux dépens de la sagesse et de la raison et après que les problèmes de l'environnement sont devenus une réalité incontournable qui menace la vie actuelle et future de l'homme.

L'homme faisant partie de la nature doit comprendre comment fonctionne cette dernière et les phénomènes écologiques qui s'y présentent. Il doit aussi savoir qu'il existe un équilibre naturel permanent entre les différentes composantes de l'environnement. Cet équilibre est régi par des principes écologiques. Dès lors, l'homme doit savoir respecter ces principes et s'il doit les exploiter pour vivre qu'il ne les déséquilibre pas.

Dans ce support de cours destiné aux étudiants de deuxième année tronc commun (sciences biologiques, sciences agronomiques et écologie et environnement), nous avons essayés d'aborder les principales questions développées par l'écologie.

L'objectif de la matière est de faire comprendre aux étudiants la notion d'écosystème, les facteurs abiotiques et biotiques et les interactions entre ces facteurs, les composants de l'écosystème et son fonctionnement.

Le premier chapitre est réservé à des généralités sur l'écologie, ou on s'est intéressés à des définitions de l'écologie, de l'écosystème, de la niche écologique, etc. Le deuxième chapitre comprend les facteurs écologiques et leurs influences sur les êtres vivants. Le troisième chapitre présente la structure ainsi que le fonctionnement des écosystèmes. Le quatrième chapitre c'est l'écologie ou la dynamique des populations qui est illustrée. Le dernier chapitre est réservé au développement et l'évolution de l'écosystème ou on a abordés des notions comme la stabilité et l'évolution des écosystèmes.



Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Table des matières

AVANT-PROPOS ..... **i**

Table des matières ..... **ii**

Liste des tableaux ..... **iv**

Liste des figures ..... **iv**

Chapitre 1: Généralites sur l'écologie **1**

1. Définition de l'écologie 1
2. Domaines d'intervention 2
3. Notion d'Ecosystème 4
4. Classification des écosystèmes 4
5. Notions de niche écologique et habitat 7

Chapitre 2: Les facteurs écologiques, ... **8**

leurs influences sur les êtres vivants **8**

1. Définition 8
2. La classification des facteurs écologiques 8
3. Mode d'influence des facteurs écologiques 10
4. Adaptations aux facteurs écologiques 13
   4.1. L'acclimatation ou adaptation physiologique (ou métabolique) 13
   4.2. L'accommodation ou adaptation phénotypique 13
   4.3. Adaptation génotypique 14
5. Les facteurs abiotiques 16
   5.1. Les facteurs abiotiques climatiques 16
   5.2. Les facteurs abiotiques du sol ou facteurs édaphiques 26
   5.3. Les facteurs abiotiques du milieu aquatique (ou facteurs hydriques) 33
6. Les facteurs biotiques 35
   6.1. Coactions homotypiques (ou intraspécifiques) 35
   6.2. Coactions hétérotypiques (ou interspécifiques) 37

Chapitre 3: Structure et fonctionnement des écosystèmes **42**

1. La Biosphère et son organisation 42
2. Structure et fonctionnement des écosystèmes 42
   2.1. Structure trophique des écosystèmes (facteurs alimentaires) 42

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

2.2. Fonctionnement des écosystèmes 47

Chapitre 4: Ecologie des populations 52

1. Définition et caractéristiques d'une population 52
2. Quelques exemples de dynamique des populations 53
3. Les lois de croissance des populations 54
   3.1. Le taux intrinsèque d'accroissement r 54
   3.2. La capacité limite du milieu K 55
   3.3. Evolution des effectifs avec les hypothèses retenues 56
4. Les stratégies biodémographiques 59
   4.1. Le concept de stratégie 59
   4.2. Les stratégies démographiques 60
   4.3. Les stratégies cœnotiques 61

Chapitre 5: Développement et évolution des écosystèmes 64

1. Stabilité des écosystèmes 64
2. Notion de succession écologique 64
3. Types de successions écologiques 65
4. Causes de l'évolution des écosystèmes 65
5. Caractères généraux des successions 66

Références bibliographiques 68

Cours_ECOLOGIE GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Liste des tableaux

Tab.1. Exemples de changement de niche écologique.....07

Tab.2. Classification des facteurs écologiques.....09

Tab.3. Exemples d'adjectifs utilisés pour les facteurs écologiques.....12

Tab.4. Classification granulométrique des éléments du sol.....27

Tab.5. Types de coactions hétérotypiques.....41

Tab. 6. Valeurs du taux de croissance naturelle pour quelques groupes d'animaux.....54

Tab.7. Evolution de la croissance de la levure de pain (*Saccharomyces cerevisiae*).....56

Tab.8. Principales caractéristiques adaptatives et écologiques
des espèces à stratégie r et des espèces à stratégie K.....62

Tab.9. Modèle de développement d'un écosystème : comparaison des stratégies coenotiques propres aux stades pionniers (stratèges i) et climaciques (stratèges S).....63

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Liste des figures

Fig.1. Représentation de la hiérarchie des sciences biologiques.....
Fig.2. L'écosystème et ses deux composantes.....04
Fig.3. Les principaux biomes terrestres.....04
Fig.4. Zonation verticale de la biosphère et répartition des macro-écosystèmes.....06
Fig.5. Relation générale entre l'activité biologique d'un individu, d'une population ou de toute autre entité écologique et le gradient d'un facteur de l'environnement.....11
Fig.6. Comparaison des valences écologiques de deux espèces.....12
Fig.7. Accoutumance chez l'espèce humaine à l'altitude.....13
Fig.8. Accommodation chez la sagittaire.....14
Fig.9. Adaptation génétique chez le genévrier commun.....15
Fig.10. Adaptation génétique chez le géomètre du bouleau.....15
Fig. 11. Bilan radiatif de la Terre.....17
Fig. 12. Atténuation des radiations solaires accédant à la surface des communautés végétales.....18
Fig. 13. Zonation des algues marines en profondeur en fonction de la réduction de lumière.19
Fig. 14. Schéma représentant les variations relatives de la scotophase et la photophase.....20
Fig. 15. Illustration de la règle d'Allen.....23
Fig. 16. Illustration de la loi de Bergman.....23
Fig. 17. Adaptation d'associations végétales à des conditions climatiques extrêmes.....26
Fig.18. Le triangle des sols.....28
Fig. 19. Trois principales structures du sol.....29
Fig. 20. Quatre types d'eau dans le sol.....30
Fig.21. Représentation du complexe argilo-humique (micelle).....32
Fig. 22. Diagramme illustrant le principe d'Allee.....36
Fig.23. Réseau alimentaire ou trophique d'un écosystème aquatique marin.....45
Fig.24. Différents types de pyramides écologiques.....46
Fig.25. Schéma simplifié de transfert d'énergie.....48.
Fig.26. Transfert d'énergie et productivité de la chaine trophique.....49
Fig.27. Biomasse des différents niveaux d'une chaine alimentaire terrestre.....49
Fig.28. Représentation schématique des processus démographiques.....53
Fig.29. Courbes de quelques exemples d'évolution des effectifs.....53
Fig.30. Courbe représentant la relation entre le taux d'accroissement (r) et l'effectif d'une population (N).....55
Fig.31. Deux modèles d'équations différentielles représentants une croissance exponentielle (à gauche) et une croissance logistique (à droite) des effectifs d'une population en fonction du temps.....57
Fig.32. Stratégies de transformations et d'allocations des ressources énergétiques.....59
Fig.33. Comparaison des deux stratégies r et K.....60
Fig. 34. Courbes illustrant la théorie de **MacArthur** et Wilson.....66

COURS ECOLOGIE GENERALE DR. BELHADJ H.

CHAPITRE 1: GENERALITES SUR L'ECOLOGIE

1. Définition de l'écologie

Le terme **écologie** (oecologie du grec ***Oikos*** (maison, habitat) et ***logos*** (discours, science) a été proposé en 1866 par le biologiste allemand **Ernst Haeckel.** Pour ce dernier, l'écologie est « la science de l'ensemble des rapports des organismes entre eux et avec le monde extérieur ».

Plusieurs définitions du terme écologie ont été proposées après cette définition dont il serait difficile de faire l'inventaire mais nous pouvons citer quelques-unes:

« L'écologie est la science des relations des êtres vivants avec leur milieu; …l'écologie est la science des systèmes biologiques fonctionnels complexes appelés écosystèmes: elle comporte aussi l'étude des rapports des êtres vivants entre eux » **(Duvigneaud, 1974)**.

« L'écologie est l'étude des interactions entre les organismes vivants et le milieu, et des organismes vivants entre eux dans les conditions naturelles » **(Frontier et Pichod-Viale, 1991).**

Plus simplement, l'écologie se définit à l'heure actuelle, comme une science étudiant les **conditions d'existence** des êtres vivants et les **interactions** de toute nature qui existent entre ces êtres vivants et leur environnement, vivant ou non.

- **Quelques repères dans l'histoire de cette science**

→ 1740 : Linné établit une relation entre la biogéographie et les paramètres environnementaux (non mesurés).
→ 1805 : La « géographie des plantes » par le géographe et explorateur Alexandre de Humboldt (mise en relation avec le climat).
→ 1838 : Le concept de «formation phytogéographique» par le botaniste allemand Grisebach
→ 1866 : Proposition du terme « Ecologie » par le biologiste allemand Ernest Haeckel
→ 1877 : Le terme « Biocénose » fut inventé par le biologiste allemand Karl August Möbius
→ 1901 : Le concept d'«Association végétale» (base de phytosociologie) par le botaniste Flahaut Tandisque
→ 1918 : Le vrai père de phytosociologie le polonais Paczoski (1918) publie le premier manuel consacré à cette discipline.
→ 1926 : Le concept de « Biosphère » est développé par le soviétique Wladimir Vernadsky
→ 1935 : Le concept d' «Ecosystème » inventé par l'écologue anglais A. Tansley
→ 1985 : La notion d' « Ecocomplexe » est définie par P.Blandin et M. Lamotte.
→ 1988 : Emergence du concept de « Biodiversité » proposé par Edward O. Wilson.

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

→ 1992 : Le Premier Sommet de la Terre a eu lieu à Rio de Janeiro par les nations unies (désertification, biodiversité)

→ 1997 : Signature du protocole de Kyoto qui est un accord international visant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre

→ 2002 : Sommet de la Terre à Johannesburg (Rio + 10).

→ 2015 : Conférence de Paris de 2015 sur le climat (COP21)

→ …. Cette liste n'est pas exhaustive.

2. Domaines d'intervention

L'édification du monde vivant est complexe car les entités biologiques sont des systèmes organisés: molécules organiques, cellules, organes, organisme... L'organisme (individu) qui semble une entité individuellement indépendante est, en réalité, constitué de plusieurs unités fonctionnelles, et il constitue également une unité participante à l'édification d'organisation d'un niveau supérieur. Le schéma suivant présente les différents niveaux d'organisation biologique ainsi que la science correspondante à chaque niveau d'organisation **(Fig. 1)**.

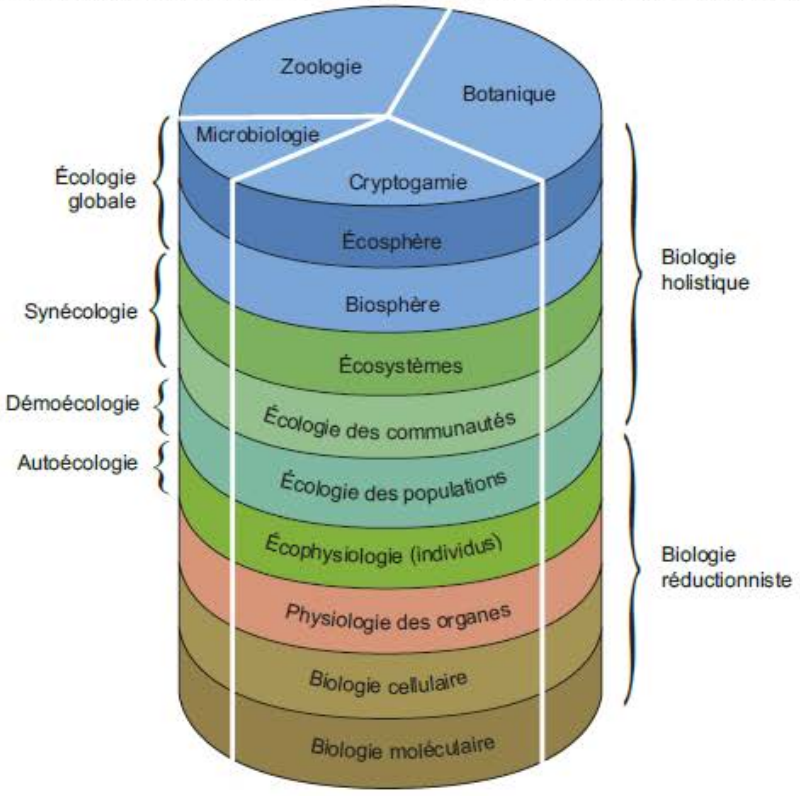


Fig.1. Représentation sous forme d'un «gâteau feuilleté» de la hiérarchie des sciences biologiques par ordre de complexité croissante. Les tranches verticales représentent les «subdivisions traditionnelles» de la biologie (botanique, zoologie, etc.) et les feuillets situés dans des plans horizontaux parallèles, les degrés d'organisation de plus en plus complexes du vivant depuis la molécule. L'écologie commence au niveau de la population (niveau de la structure biologique le plus simple et réelle existant dans la nature) jusqu'au plus complexe qui est la biosphère.

Cours_EC Dr BELHADJ.H.

Schématiquement, la biologie s'intéresse plutôt aux premiers niveaux d'organisation d'où l'apparition des disciplines biologiques comme la biologie moléculaire, la biologie cellulaire...etc., alors que l'écologie travaille plutôt sur les populations, les peuplements ou les écosystèmes. Bien entendu, il n'existe pas de frontières strictes et la génétique peut très bien être utilisée en écologie. A cet effet, l'écologie est une science pluridisciplinaire elle s'appuie sur plusieurs sciences connexes (telles la climatologie, l'hydrologie, les mathématiques avancées, la chimie, la géologie, la pédologie, la botanique, la zoologie, la génétique, l'éthologie, ...).

De ce fait, les études écologiques portent conventionnellement sur trois niveaux: **L'individu, la population** et **la communauté**.

- Un **individu** est un spécimen d'une espèce donnée.
- Une **population** est un ensemble d'individus d'une même espèce qui occupent un espace déterminé à un moment donné.
- Un **peuplement** (ou **communauté)** est l'ensemble des populations d'un même milieu, peuplement animal (zoocénose) et peuplement végétal (phytocénose) qui vivent dans les mêmes conditions de milieu et au voisinage les unes des autres.

Or, chacun de ces trois niveaux fait l'objet d'une division (branche) de l'écologie:

- **L'autoécologie (dite encore « écophysiologie »):** c'est la science qui étudie l'individu ou les rapports d'une seule espèce avec son milieu de vie. Elle définit les limites de tolérances et les préférences de l'espèce étudiée vis-à-vis des divers facteurs écologiques et examine l'action du milieu sur la morphologie, la physiologie et l'éthologie.
- **L'écologie des populations** ou **la dynamique des populations (ou « démoécologie »)**: c'est la science qui étudie les populations et leurs caractéristiques qualitatives et quantitatives et les lois qui président aux évolutions de ces populations d'êtres vivants.
- **La synécologie**: c'est la science qui étudie la communauté ou la biocénose. C'est l'écologie des interactions entre espèces d'un même groupement et de ceux-ci avec leurs milieux.

Les études écologiques ne sont pas limitées aux systèmes naturels, la compréhension des effets de l'homme sur la nature ainsi que l'écologie des environnements artificiels (comme les champs cultivés) sont des domaines d'études aussi importants.

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

3. Notion d'Ecosystème

Le mot **écosystème** qui constitue un concept central en écologie a été formulé par le botaniste anglais Arthur George Tansley en 1935.

Tansley a dénommé écosystème l'association d'un environnement physico-chimique spécifique (biotope) avec une communauté vivante (biocénose). On peut ainsi écrire la relation suivante **(Fig. 2)**: **Écosystème = biocénose + biotope**

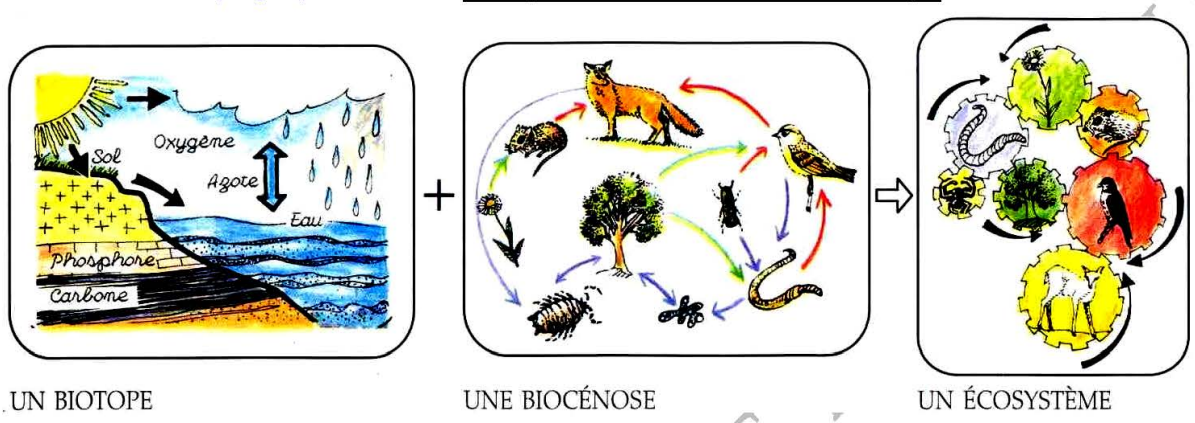


Fig.2. L'écosystème et ses deux composantes.

L'une des définitions de l'écosystème, celle proposée par E.P Odum en 1971, met l'accent sur l'interaction entre la communauté des organismes et l'environnement ainsi que sur les **flux d'énergie** et de **matière** qui traversent cette communauté et qui ont pour moteur les interactions trophiques. L'écosystème constitue en définitive **l'unité structurale et fonctionnelle de base de la biosphère.**

La biocénose est l'ensemble des organismes qui vivent ensemble dans un biotope donné (zoocénose, phytocénose, microbiocénose, mycocénose…). La biocénose comprend toujours les producteurs primaires, les consommateurs et les décomposeurs.

Le biotope (écotope) est le fragment de la biosphère qui fournit à la biocénose le milieu abiotique indispensable. Il se définit également comme étant l'ensemble des facteurs écologiques abiotiques (substrat, sol « édaphotope », climat « climatope ») qui caractérisent le milieu où vit une biocénose déterminée.

***Exemple*:** une forêt constituée d'arbres, de plantes herbacées, d'animaux et d'un sol.

Ecosystème : forêt.
Biocénose : phytocénose (arbres, plantes herbacées) et zoocénose (animaux).
Biotope : sol.

4. Classification des écosystèmes

Les écosystèmes sont souvent classés par référence aux biotopes concernés. On parlera de:

- **Ecosystèmes continentaux (ou terrestres)** tels que : les écosystèmes forestiers (forêts), les écosystèmes prairiaux (prairies, savanes,..), les agro-écosystèmes (systèmes agricoles);

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_ .H.

- **Ecosystèmes des eaux continentales**, pour les écosystèmes lentiques - des eaux calmes à renouvellement lent- (lacs, marécages, étangs) ou écosystèmes lotiques - des eaux courantes- (rivières, fleuves);
- **Ecosystèmes océaniques** (les mers, les océans).

Par ailleurs, on classe les écosystèmes selon leur étendue. On parlera de:

- **un micro-écosystème:** exemple un tronc d'arbre mort;
- **un méso-écosystème:** exemple une forêt, un étang ;
- **un macro-écosystème:** exemple un océan, un désert.

5. Autres niveaux d'organisation

Bien qu'un écosystème puisse être considéré comme une unité, il n'en est pas toutefois pour autant un système fermé: il échange de la matière et de l'énergie avec d'autres écosystèmes situés autour. Il peut par exemple exister des chaînes alimentaires qui passent d'un écosystème à un autre, ou des flux de matière et d'énergie entre les écosystèmes. On définit donc une structure plus grande, l'*écocomplexe*.

Un **écocomplexe** est un assemblage localisé d'écosystèmes interdépendants qui ont été modelés par une histoire écologique et humaine commune. Certains auteurs (Fischesser et Dupuis-Tate, 1996) définissent les paysages comme des écocomplexes. L'étude des écocomplexes porte parfois le nom d'**écologie du paysage**.

Les **biomes** sont des regroupements biogéographiques homogènes d'écosystèmes (macro-écosystèmes) par régions climatiques couvrant une vaste surface (Toundra, Taiga, steppes, désert,..etc.) **(Fig. 3)**.

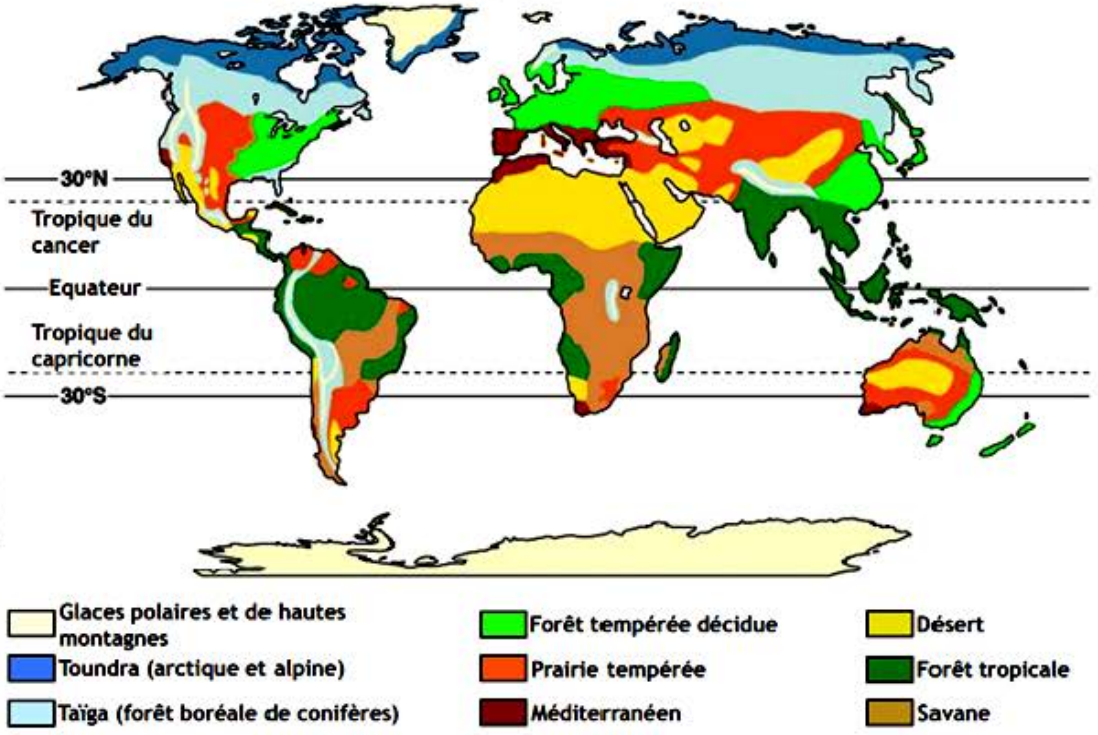


Fig.3. Les principaux biomes terrestres.

Cours GENERALE Dr_BELHADJ.H.

La **biosphère** est l'ensemble des écocomplexes et écosystèmes qu'on peut trouver à l'échelle du globe. C'est la partie de l'écorce terrestre où la vie est possible.

La biosphère comprend:

- ✓ **une partie de la lithosphère** (partie solide de l'écorce terrestre),
- ✓ **une partie de l'hydrosphère** (partie du système terrestre constituée d'eau)
- ✓ **et une partie de l'atmosphère** (la couche gazeuse entourant la Terre) **(Fig. 4)**.

La biosphère désigne l'ensemble de ces milieux et tous les êtres vivants qui y vivent. Autrement dit, la biosphère est l'écosystème planétaire.

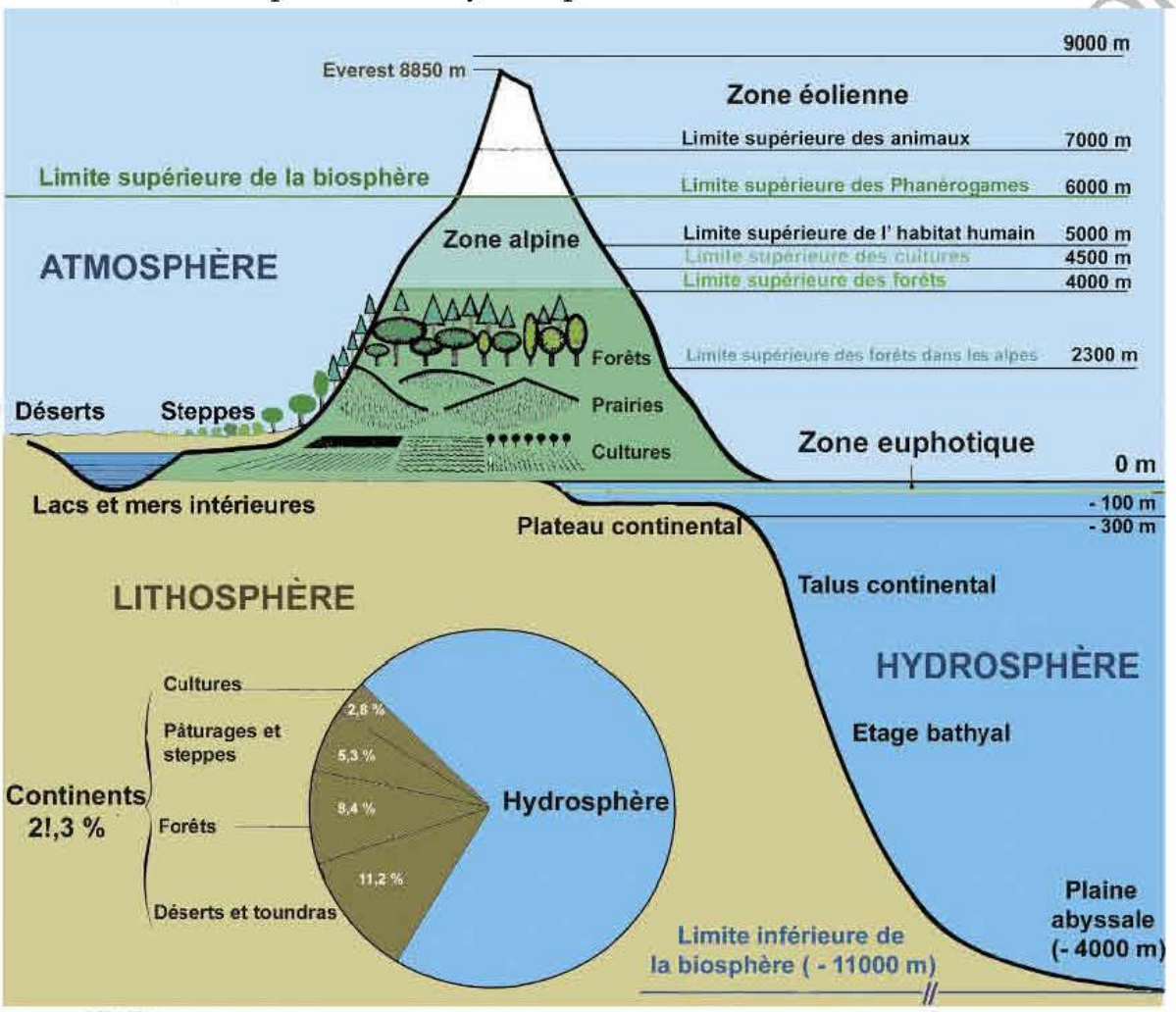


Fig.4. Zonation verticale de la biosphère et répartition des macro-écosystèmes.

Ecosphère est la région de la planète représentée par la biosphère et son environnement atmosphérique et lithosphérique. Ainsi l'ensemble des couches géologiques sédimentaires susceptibles d'être ramenées en surface par les mouvements tectoniques ainsi que les parties supérieures de l'atmosphère (stratosphère, mésosphère et ionosphère) font partie de l'écosphère.

L'écosphère ou biosphère constitue le niveau le plus complexe d'assemblage de la vie.

5. Notions de niche écologique et habitat

Le concept de niche écologique est proposé par Grinnell en 1917.

Les organismes d'une espèce donnée peuvent maintenir des populations viables seulement dans un certain **registre de conditions** et utiliseront seulement des **ressources** particulières. Ils peuvent aussi seulement se trouver dans un environnement donné pendant des périodes particulières.

Le recoupement de ces facteurs décrit **la niche**, qui est **la position** que l'organisme occupe dans son environnement. La niche écologique peut se définir aussi comme **la place et la spécialisation fonctionnelle** d'une espèce à l'intérieur d'un peuplement.

Les organismes peuvent changer de niches quand ils se développent.

Exemples: Les crapauds communs et les papillons changent leurs niches écologiques suivant leur âge ou leur cycle de développement. **(Tab.1)**

Tab.1. Exemples de changement de niche écologique

	Exemple 01: ***Crapaud commun***		*Exemple 02:* ***Papillon***	
Stade	**Jeune**	**Adulte**	**Jeune**	**Adulte**
Environnement	Aquatique	Terrestre	Feuillage	Fleurs
Alimentation	Algues + détritus	Insectes	Herbes	Nectars

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

Dans tout écosystème, il est fréquent que de nombreuses espèces puissent se rencontrer dans les macrohabitats ou même des microhabitats voisins ou identiques mais toujours elles occupent chacune une niche écologique distincte.

Exemple : Une forêt comporte un vaste nombre de niches pour un choix de oiseaux (sitelles, mésanges charbonnières, bécasses), de mammifères (souris de bois, renards), d'insectes (papillons, coléoptères, pucerons) et de plantes (anémones de bois, mousses, lichens).

Ainsi, on arrive à l'idée que la niche écologique concerne non seulement l'habitat d'une espèce, mais également ses relations avec les autres êtres vivants (parasitisme, prédation, compétition,...) ce que certains auteurs appellent son "métier" ou sa "fonction" dans l'écosystème. Selon une célèbre analogie (Odum, 1959), **la niche écologique est la profession** de l'espèce alors que **l'habitat en est l'adresse**.

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

CHAPITRE 2: LES FACTEURS ECOLOGIQUES, LEUR INFLUENCE SUR LES ETRES VIVANTS

1. Définition

Tous les êtres vivants sont constamment exposés de façon simultanée à l'action conjuguée d'un grand nombre de facteurs écologiques dont beaucoup varient dans le temps et dans l'espace. On appelle **facteur écologique** tout élément du milieu susceptible d'agir directement sur les êtres vivants au moins durant une partie ou une phase de leurs cycles de développement.

2. La classification des facteurs écologiques

Il existe plusieurs classifications des facteurs écologiques basées sur des critères distincts, on peut classer :

a) ***Selon leur origine:*** on distingue :

- ✓ **Les facteurs abiotiques** sont ceux de nature physique et chimique se sont les facteurs édaphiques (sol) par exemple, par opposition à l'eau qui est un facteur climatique avec la lumière aussi.
- ✓ **Les facteurs biotiques** comme la compétition, parasitisme, prédation concernent la relation qui existe entre les êtres vivants.

b) ***Selon la nature du milieu dans lequel le facteur exerce son action:*** on distingue:

- ✓ **Les facteurs climatiques,**
- ✓ **Les facteurs édaphiques,**
- ✓ **Les** facteurs hydrologiques,…etc.

c) ***Selon leur dépendance par rapport à la densité:*** on distingue:

- ✓ **Les facteurs indépendants de la densité** exercent leurs effets sur l'individu de façon indépendante de la densité de la population à laquelle il appartient.
- ✓ **Les facteurs dépendants de la densité** se sont ceux qui agissent sur les populations se sont des facteurs biotiques.

d) ***Selon leur périodicité:*** on distingue:

- ✓ **Les facteurs périodiques** sont imposés par la rotation de la terre (le climat, le jour, la nuit), les fluctuations annuelles, nycthémérales (jour, nuit).
- ✓ **Les facteurs apériodiques** sont des fluctuations brutales inhabituelles ex : la sécheresse, l'éruption d'un volcan..etc.

L'écologue Mondchasky a proposé une classification qui prend en considération la variable temps. Cette classification est fondée sur l'influence de fluctuations annuelles, saisonnières et nycthémérales propres au déplacement de la terre sur son orbite, lesquels influent sur la plupart des facteurs écologiques qui vont, de ce fait, présenter une périodicité plus ou moins marquée. On distingue des *facteurs périodiques* et des *facteurs apériodiques*.

- ✓ **Les facteurs périodiques primaires:** ce sont les facteurs qui ont une périodicité régulière (journalière, lunaire, saisonnière ou annuelle). Cette périodicité est sous la dépendance de

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

facteurs astronomiques (position terre, lune et soleil). Ces facteurs existaient dès l'apparition de la vie (la température, l'éclairement, le rythme des marées).

- ✓ **Les facteurs périodiques secondaires:** ils sont la conséquence de plusieurs facteurs primaires. L'humidité atmosphérique en est un exemple. Plus la liaison avec un facteur périodique primaire est forte, plus la périodicité du facteur secondaire est régulière.
- ✓ **Les facteurs apériodiques:** ce sont des facteurs qui n'existent pas habituellement dans les écosystèmes où ils vont apparaître brusquement. Ce sont des facteurs climatiques (vents, orages, cyclones, crues) ou géologiques (éruptions volcaniques, tremblements de terre). Ces facteurs sont aléatoires et les êtres vivants de l'écosystème n'y sont pas adaptés.

Tab.2. Classification des facteurs écologiques.

			Périodicité des facteurs
Facteurs abiotiques	Facteurs climatiques Température Eclairement Hygrométrie Pluviosité Autres facteurs (vents etc)	**Facteurs indépendants de la densité**	Périodiques primaires Périodiques secondaires
	Facteurs physicochimiques non climatiques Topographiques Edaphiques (biotiques terrestres) Granulométrie Composition chimique Hydrologiques (biotiques ou aquatiques) Pression Teneurs en sels minéraux Teneur en O_2 dissous.		Périodiques secondaires ou apériodiques
Facteurs biotiques	Facteurs trophiques Teneurs en sels minéraux nutritifs Nourriture disponible	**Facteurs dépendants de la densité**	Périodiques secondaires
	Facteurs biotiques Interactions intraspécifiques Interactions interspécifiques Compétition Prédation Parasitisme Autres facteurs		Périodiques secondaires ou apériodiques

Donc, on peut classer les facteurs écologiques de multiples façons, la plus évidente est de différencier les facteurs abiotiques, de nature physique ou chimique, des facteurs biotiques dus à l'influence d'êtres vivants.

COURS ECOLOGIE_GENERALE_Dr BELHADJ.H.

3. Mode d'influence des facteurs écologiques

Les facteurs écologiques peuvent agir sur les êtres vivants de différentes façons:

1. **Sur leur répartition géographique** (**distribution géographique**): Certaines espèces dont les caractéristiques climatiques ou physico-chimiques du milieu ne leur conviennent pas sont éliminées.
2. **Sur l'effectif des populations (densité):** le facteur écologique modifie les taux de fécondité et de mortalité des diverses espèces, agi sur les cycles de développement et peut provoquer des migrations.
3. **Sur l'apparition de certaines modifications adaptatives (ou adaptations):** Ces modifications peuvent être:
   - ✓ Modifications quantitatives du métabolisme.
   - ✓ Modifications qualitatives (diapause, hibernation, estivation, réactions photopériodiques…) (voir adaptation aux facteurs écologiques).

Rappelons qu'on peut envisager l'étude des effets des principaux facteurs écologiques qui caractérisent un écosystème donné sur l'individu pris isolément (approche éco-physiologique) sur une population d'une espèce déterminée (écologie des populations ou démo-écologie) ou sur la communauté tout entière d'êtres vivants (écologie des écosystèmes ou synécologie).

A- Loi du minimum (loi de Liebig)

Loi du minimum ou **loi de Liebig** (1840) qui concernait initialement les plantes cultivées et selon laquelle *la croissance d'un végétal n'est possible que dans la mesure où tous les éléments indispensables pour l'assurer sont présents en quantités suffisantes dans le sol.* Ce sont les éléments déficitaires (dont la concentration est inférieure à une valeur minimum) qui conditionnent et limitent la croissance.

Cette loi de Liebig est généralisée à l'ensemble des facteurs écologiques sous forme d'une loi dite « **loi des facteurs limitants**» énoncée de la façon suivante : «*la manifestation de tout processus écologique est conditionnée par celui des facteurs qui est le plus faiblement représenté dans le milieu*».

B - Facteur limitant

Un facteur limitant peut qualifier n'importe quel facteur écologique qui, par son intensité (trop forte ou trop faible), empêche l'existence d'une espèce, etc. Donc, un facteur écologique lorsqu'il est absent ou réduit au-dessous d'un seuil critique ou bien s'il excède le niveau maximum tolérable par un être vivant, il est dit: **facteur limitant**.

C- Loi de tolérance ou intervalle de tolérance (Loi de Shelford)

En 1911, **Shelford** a proposé sa loi, la **loi de la tolérance** qui dit que pour tout facteur de l'environnement existe un domaine de valeurs (ou intervalle de tolérance) dans lequel tout processus écologique sous la dépendance de ce facteur pourra s'effectuer normalement. C'est seulement à l'intérieur de cet intervalle que la vie de tel ou tel organisme, population ou biocénose est possible. La borne inférieure le long de ce gradient délimite la mort par carence,

Cours ECOLOGIE GENERALE Dr BELHADJ H.

la borne supérieure délimite la mort par toxicité. A l'intérieur de l'intervalle de tolérance, existe une valeur optimale, dénommée « **préférendum** » ou « **optimum écologique** » pour lesquelles le métabolisme de l'espèce ou de la communauté considérée s'effectue à une vitesse maximale. Chaque être vivant possède des ***limites de tolérance*** entre lesquelles se situe un ***optimum écologique***. (Fig. 5)

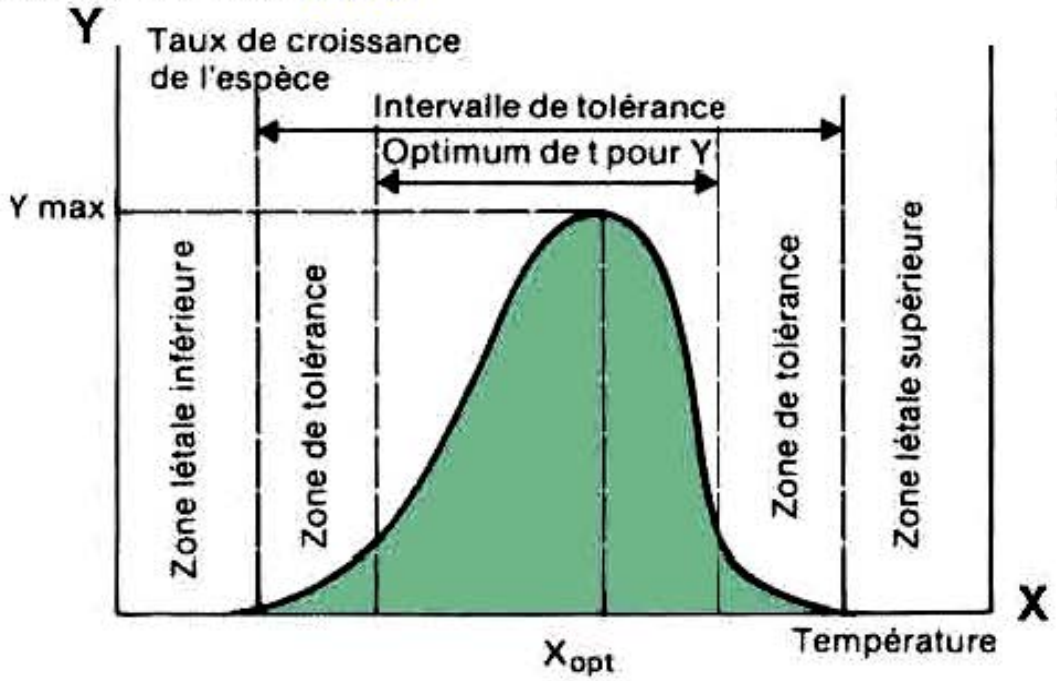


Fig.5. Relation générale entre l'activité biologique d'un individu, d'une population ou de toute autre entité écologique et le gradient d'un facteur de l'environnement.

Cette figure illustre la loi de tolérance de Shelford
X_{opt} = valeur optimale du facteur écologique ou preferendum.

D - Valence écologique

La valence écologique d'une espèce représente sa capacité à supporter les variations plus ou moins grandes d'un facteur écologique. Elle représente la capacité à se développer, coloniser ou à peupler un biotope donné.

- Une espèce à forte valence écologique c'est-à-dire capable de peupler des milieux très différents et supporter des variations importantes de l'intensité des facteurs écologiques, est dite **euryèce** (large amplitude ou intervalle de tolérance).
- Une espèce à faible valence écologique ne pourra supporter que des variations limitées des facteurs écologiques, est dite **sténoèce** (intervalle de tolérance restreinte)
- Une espèce à valence écologique moyenne, est dite **mesoèce** (intervalle de tolérance moyenne)

Exemple. Les capacités des espèces de supporter une température du milieu changent d'une espèce à une autre, ont dit qu'une espèce est **eurytherme** lorsqu'elle supporte une large variation ou amplitude de température contrairement à une espèce qui ne peut pas supporter une grande variation de température, elle est dite **sténotherme** (Fig. 6)

Cours_ECOLOGIE_GEN_DJ.H.

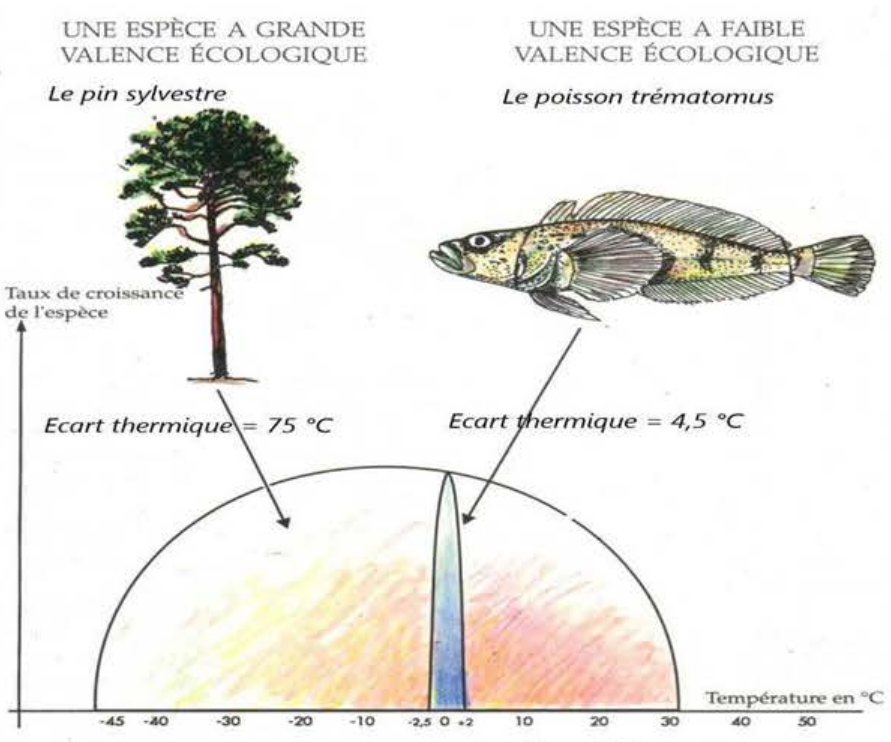


Fig.6. Comparaison des valences écologiques de deux espèces
(Pin sylvestre: eurytherme et le poisson Trématomus : sténotherme)

Le pin sylvestre est un arbre forestier extrêmement résistant, il supporte des hivers rigoureux comme les étés chauds. La courbe en demi-cercle illustre sa très grande capacité d'adaptation dans un large intervalle de températures (- 45 °C à 30 °C). Par opposition, le poisson Trématomus qui vit dans l'océan glacial antarctique ne tolère que des amplitudes thermiques de 4,5 °C (-2,5 °C à 2 °C).

Tab.3. Exemples d'adjectifs utilisés pour les facteurs écologiques.

Facteur écologique	Forte tolérance	Faible tolérance
Température	Eurytherme	Sténotherme
Eclairement	Euryphote	Sténophote
Eau	Euryhydre	Sténohydre
Humidité atmosphérique	Euryhygre	Sténohygre
Salinité	Euryhaline	Sténohaline
pH	Euryionique	Sténoionique
Nourriture	Euryphage (omnivore)	Sténophage
Nombre d'hôte parasités	Euryxène	Sténoxène

Cours ECOLOGIE GENERALE ...ADJ.H.

4. Adaptations aux facteurs écologiques

Les individus, les populations et les communautés d'êtres vivants ne subissent pas de façon passive l'influence des facteurs écologiques. Heureusement, la variabilité de l'environnement implique l'aptitude pour chaque organisme de s'adapter au gradient du facteur écologique pour pouvoir vivre dans ce milieu.

A cet effet, l'adaptation écologique est définie comme une modification de la forme, de la physiologie ou des comportements d'une espèce vivante lui permettant de supporter les variations d'un ou de plusieurs facteurs du milieu tout en continuant à l'exploiter.

Tactisme: Réactions ou comportements induits, provoqués, dirigés par les éléments du milieu, que ce soient la lumière (**phototactisme**), la température (**thermotactisme**), la gravité (**géotactisme**), une substance **(chimiotactisme)**.., etc.

Citons quelques types d'adaptations des êtres vivants aux facteurs écologiques:

4.1. L'acclimatation ou adaptation physiologique (ou métabolique)

L'adaptation physiologique ou acclimatation résulte de l'existence chez les êtres vivants des mécanismes de régulation provoquant de modifications métaboliques compensatrices qui permettent aux êtres vivants de maintenir constantes et à une valeur optimale leurs conditions internes face à des fluctuations de l'environnement.

Exemple d'acclimatation: **L'accoutumance chez l'espèce humaine à l'altitude**.

Tout individu vivant en plaine (altitude faible) a des difficultés d'oxygénation au cours d'un effort physique lorsqu'il arrive en montagne. En effet, en montagne il y a moins d'oxygène que dans la plaine. Ces malaises disparaissent au bout d'une semaine à quelques semaines environ dans ce milieu (montagne) suite à un accroissement du nombre des globules rouges dans son organisme **(Fig. 7)**.

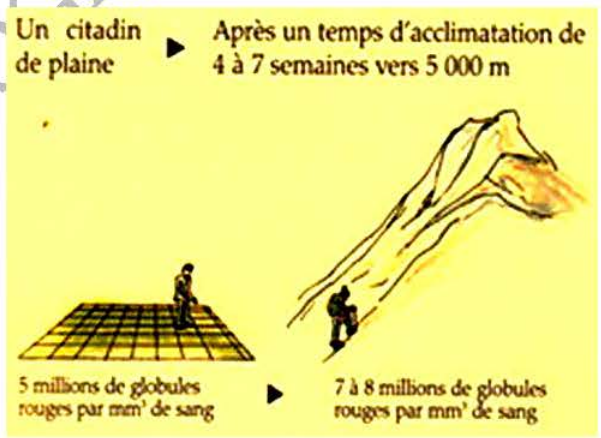


Fig.7. Accoutumance chez l'espèce humaine à l'altitude.

4.2. L'accommodation ou adaptation phénotypique

Il arrive que certaines modifications morphologiques chez les êtres vivants (plantes surtout) comme la variation de taille, de forme ou de coloration ne durent que tant que

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ H.

persistent les contraintes du milieu. Replacée dans son milieu de préférence l'espèce reprend peu à peu son aspect initial. La transformation qu'elle a subit n'est pas héréditaire (caractères non-inscrits sur le matériel génétique), c'est un simple accommodat.

Exemples d'accommodation: **Accommodation chez la sagittaire.**

La sagittaire est une plante lorsqu'elle se développe:

- en milieu terrestre ses feuilles sont rigides, lancéolées aplaties avec système racinaire puissant.
- en milieu aquatique ses feuilles sont allongées flexibles et sans cuticule épaisse afin d'absorber directement les sels minéraux dissous dans l'eau. Son système racinaire est également réduit.
- A demi immergée, elle présente simultanément 3 types de feuilles: les feuilles propres aux milieux terrestre et aquatique et des feuilles de type intermédiaire flottant à la surface de l'eau et ayant un limbe aplatie et élargie.

Curieusement, lorsqu'on cultive ces trois accommodats sur un même milieu, ils présentent tous les mêmes types de feuilles ! Cela montre que l'accommodation n'est pas génotypique mais elle est plutôt phénotypique **(Fig. 8)**.



Fig.8. Accommodation chez la sagittaire.
Chez la sagittaire les feuilles immergées sont à l'état de ruban allongé, celles qui flottent en surface arrondies, les feuilles aériennes sont lancéolées.

Autres exemples d'accommodation:

- la forme forestière que prend un arbre obligée de vivre en forêt,
- la forme naine que prennent nombre de plantes de plaine transportées en haute altitude,
- chez l'homme, le citadin montant faire un séjour en montagne va également développer des pigments et bronzer pour affronter une lumière plus intense et plus agressive.

Ces êtres vivants, une fois revenant à leur milieu initial reviendront progressivement à leurs normes habituelles.

4.3. Adaptation génotypique

C'est la forme d'adaptation la plus parfaite d'une espèce aux conditions écologiques locales. Elle se caractérise par l'acquisition génétique ou héréditaire des modifications.

Cours_ECOLOGIE_Dr_BELHADJ.H.

Exemples d'adaptation génotypique

- **Chez les végétaux**

✓ Lorsque les graines de plusieurs individus ayant subi une adaptation génotypique dans certains milieux sont cultivées côte à côte, dans les mêmes conditions, elles conservent intégralement les caractéristiques physiologiques et morphologiques qu'elles présentent dans leurs milieux d'origine.

✓ En plaine, le genévrier commun est un buisson de 1 à 4m de haut; monté à 1500m, il adopte un port ramassé qui n'est qu'un accommodat au climat froid et à la neige. Entre 1500m et 2000m pousse un genévrier nain dont le port rampant ressemble à celui du genévrier commun en altitude. Cette adaptation est liée aux contraintes de l'altitude car transplanté en plaine, il garde ce port rampant qui est un caractère génétique **(Fig. 9)**.

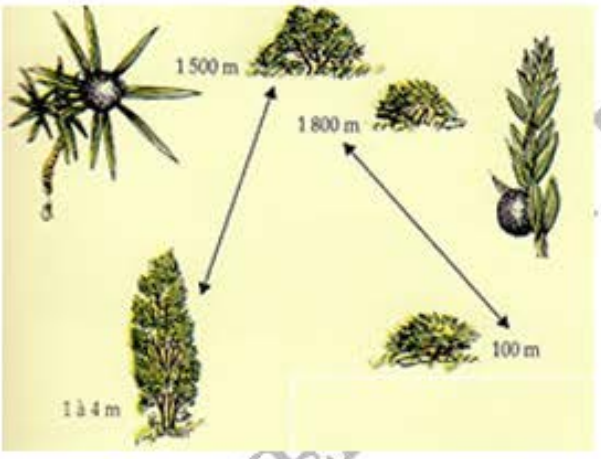


Fig.9. Adaptation génétique chez le genévrier commun.

- **Chez les insectes**

✓ Le géomètre du bouleau (papillon) vivait à l'origine en Grande-Bretagne sur le tronc de bouleaux couverts de lichens. Sa forme était mimétique de l'écorce claire. A partir du 19ème siècle, la pollution atmosphérique tue les lichens et couvres les arbres de suie. Trop visibles aux yeux de leurs prédateurs, les papillons clairs disparaissent des zones industrielles au profit de formes foncées apparues entre temps et mieux camouflées **(Fig. 10)**.

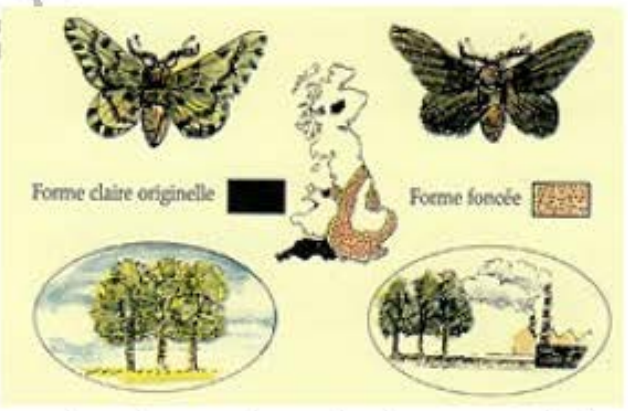


Fig.10. Adaptation génétique chez le géomètre du bouleau.

Ces organismes ayant subi des adaptations génotypiques (héréditaires) sont appelées des ***écotypes.***

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_BELHADJ.H.

5. Les facteurs abiotiques

5.1. Les facteurs abiotiques climatiques

a- Définition

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques ou des variations de température, d'humidité, de pression et de vent que subit l'atmosphère. A l'origine de ces variations est le soleil. C'est lui qui fournit l'énergie qui permet l'élévation de la température et l'évaporation de l'eau. C'est également le soleil qui crée les déséquilibres de pression, et donc les vents.

Le climat d'une région dépend, de ce fait, en premier lieu de l'intensité et de l'inclinaison du rayonnement solaire qu'elle reçoit. D'autres facteurs comme: le cycle de l'eau, la concentration des gaz à effet de serre, le relief et le couvert végétal de la région, la proximité des océans, etc. interviennent aussi dans le climat.

Les interactions entre ces différentes variables rendent cependant le climat très changeant:

✓ en fonction du lieu d'abord dont on distingue plusieurs types de climat:
- **Les macroclimats** (polaire, océanique, continental, tropical, équatorial, etc.) qui caractérisent de grandes étendues géographiques (les biomes).
- **Les mésoclimats** qui résultent d'une modification locale du macroclimat. Le climat méditerranéen, par exemple, est subdivisé en mésoclimats: humide, sub-humide, semi-aride et saharien.
- **Les microclimats** qui se situent à l'échelle de la station ou de l'individu (par exemple une clairière dans une forêt).

✓ en fonction du temps ensuite:
- le climat varie au cours des saisons,
- le climat subit des changements correspondant aux phénomènes successifs de glaciation et de réchauffement de la terre.

Le climat est important pour l'écologie, car il détermine les grandes lignes de la répartition de la végétation, des sols et également en partie des animaux.

b- Principaux facteurs climatiques

On peut distinguer parmi les facteurs climatiques un ensemble de facteurs:
- **facteurs énergétiques** (la lumière et la température),
- **facteurs hydrologiques** (précipitations, hygrométrie)
- **facteurs mécaniques** (vent, neige..).

5.1.1. Facteurs énergétiques

Le rayonnement solaire représente la source d'énergie primaire associée aux deux facteurs écologiques fondamentaux: la lumière (= éclairement) et la chaleur (= température).

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

- **Bilan radiatif de la terre**

La planète Terre est un bon exemple de système thermodynamique: elle échange de l'énergie avec le milieu extérieur mais recycle la matière à l'intérieur du système de manière à assurer un équilibre global.

Au cours d'une année la Terre reçoit en moyenne une énergie correspondant à **340 watts.m^{-2}** provenant du soleil dans les gammes d'onde du visible et du proche infrarouge. Mais l'atmosphère et la surface de la Terre réfléchissent plus de 30 % (100 watts.m^{-2}) de ce flux du fait notamment des nuages et des poussières atmosphériques: c'est l'**albédo terrestre**. Les 235 watts qui ne sont pas réfléchis vers l'espace servent à chauffer la planète: environ 67 watts.m^{-2} sont absorbés par l'atmosphère et les nuages et contribuent à son réchauffement alors que le reste (168 watts.m^{-2}) réchauffe les océans et les surfaces continentales.

Le rayonnement solaire absorbé par la Terre est transformé en chaleur de telle sorte que le système terrestre devient à son tour émetteur dans l'infrarouge. Il émet vers l'espace environ 235 watts.m^{-2}.an^{-1}, ce qui fait que la planète est en équilibre thermique: en théorie, elle ne se réchauffe pas et ne se refroidit pas **(Fig. 11)**.

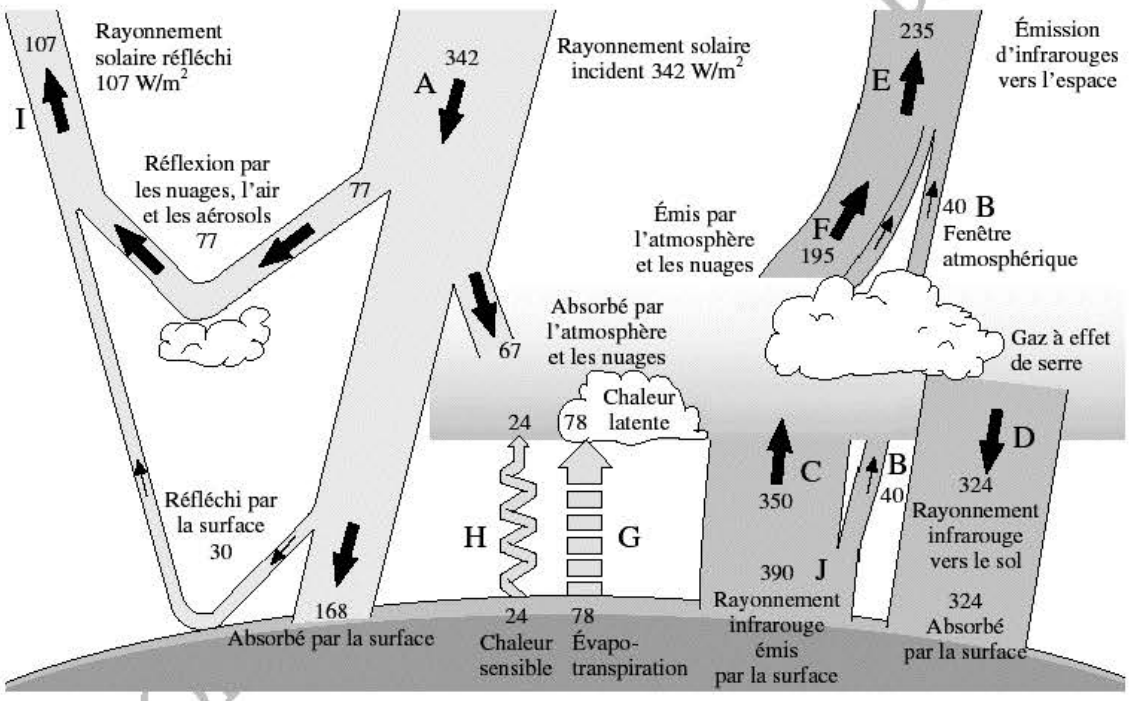


Fig. 11. Bilan radiatif de la Terre.

Les valeurs sont des moyennes pour toute la surface du globe en watt.m^{-2}.

Remarque: L'effet de serre résulte de l'absorption d'infrarouges rayonnés par la surface de la terre par des gaz de l'atmosphère: un échauffement additionnel se produit, ainsi qu'une émission d'infrarouges thermiques dans toutes les directions et notamment vers le bas. D'où échauffement et émission d'infrarouges thermiques supplémentaires par la surface et ainsi de suite.

Néanmoins le bilan radiatif à la surface de la Terre n'est pas nul, mais de l'ordre de +100 watts.m^{-2} en moyenne globale. Il est compensé par des flux non radiatifs de chaleur de la surface vers l'atmosphère.

Ces flux de chaleur correspondent au flux de **chaleur sensible** et pour une grande part au flux de **chaleur latente** de l'évaporation. De fait, le cycle de l'énergie dans le système climatique est étroitement couplé au cycle de l'eau.

Cours ECO BELHADJ.H.

Chaleur latente et chaleur sensible

Chaleur sensible: c'est la chaleur accumulée dans un corps sous forme d'une élévation de température. Le flux de chaleur sensible à l'interface océan-atmosphère est un échange de chaleur associé à un transfert direct de température par conduction ou convection.
Chaleur latente: c'est l'énergie échangée lors d'un changement de phase à température fixe. Par exemple : les changements de phase de l'eau lors de l'évaporation il est nécessaire de fournir de l'énergie de transition liquide/vapeur ($2{,}5.10^6$ $J.kg^{-1}$). Cette énergie sera restituée ultérieurement à l'atmosphère lors de la condensation d'H_2O dans les nuages, d'où le terme de latente (qui se manifeste plus tard).

a) **La lumière**

La lumière a principalement une action énergétique dans la biosphère. Elle joue un rôle primordial dans la plupart des phénomènes écologiques. A côté de son intensité et de sa qualité d'onde qui conditionnent l'activité photosynthétique et donc l'ensemble de la production primaire de la biosphère. Le facteur lumière intervient notamment, en écologie, par sa durée qui contrôle la croissance des plantes et leur floraison, mais aussi l'ensemble du cycle vital des espèces animales. La lumière peut être donc décomposée en deux éléments: **l'intensité** et **la photopériode**.

- **Actions de l'intensité sur les êtres vivants**

L'intensité de la lumière varie en fonction de la latitude et en fonction des saisons. L'intensité lumineuse a principalement une action sur les végétaux où elle commande la photosynthèse. Elle peut être un facteur limitant autant pour les hautes valeurs que pour les faibles. Ainsi deux types de plantes se distinguent selon leur préférence vis-à-vis l'intensité de la lumière **(Fig. 12 et Fig. 13)**:

✓ **Les Héliophiles** (syn. Photophiles ou de lumière) : désigne tout organisme qui exige un fort ensoleillement pour se développer ou présenter une activité normale sont représentées par les plantes cultivées, de nombreux végétaux arbustifs (romarin) et des arbres de forêt claire ou des habitats ouverts très ensoleillés **(Fig. 12 B, C, D).**

✓ **Les Sciaphiles** (syn. Héliophobes, photophobes, ou d'ombre): désigne tout organisme qui ne peut croitre que sous des luminosités réduites sont représentées par les espèces de sous-bois (fougères) et les jeunes stades de la majorité des espèces d'arbres (Hêtre) **(Fig. 12 A).**

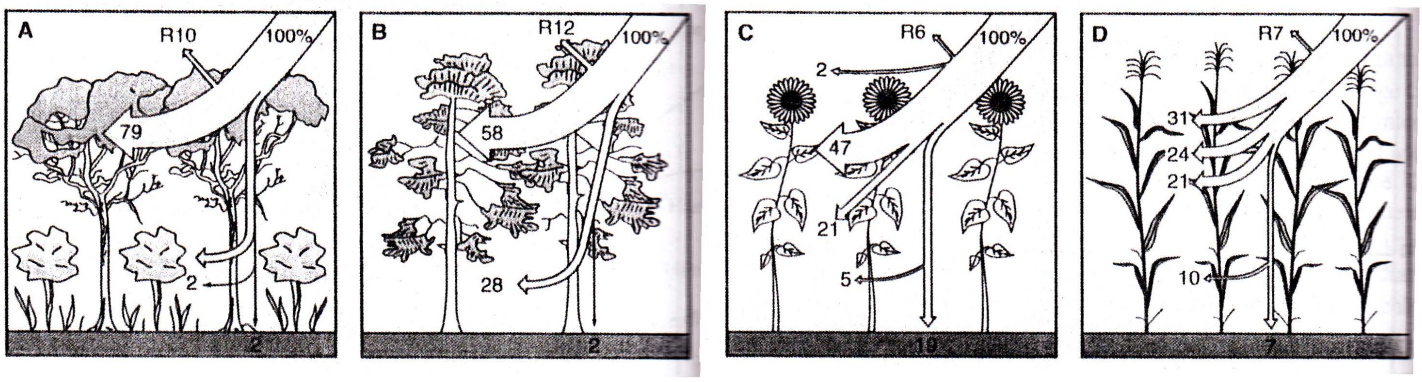


Fig. 12. Atténuation des radiations solaires accédant à la surface des communautés végétales.

A) Forêt mixte boréale de bouleaux et d'épicéa. **B)** Forêt de pin.
C) champ de tournesol. **D)** champ de maïs.

Un autre exemple, est en milieu marin, où l'on rencontre les plus sciaphiles des organismes autotrophes.

Avec la profondeur, la lumière diminue en intensité et évolue en qualité. Grace à leurs pigments surnuméraires, seules des algues rouges peuvent utiliser la très faible lumière qui leur parvient en profondeur (p. ex. Les Rhodophycées Mélobésiées utilisent des pigments comme les phycoérythrines, qui leur permettent de maintenir une activité photosynthétique à des niveaux où l'absorption différentielle par l'eau des radiations bleues et rouges ne laisse subsister qu'une lumière verte, peu absorbée par les chlorophylles) **(Fig. 13)**.

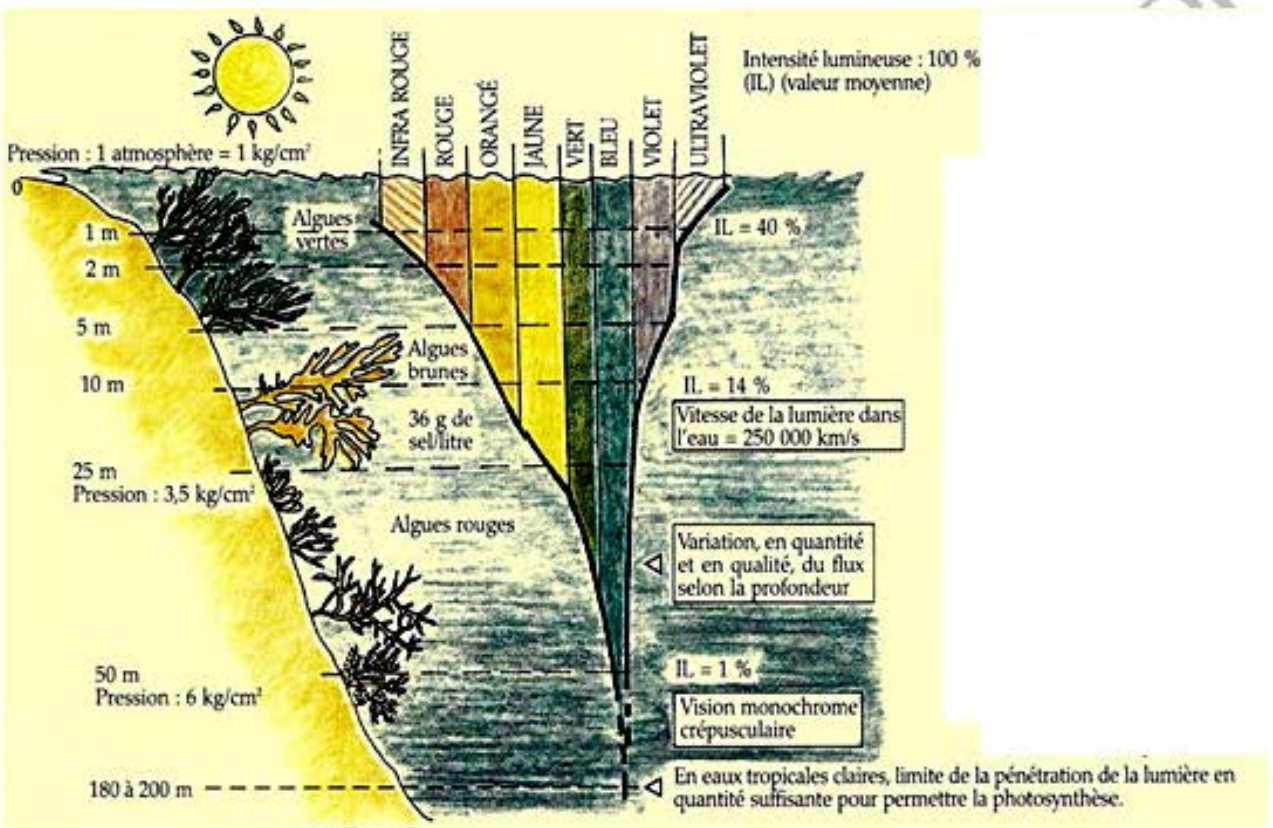


Fig. 13. Zonation des algues marines en profondeur en fonction de la réduction de lumière.

Les différentes longueurs d'onde ne sont pas bloquées aux mêmes profondeurs:
Les premières à être arrêtées sont les rouges, les dernières les bleues.
C'est le gradient de luminosité en fonction de la profondeur
qui détermine la zonation des peuplements d'algues,
chaque espèce se situant à un niveau où l'éclairement correspond
à son maximum d'activité photosynthétique.

Cours_ECOLOGIE_Dr.BELHADJ.H.

- **Actions de la photopériode sur les êtres vivants**

La photopériode joue aussi un grand rôle sur l'écologie des êtres vivants qu'ils soient des animaux ou des végétaux. On appelle **photophase** la période diurne (jour) et **scotophase** la période nocturne (nuit) **(Fig. 14)**

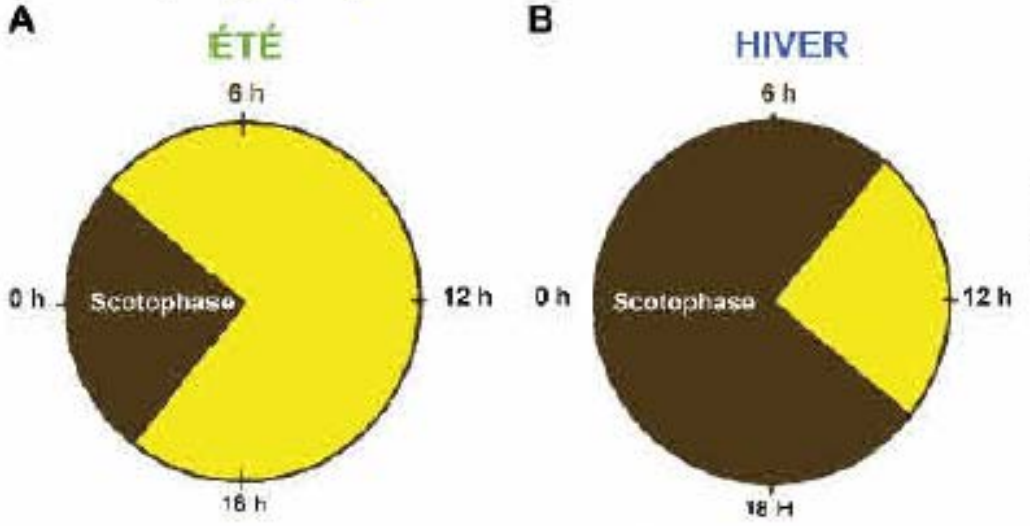


Fig. 14. Schéma représentant les variations relatives de la scotophase et la photophase au solstice d'été et d'hiver à la latitude de 50°N, qui est celle de l'Europe moyenne, par exemple.

Chez les végétaux, la photopériode contrôle la germination et la floraison. Pour la floraison, par exemple, la photopériode contrôle la différenciation des organes floraux. De ce fait, les végétaux sont divisés en trois catégories, on distingue:

- ✓ **Les plantes de jours courts (=Nyctipériodiques)**: ces végétaux nécessitent lors de la floraison que la scotophase soit prédominante par rapport à la photophase (p. ex. blés d'hiver, certaines variétés de soja, canne à sucre);
- ✓ **Les végétaux de jours longs (=Héméropériodiques)**: ces végétaux exigent pour fleurir une photopériode prépondérante. (p. ex. les céréales de printemps, les betteraves, épinards et céleri);
- ✓ **Les végétaux indifférents (Photoapériodiques)**: dont la floraison n'est pas contrôlée par la photopériode (p. ex. les plantes tropicales).

Chez les animaux, le rôle essentiel de la photopériode est d'entretenir les différents rythmes biologiques ou biorythmes. On distingue trois types de biorythmes:

- ✓ **Le rythme circadien (quotidien ou journalier ou nycthéméral)**: Rythme dont la période dure un nycthémère (= 24heures = photophase + scotophase = jour + nuit). Rythme entretenu par un mécanisme biologique inconnu chez les animaux *«Horloge biologique»* (espèces nocturnes ou diurnes) p. ex. blattes, chauve-souris, …
- ✓ **Le rythme lunaire**: Rythme en relation avec la position lunaire et le changement des marées. Influence sur les activités à marées hautes ou à marées basses, p. ex. moules, …
- ✓ **Le rythme saisonnier**: induit principalement par la photopériode et sa variation saisonnière. L'influence de ce type de rythme se manifeste sur:
  a. Les cycles de développement notamment lors de la période de reproduction avec activation des organes de reproduction, des modifications morphologiques et comportementales (p. ex. les végétaux et les animaux qui coïncident la période de reproduction avec la saison favorable),

Cours d'écologie générale Dr.H.

b. Sur le déclenchement des phénomènes de diapauses et de dormance (avant que ne survienne la saison défavorable),
c. Induction de mouvements de déplacement et de migration.

b) **La température**

- **Limites de tolérance**

La température est considérée comme un facteur limitant de première importance car:

✓ elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et agit directement sur les activités enzymatiques. Elle contrôle de ce fait la respiration, la croissance, la photosynthèse.., etc. il est connu que pour une augmentation de température de 10°C, l'accélération de la vitesse de réaction (métabolisme) est de l'ordre de 2 ou 3 (Loi de Van't Hoff ou Loi de Hoffschen),
✓ elle conditionne la répartition de la totalité des espèces de la biosphère.

Pris au sens large, l'intervalle thermique dans lequel la vie est possible est compris entre -200 et +100°C. Certaines formes de vie résistent au-delà de -180°C (p. ex. les spores de champignons, les kystes de nématodes). A l'opposé les cyanobactéries se développent dans des eaux de température dépassant 80°C.

Cependant, l'intervalle de tolérance de température supporté par une espèce ne dépasse pas 60°C même pour des organismes très eurythermes.

- **Classification des organismes suivant les processus de régulation de température**

La croissance, le développement, l'activité de la plupart des organismes dépendent plus ou moins de la température environnante. Donc, il est possible de classer les organismes suivant leurs processus de régulation de température du corps.

✓ **Les Poïkilothermes (à température changeante):** la température du corps varie avec la température du milieu (p. ex. les lézards et les insectes se réchauffent par des bains de soleil),
✓ **Les Homéothermes (à température constante):** la température du corps reste approximativement constante même si la température du milieu change (p. ex. Seuls les oiseaux et les mammifères présentent une température constante non influencée par celle du milieu ambiant),

Il est possible également de classer les organismes suivant l'origine de la température ou de la chaleur du corps.

✓ **Les Ectothermes**: Les ectothermes ont un métabolisme trop faible pour élever leur température au-dessus de la température ambiante. Ils tirent principalement leur chaleur de l'environnement, avec pour conséquence une fluctuation de leur température corporelle corrélée aux fluctuations de la température ambiante (p.ex. Protistes, plantes, Invertébrés, Amphibiens, Reptiles, Poissons),
✓ **Les Endothermes:** Les endothermes, à l'opposé, produisent suffisamment de chaleur pour maintenir leur température au-dessus de la température ambiante. (p. ex. Mammifères, Oiseaux).

- **Adaptations des êtres vivants aux températures extrêmes**

En règle générale et mise à part quelques exceptions citées précédemment, la température devient contraire à la vie vers les valeurs supérieures à 60 °C et celles inférieures à 0 °C. La première limite correspond au seuil critique d'altération de la structure des protéines; la seconde au seuil de détérioration par gel des structures cellulaires.

En fait, la plupart des organismes ont des tolérances à la température bien plus réduites, notamment les plantes et les animaux poïkilothermes qui n'ont pas la capacité de réguler leur température interne comme le font les vertébrés homéothermes (oiseaux et

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

mammifères). La plus grande résistance des procaryotes serait liée à l'absence de membrane nucléaire et à l'absence du fuseau mitotique.

Toutefois, dans les régions régulièrement soumises à des hivers froids ou à des périodes de sécheresse beaucoup d'espèces ont développé des comportements et des adaptations physiologiques et autres qui leur permettent de s'affranchir de la saison défavorable.

✓ **Adaptations physiologiques**

- Chez les végétaux la résistance au froid est liée au degré de déshydratation et à la teneur ou l'enrichissement en molécules solubles (sucres, acides aminés, protéines, sels…) du hyaloplasme. Malgré cela, chez certaines plantes, une certaine «quantité de jours froids» est nécessaire pour déclencher l'induction florale et pour lever les dormances des bourgeons ou des graines.
- Chez les animaux les plus évolués, la réponse à la chaleur se fait en augmentant la circulation périphérique afin de favoriser la transpiration. Cela permet ainsi par évaporation de cette transpiration de diminuer la température de la peau.
- Il existe des stratégies d'évitement qui permettent d'échapper aux saisons défavorables (trop chaud ou trop froid). Les organismes susceptibles d'être exposés à une phase de gel ou de chaleur excessive au cours de leur cycle vital subissent des arrêts de développement ou d'activité pendant les périodes défavorables :

→ **Si ces arrêts sont facultatifs**, on parle de **QUIESCENCE**: déclenchement uniquement si les conditions sont défavorables et arrêt dès que les conditions sont à nouveau favorables. Ainsi, un certain nombre de mammifères entrent en vie ralentie pendant l'hiver: ce sont des hétérothermes. Ce phénomène d'hibernation s'accompagne d'une baisse de la température corporelle.

Exemple **:** Chez les Spermophiles (écureuils terrestres), la température corporelle descend à 4.5°C, le rythme respiratoire à une inspiration par minute et celui du cœur à 2 à 3 pulsations par minute avec une pression artérielle élevée. Tant que la température est comprise entre 12 et 3.3°C, la température corporelle suit celle du milieu. Si elle descend au-dessous de 3.3°C, l'activité métabolique augmente. Le réveil s'effectue lorsque la température extérieure atteint 20°C, la température corporelle augmente alors jusqu'à 17.5°C en 1 heure 30. Trois heures après le début du réveil, l'animal est en pleine activité.

→ **Si ces arrêts sont obligatoires**, on parle de **DIAPAUSE**: déclenchement automatique quand les conditions sont encore favorables et période minimum d'arrêt obligatoire. La diapause sous climats tempérés est induite par les photopériodes courtes. Elle nécessite une quantité de froid minimale avant de pouvoir être levée.

Exemple : Le *Bombyx mori* (papillon) est une espèce à diapause.

✓ **Adaptations morphologiques**

Des réponses morphologiques au froid existent chez les animaux homéothermes.

Exemple 1: **Règle d'Allen**: Chez les mammifères et oiseaux des zones froides une tendance à la réduction de la longueur des appendices : oreilles, queue, cou, pattes et ailes,

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

d'autant plus accentuée que l'on se rapproche des régions polaires. Chez les renards et les lapins, la longueur des pattes et des oreilles décroissent quand le milieu devient plus froid **(Fig. 15)**

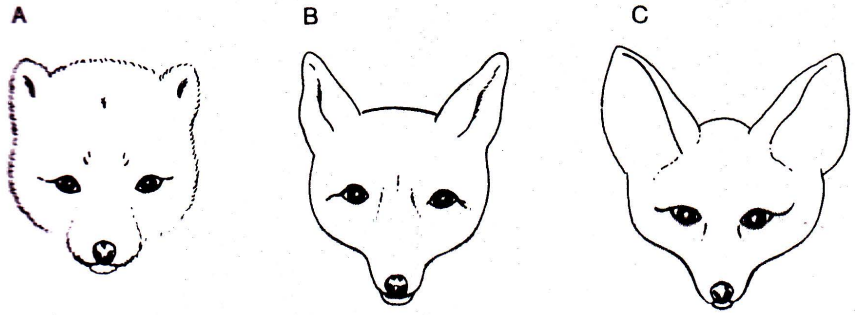


Fig. 15. Illustration de la règle d'Allen: la longueur relative des oreilles décroît chez les renards en fonction de la latitude.
En A, renard polaire (*Alopex lagopus*) ; en B, renard d'Europe (*Vulpes vulpes*) ; en C, Fennec (*Fennecus zerda*)

Exemple 2: **Règle de Bergmann**: une deuxième règle peut être observée lorsque corrélativement, la taille et le poids des animaux s'accroissent avec le froid. Chez les Manchots, la taille et le poids augmentent quand on va vers les pôles **(Fig. 16).**

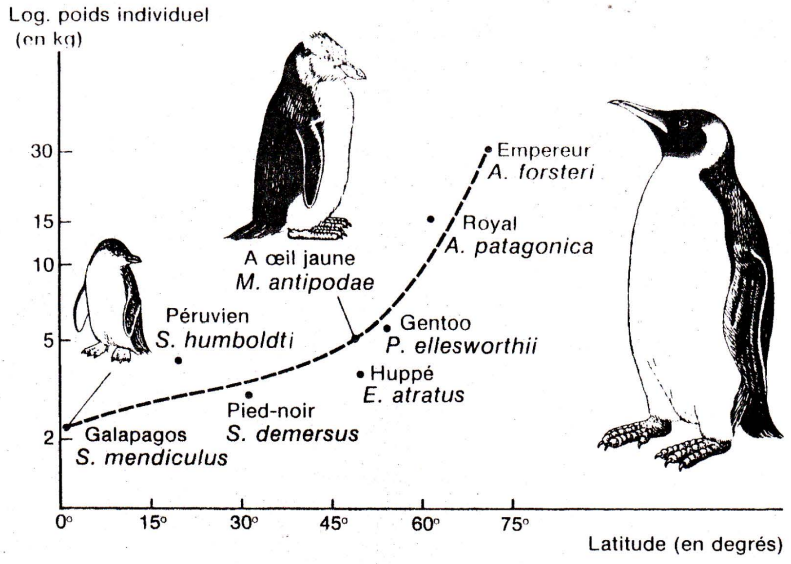


Fig. 16. Illustration de la loi de Bergman: accroissement de la taille et du poids moyen des manchots selon la latitude.
Le manchot des Galápagos, situé à l'équateur, figure parmi les plus petites espèces. A l'inverse, le manchot empereur, le géant du groupe, nidifie aux latitudes les plus australes. (A=Aptenodytes, E=Eudyptes, M=Mégadyptes, P=Pegoscelis, S=Spheniscus)

Ces deux types d'adaptations morphologiques ont pour effet de diminuer les pertes de chaleur par échange cutané en permettent donc des économies d'énergie lors de la thermorégulation en milieu froid.

✓ **Adaptations comportementales**

De nombreux animaux ont aussi une réponse comportementale en s'enfouissant lors des périodes de forte chaleur (jour).

Cours_ECO... Dr_BELHADJ.H.

5.1.2. Facteurs hydrologiques

Les êtres vivants renferment en moyenne 70% d'eau nécessaires à leur bon fonctionnement. La disponibilité en eau du milieu et l'hygrométrie jouent un rôle essentiel dans l'écologie des organismes terrestres en conjonction avec la température dont dépendent les pertes en eau des organismes.

On désigne sous le terme général de pluviométrie la quantité totale de précipitations (pluie, grêle, neige) reçue par unité de surface et unité de temps. L'hygrométrie désigne la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère.

Remarque : Le phénomène de rosée est très important dans certains milieux: en Californie, en été, le brouillard apporte trois fois plus d'eau que les pluies annuelles. C'est aussi le cas du désert du Kalahari (Botswana, Afrique du sud..), où sans l'humidité venue de l'océan, la vie serait impossible.

- **Classification des êtres vivants selon leurs besoins en eau**

En fonction de leurs besoins en eaux, et par conséquent de leur répartition dans les milieux, on distingue:

- ✓ **Des espèces aquatiques** qui vivent dans l'eau en permanence (ex : poissons);
- ✓ **Des espèces hygrophiles** qui vivent dans des milieux humides (ex : amphibiens);
- ✓ **Des espèces mésophiles** dont les besoins en eau sont modérés et qui supportent des alternances de saison sèche et de saison humide (ex : organismes terrestres des régions tempérés);
- ✓ **Des espèces xérophiles** qui vivent dans les milieux secs où le déficit en eau est accentué (ex: espèces supportant des degrés élevés de sécheresse, espèces des régions sahariennes).

- **Adaptations des êtres vivants aux conditions extrêmes (sécheresse)**

Pour conserver l'eau ou l'acquérir, c'est à dire pour maintenir l'équilibre de leur balance hydrominérale, les plantes et les animaux (xérophiles) ont développé de nombreuses adaptations, aux plans morphologique, physiologique ou comportemental.

Diverses stratégies adaptatives permettent aux espèces de se procurer de l'eau et de tolérer la sécheresse.

Chez les végétaux

- Réduction de l'évapotranspiration par développement de structures cuticulaires imperméables.
- Réduction du nombre de stomates.
- Réduction de la surface des feuilles qui sont transformées en écailles ou en épines.
- Les feuilles tombent à la saison sèche et se reforment après chaque pluie.
- Le végétal assure son alimentation en eau grâce à un appareil souterrain puissant.
- Mise en réserve d'eau dans les tissus aquifères associés à une bonne protection épidermique.
- Adaptations physiologiques : la photosynthèse utilisant la voie CAM (Métabolisme Acide Crassulacéen) qui limite les pertes d'eau par les stomates en permettant la fixation nocturne du CO_2, la photosynthèse proprement dite s'effectuant à stomates fermés durant la journée.

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Chez les animaux

La thermorégulation est un ensemble de phénomènes écophysiologiques permettant:

- Pertes importantes du poids corporel suite à l'oxydation des graisses pour l'utilisation de l'eau formée du métabolisme
- Variation de la température corporelle
- Excrétions concentrées et peu hydratées sous forme d'urine (Fennecs, Gazelles) ou sous forme de cristaux (Grenouilles arboricoles)
- Rétention hydrique (L'antilope Addax renferme 4 à 5 litres d'eau acidulée dans les parois spongieuses de son estomac)
- Récupération de la vapeur atmosphérique
- Utilisation de l'eau contenue dans les aliments (les fruits des Balanites sont riches en eau et même les Carnassiers, comme le Chacal, en consomment de grandes quantités).
- Ainsi que d'autres exemples d'adaptations …

A l'opposé, les êtres vivants aquatiques et hygrophiles (plantes épiphytes des forêts tropicales, plantes rupicoles des milieux aquatiques) et des amphibiens (grenouilles, nénuphar) ont aussi développé leurs stratégies d'adaptations à leurs propres milieux.

5.1.3. Facteurs mécaniques

Les principaux autres paramètres abiotiques climatiques sont: **le vent et la neige**. Néanmoins, leur action est limitée à quelques milieux particuliers. Ils peuvent constituer un facteur limitant dans certains biotopes.

- **Le vent**

Le vent résulte du mouvement de l'atmosphère entre les hautes et basses pressions. L'impact de ce facteur sur les êtres vivants peut se résumer comme suit :

- ✓ Il a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation.
- ✓ Il a aussi un pouvoir de refroidissement considérable.
- ✓ Le vent est un agent de dispersion des animaux et des végétaux.
- ✓ L'activité des insectes est ralentie par le vent.
- ✓ Les coups de vent, en abattant des arbres en forêt, créent des clairières dans lesquelles des jeunes arbres peuvent se développer.
- ✓ Le vent a un effet mécanique sur les végétaux. Sous l'influence des vents violents, la végétation est limitée dans son développement (nanisme, forme en drapeau) **(Fig. 17)**.
- ✓ il conditionne la direction du déplacement (Anémotaxie) et celle de croissance (Anémotropisme) des êtres vivants.

> ➢ **Anémotaxie**: Réaction de déplacement d'un être vivant conditionnée par le vent soit dans la direction de ce dernier (positive) soit en direction opposée (négative).
> ➢ **Anémotropisme**: Réponse de croissance ou de motilité d'un organisme dont 'orientation est déterminée par la direction du vent.

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr. BELHADJ.H.

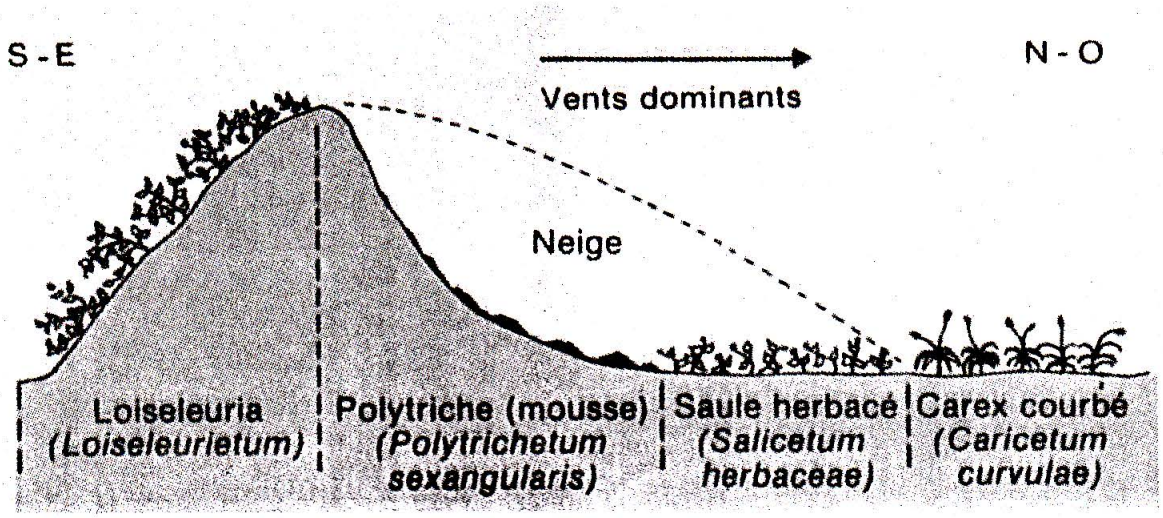


Fig. 17. Adaptation d'associations végétales à des conditions climatiques extrêmes des Alpes centrales vers 2500m d'altitude.

L'espèce végétale *Loiseleuria procumbens* croît sur les crêtes exposées au vent. Dans les combes abritées, où la neige persiste longtemps, se rencontrent des associations chionophiles à mousses (*Polytrichum sexangularis*) et à saule herbacé (*Salicetum herbaceum*).

- **La neige**

C'est un facteur écologique important en montagne. La neige exerce des contraintes thermiques et mécaniques. Elle peut constituer un facteur défavorable dans les endroits où elle reste trop longtemps (10 mois en étage alpin) où elle réduit la période de végétation ou de vie active **(Fig. 17)**. Mais c'est également un excellent manteau protecteur contre le froid. Au fait, cette couche neigeuse protège efficacement du froid: sous 30cm de neige la température est de 0 °C.

5.2. Les facteurs abiotiques du sol ou facteurs édaphiques

Les sols constituent l'élément essentiel des biotopes propres aux écosystèmes continentaux. Leur ensemble est dénommé **Pédosphère**.

La **pédologie** constitue la science qui étudie les sols. On appelle facteurs édaphiques, l'ensemble des paramètres ou caractères liés au sol, ceux-ci peuvent être de nature physique, chimique ou biologique.

5.2.1. Définition du sol

Le sol est un corps naturel structuré et dynamique, dont les propriétés physiques, chimiques et biologiques varient dans l'espace et dans le temps.

La genèse des sols ou **pédogenèse** à partir d'une roche mère fait intervenir deux processus de nature différente :

- L'altération de la roche mère sous l'effet de l'eau, de la température et des organismes vivants ;
- L'apport de matière organique par les êtres vivants.

Le développement du sol débute à la surface de la roche et se propage avec le temps formant des couches plus ou moins semblables appelées **horizons**.

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BEL_H.

A partir du haut se forment des horizons de dépôts d'origine organique, à partir du bas des horizons minéraux d'origine inorganique. Une coupe verticale donne le **profil du sol**.

5.2.2. Constituants du sol

Le sol est constitué de trois fractions:

- ✓ **Une fraction solide :** composée de:
  - minéraux
  - matières organiques vivantes ou mortes (litière) ou décomposées (humus).

- ➢ **Litière**: Couche superficielle des sols constituée par les feuilles mortes et autres fragments végétaux tombés au sol mais non encore décomposés par les micro-organismes.
- ➢ **Humus**: Mélange complexe de composés organiques provenant de la dégradation microbiologique de la matière organique morte des sols. Associé aux argiles des horizons supérieurs des sols, il leur confère leur fertilité **(voir aussi humification et minéralisation).**

- ✓ **Une fraction liquide:** composée des différentes solutions du sol.
- ✓ **Une fraction gazeuse ou «atmosphère du sol»:** composée des gaz du sol.

5.2.3. Principaux facteurs édaphiques

Parmi les facteurs édaphiques que relève l'écologue:

- **La texture du sol**

La texture d'un sol est sa teneur en pourcentages en sables, limons et argiles. Elle se mesure par l'analyse granulométrique. L'analyse granulométrique du sol consiste à classer les éléments du sol d'après leur grosseur et à déterminer le pourcentage de chaque fraction **(Tab.4).** Une première séparation à 2mm distingue la fraction fine (inférieure à 2mm) de la fraction grossière (supérieure à 2mm). La granulométrie prend en compte cette fraction fine (inférieurs à 2mm).

Tab.4. Classification granulométrique des éléments du sol.

	Elément	Classification pédologique (écologique)
FRACTION GROSSIERE	*Cailloux*	+ de 20 mm
	Graviers	2 mm à 20 mm
FRACTION FINE	*Sables grossiers*	0,2 mm à 2 mm
	Sables fins	20 µm à 0,2 mm
	Limons	2µm à 20µm
	Argiles	< 2µm

La texture s'exprime par un terme généralement composé p. ex. on dit qu'un sol est de texture limono-sableuse, etc. Cette classification est repérée dans un triangle appelé triangle des textures **(Fig. 18)**.

Cours ECOLOGIE GENERALE Dr_ D.H.

En fonction de la proportion de ces différentes fractions granulométriques on détermine les textures suivantes:

- **Textures fines**: comportent un taux élevé d'argile (>40%) et correspondent à des sols dits «lourds», difficiles à travailler, mais qui présentent un optimum de rétention d'eau.
- **Textures sableuses ou grossières**: elles caractérisent les sols légers manquant de cohésion et qui ont tendance à s'assécher saisonnièrement.
- **Textures moyennes :** on distingue deux types :

✓ *Les limons argilo-sableux qui ne contiennent pas plus de 30 à 35% de limons, qui ont une texture parfaitement équilibrée et qui correspond aux meilleurs terres dites «franches»*

✓ *les sols à texture limoneuse, (plus de 35% de limons), sont pauvres en humus (matière organique du sol provenant de la décomposition partielle des matières végétales et animales)*

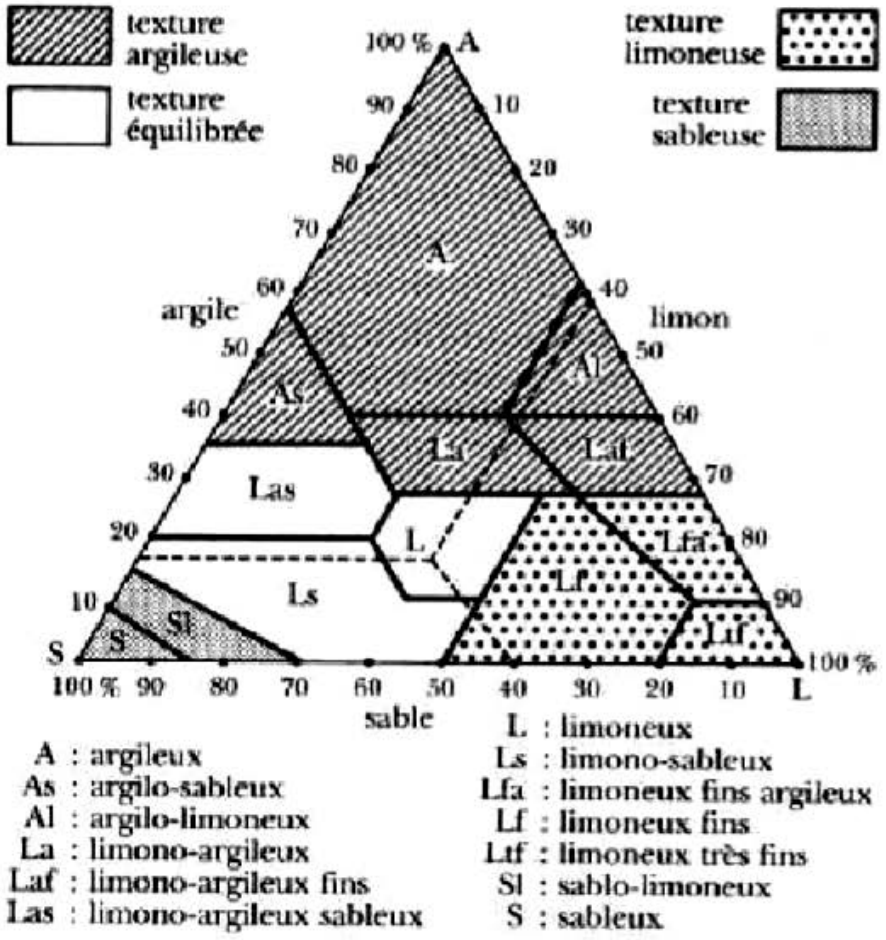


Fig.18. Le triangle des sols est un triangle équilatéral comportant trois variables dont la somme est de valeur constante (100%)

BELHADJ.H.
Cours_E

- **La structure du sol**

C'est le mode d'assemblage ou d'agencement des éléments constitutifs du sol (sables, limons, argiles). La structure du sol dépend de l'état de ces particules qui les constituent. Lorsque les particules colloïdales, organiques ou minérales sont agglutinées entre elles, elles forment des agrégats avec des particules de taille plus grosse. Dans d'autres cas, les particules sont dispersées et les éléments du sol restent indépendants les uns des autres. On distingue principalement trois types de structure **(Fig. 19)**:

✓ **Structure particulaire ou élémentaire**: où les éléments du sol faute ou par absence de colloïdes, le sol est très meuble (sols sableux).

➢ **Colloïde**: Terme désignant de grosses molécules organiques ou des microparticules d'argiles associées en micelles, généralement neutres ou charges électronégativement, que l'on rencontre dans les sols.

✓ **Structure compacte massive**: où les éléments sont liés par des ciments (matière organique, calcaire) durcis en une masse très résistante discontinue ou continue (sols argileux). Ce type de sol est compact et peu poreux. Il empêche cependant, les migrations verticales des animaux sensibles à la température et à l'humidité et ainsi en interdire leur existence.

✓ **Structure grumeleuse ou fragmentaire**: où les éléments sont liés par des matières organiques et forment des **agrégats** (Assemblage hétérogène de substances ou d'éléments qui adhèrent solidement entre eux) de tailles plus ou importantes. Cette structure est la plus favorable à la vie des êtres vivants, car elle comporte une proportion suffisante de vides ou de pores qui favorisent la vie des racines et l'activité biologique en général, en permettant la circulation de l'air et de l'eau.

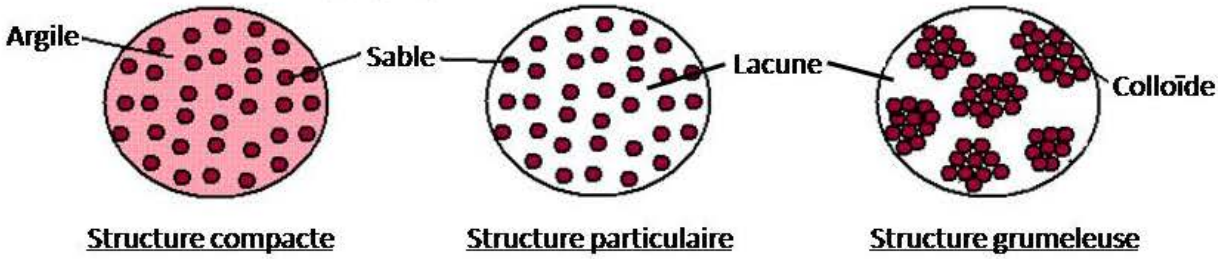


Fig. 19. Trois principales structures du sol.

- **La porosité**

La porosité est la proportion du volume des lacunes par rapport au volume total du sol. La porosité permet la circulation des gaz et de l'eau, et plus généralement l'aération du sol nécessaire à l'activité des microorganismes aérobies. On distingue :

✓ **La macroporosité** (vides > 50µm) : pouvant être remplis par l'eau de gravité rapidement drainée et souvent colonisée par les racines moyennes, elle dépend surtout de la texture.

Cours_Ecologie_Générale_Dr_BELHADJ.H.

- ✓ **La mésoporosité ou porosité capillaire** (vides de 0.2µm à 50µm) : retenant l'eau utile aux plantes, elle dépend beaucoup de la texture.
- ✓ **La microporosité** (vides < 0.2µm) : retenant l'eau inutilisable.

- **L'eau dans le sol**

L'eau dans le sol (son hygrométrie) représente le pourcentage de l'eau contenu dans un sol par rapport au volume total du sol. Il est évident que l'état d'humidité d'un sol dépend étroitement de sa texture ainsi que sa porosité. En fonction des particules et de la taille des pores dans le sol, on distingue 4 états différents de l'eau dans le sol **(Fig. 20)**:

- ✓ **L'eau hygroscopique :** provient de l'humidité atmosphérique et forme une mince pellicule autour des particules du sol. Elle est retenue très énergiquement et elle ne peut pas être utilisée par les organismes vivants.
- ✓ **L'eau capillaire non absorbable :** occupe les pores d'un diamètre inférieur à 0,2 µm. Elle est également retenue trop énergiquement pour être utilisée par les organismes vivants. Seuls certains organismes très adaptés peuvent l'utiliser.
- ✓ **L'eau capillaire absorbable :** située dans les pores dont les dimensions sont comprises entre 0,2 et 0,8µm. Elle est absorbée par les végétaux et elle permet l'activité des bactéries et des petits Protozoaires comme les flagellés.
- ✓ **L'eau de gravité :** occupe de façon temporaire les plus grands pores du sol. Cette eau s'écoule sous l'action de la pesanteur.

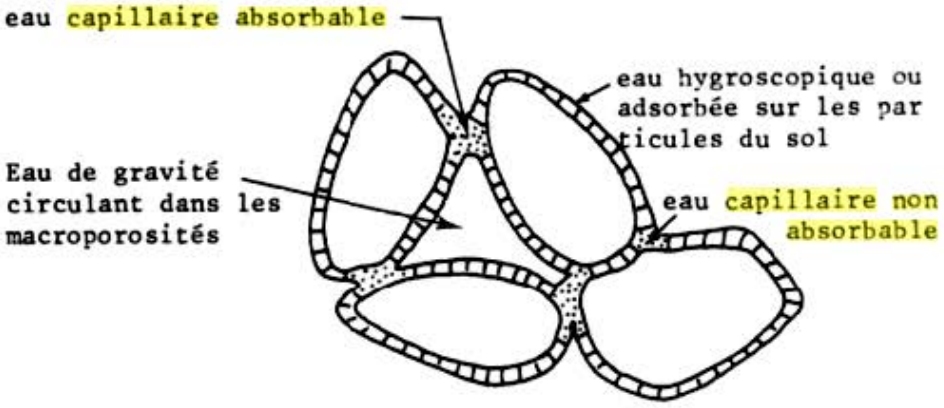


Fig. 20. Quatre types d'eau dans le sol.

Pour évaluer dans un sol la quantité d'eau disponible pour la végétation on détermine le **point de flétrissement permanent** lui-même est fonction de sa **capacité de rétention de l'eau**.

Cours_ERALE_Dr_BELHADJ.H.

- **Le point de flétrissement permanent** est le % d'eau (valeur d'humidité) rapporté au poids total d'un sol lorsque les végétaux commencent à se faner de façon permanente.
- **La capacité de rétention de l'eau** dans les sols dépend de leur porosité (teneur en limons et en argiles, car c'est un phénomène capillaire: l'adsorption est d'autant plus grande que la taille des particules est plus faible). Elle dépend aussi de la structure du sol (un sol de texture argileuse ou riche en humus retient plus d'eau qu'un sol de texture sableuse).

- **Le pH du sol**

Le pH du sol est la résultante de l'ensemble de divers facteurs pédologiques. En effet, la solution du sol contient des ions H^+ provenant de:

- L'altération de la roche mère
- L'humification de la matière organique (synthèse d'acide humique)
- L'activité biologique
- L'effet des engrais acidifiants

Le pH dépend également de la nature de la couverture végétale et des conditions climatiques (température et pluviosité) :

- les pH basiques (supérieurs à 7,5) caractérisent les sols qui se développent sur une roche mère calcaire. On les rencontre généralement dans les climats secs ou saisonnièrement secs et sous une végétation présentant des feuilles à décomposition rapide.
- Les pH acides (inférieurs à 6,5) se rencontrent beaucoup plus sous les climats humides et froids favorables à une accumulation de la matière organique. Ils caractérisent les forêts de conifères (forêts boréales). Ils se forment surtout sur les roches siliceuses et les roches granitiques.
- Les pH neutres (6,5 à 7,5)

Les organismes vivants tels que les Protozoaires supportent des variations de pH de 3,9 à 9,7 suivant les espèces : certaines sont plutôt **acidophiles** alors que d'autres sont **basophiles (alcalinophiles)**. Les **neutrophiles** sont les plus représentées dans la nature.

- **La composition chimique**

Les divers types de sols ont des compositions chimiques très variées. Les éléments les plus étudiés en ce qui concerne leur action sur la faune et la flore sont les chlorures et le calcium.

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ H.

Les sols salés, ayant des teneurs importantes en chlorure de sodium, ont une flore et une faune très particulière. Les plantes des sols salés sont dites des **halophytes** (euhalophytes, halophytes tolérantes, halophytes facultatives).

En fonction de leurs préférences au calcaire, les plantes sont classées en **calcicoles** (espèces capables de supporter des teneurs élevées en calcaire), et **calcifuges** (espèces qui ne supportent que de faibles traces de calcium). Les **nitrophytes** ou **plantes rudérales** sont des plantes qui poussent sur les milieux riches en nitrates. Les **psamophytes** poussent dans les milieux sableux alors que les **argilophytes** dans les milieux argileux.

Les sols dits anormaux renferment de fortes concentrations d'éléments plus ou moins toxiques : Soufre, magnésium…etc. Les métaux lourds exercent sur la végétation une action toxique qui entraine la sélection d'espèces dites **toxico-résistantes** ou **métallophytes** formant des associations végétales particulières.

Le Complexe Argilo-Humique (C.A.H) ou Complexe absorbant:

En pédologie, le complexe argilo-humique (C.A.H) est un ensemble formé par l'association de particules d'argiles et de composés humiques acides formant des micelles colloïdales. Chargé négativement, le C.A.H a la capacité de retenir des ions positifs (NH_4^+, Ca^{2+}, H_3O^+, Mg^{2+}, Na^+, K^+) (fig.12), mais ne pas retenir directement des ions négatifs (NO_3^-, PO_4^{3-}) qui sont entrainés par les eaux d'infiltration (pollution par les engrais). Cependant, les ions $H_2PO_4^-$ et HPO_4^{-2} forment des complexes stables avec Ca^{2+}, il y a donc une rétention indirecte de certains anions. Les ions positifs sont alors directement utilisables par les végétaux **(Fig. 21)**.

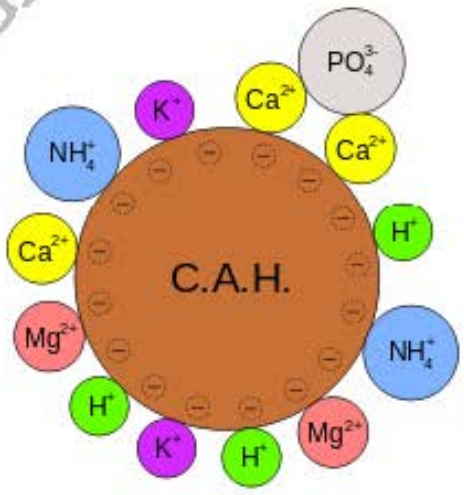


Fig.21. Représentation du complexe argilo-humique (micelle).

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

5.3. Les facteurs abiotiques du milieu aquatique (ou facteurs hydriques)

5.3.1. Généralités

L'eau est un composé de densité et de viscosité relativement élevées. Elle présente une forte chaleur spécifique ce qui rend les biotopes aquatiques moins sensibles aux variations thermiques saisonnières. L'eau possède aussi la propriété de dissoudre des quantités importantes de sels minéraux et de gaz.

L'eau en tant que milieu de vie nécessite des adaptations particulières de la part des organismes, mais ce milieu leur offre aussi un approvisionnement constant en eau et en ions.

Le milieu aquatique présente des particularités quant à la nature des facteurs écologiques qui le caractérisent. Dans ce milieu, généralement l'écologue mesure :

5.3.2. Les facteurs physiques

- **La densité et la viscosité**

La densité de l'eau varie avec la température et la teneur en matières dissoutes. La densité est maximale à 4°C, à 25 °C, la viscosité de l'eau est à peine la moitié de celle à 0 °C.

La densité et la viscosité de l'eau constitue une entrave aux déplacements rapides. Ceci a tendance à favoriser les formes hydrodynamiques chez les bons nageurs : thon.

Ces deux paramètres conditionnent également la flottaison des organismes, c'est pourquoi ils ont développé des adaptations les empêchant de couler.

Exemple : Vessie natatoire des poissons, flotteurs des algues et des méduses, pattes très longues ciliées de certaines araignées de l'eau.

La viscosité de l'eau facilite la flottabilité des organismes planctoniques de petite taille. Néanmoins, les eaux tropicales, de densités et de viscosité plus faible, ont une plus faible portance ce qui explique l'apparition de soies par exemple chez les planctons de ces régions.

- **La température et la lumière**:

La température de l'eau dépend de l'énergie lumineuse qu'elle reçoit. Seule la surface de l'eau est réchauffée car les rayons lumineux sont très vite bloqués : à 50m de profondeur la quantité de lumière n'est en général, plus que de 1% de sa valeur en surface. Les différentes longueurs d'onde ne sont pas bloquées aux mêmes profondeurs: les premières à être arrêtées sont les rouges, les dernières les bleues.

Exemple : L'étagement des algues **(Fig. 13).** La position de chaque algue dépend de sa capacité à capter la lumière présente à une profondeur donnée.

- **La pression**

Elle augmente d'une atmosphère (unité de pression) par 10m de profondeur, à 500 m sous l'eau elle est donc de 51 atmosphères.

Exemple : les adaptations étonnantes du phoque de Wedell lui permettent de plonger encore plus bas.

- **Les courants**

Les courants ont un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Ils ajustent les températures et les nutriments lors des périodes de mélange des eaux. Ils contrôlent aussi le cycle vital de nombreux organismes. C'est le cas pour les larves

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

planctoniques d'individus qui se fixent à l'état adulte sur des rochers. Cela permet le développement de très nombreuses formes de vie sessiles (fixées) étant donné que le milieu est renouvelé et que la nourriture peut être amenée par l'eau.

Exemple : En milieu d'eau douce, il existe des espèces **rhéophiles** qui sont particulièrement adaptées à des courants forts: Trichoptères. Ils tissent des toiles dans lesquelles les particules de nourriture seront piégées.

5.3.3. Les facteurs chimiques

- **L'acidité**

Le pH des eaux marines est de 8 à 8,4 en surface et de 7,4 à 7,8 en profondeur. Celui des eaux continentales varie entre 3 pour les fleuves et les lacs sur substrat acide à 10 sur les substrats calcaires. La teneur en gaz carbonique joue un rôle dans l'ajustement du pH. Les ions carbonates et bicarbonates jouent un rôle de tampon qui s'oppose aux variations de pH.

Exemple : Aucun poisson ne peut vivre en deçà d'un pH=3 et au-delà d'un pH=10. La plupart vivent dans des pH compris entre 6,5 et 8.

- **La teneur en gaz dissous (CO_2 et O_2)**

L'eau est capable de dissoudre de grandes quantités de substances gazeuses en particulier l'oxygène et le dioxyde de carbone.

Le gaz carbonique se dissous facilement dans l'eau: 200 ppm en volume à 25°C et 500 ppm à 0°C. Il ne représente que 1% du volume total de gaz carbonique dans l'eau, le reste étant sous forme ionique. L'eau renferme donc 150 fois plus de gaz carbonique que l'atmosphère: ce n'est pas un facteur limitant.

A l'opposé du gaz carbonique, l'oxygène qui, est un facteur limitant dans le milieu aquatique, ne se rencontre jamais à de fortes concentrations dans les eaux car sa solubilité est faible. Les teneurs maximales dans l'eau sont de 10 cm^3 par litre. Elles sont plus basses dans l'océan. La teneur en oxygène décroît quand la température s'élève, de sorte que sa concentration est deux fois plus faible à 30°C qu'à 0°C.

La quantité de dioxygène est liée à la dissolution en provenance de l'atmosphère et à l'activité photosynthétique. Elle est plus forte dans les milieux très agités où l'importante agitation permet d'être en sursaturation.

Exemple : Une truite ou un chabot ne peuvent vivre dans des eaux contenant moins de 5 à 7 cm^3 d'oxygène dissous par litre; une carpe peut supporter 0,5 cm^3 d'O_2 dissous par litre.

- **La teneur en sels minéraux et la salinité**

Les sels minéraux nutritifs, en particulier les ***phosphates*** et les ***nitrates*** sont toujours en faibles concentrations dans les milieux aquatiques naturels.

En milieu marin, la teneur en nitrate est de l'ordre de quelques dizaines de mg d'azote par mètre cube, celle des phosphates de quelques mg. Cela en fait des facteurs limitant pour la croissance des végétaux en milieu océanique.

La salinité totale des eaux varie d'une quasi-déminéralisation pour les lacs et les cours d'eau sur substrat granitique jusqu'à une concentration en sel atteignant plus de 200 g/l. Cette concentration peut monter jusqu'à 300 g/l dans les lagunes saumâtres et les lacs en voie d'assèchement. La salinité moyenne de l'eau de mer est de l'ordre de 30 g/l (le chlorure de sodium représentant 80% des sels dissous).

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

6. Les facteurs biotiques

Les facteurs biotiques sont l'ensemble des actions que les organismes vivants exercent directement les uns sur les autres. Ces interactions, appelées coactions, sont de deux types:

- **Homotypiques** ou intraspécifiques, elles se produisent entre individus de la même espèce. Elles dépendent essentiellement de la densité et on parle dans ce cas d'effet de groupe, d'effet de masse, compétition intraspécifique, cannibalisme…
- **Hétérotypiques** ou interspécifiques, elles ont lieu entre individus d'espèces différentes. Ces interactions vont de l'indifférence (neutralisme) aux relations défavorables (compétition interspécifique, prédation, parasitisme..) mais elles comportent aussi des relations favorables (commensalisme, symbiose,…).

6.1. Coactions homotypiques (ou intraspécifiques)

6.1.1. Le principe d'Allee

a) L'effet de groupe (grégarisme)

Chez certaines espèces animales ou végétales, lorsque plusieurs individus vivent en groupe, on observe un effet bénéfique sur la survie et la fécondité des individus. On parle alors de ***l'effet de groupe***. Chez les animaux, beaucoup d'activités comme la recherche de la nourriture, la lutte contre les ennemis, la reproduction sont facilitées par la vie en groupe (grégarisme) **(Fig. 22)**.

> ➢ **Grégarisme:** Tendance des animaux à former des groupes sociaux (bancs de poissons, bandes d'oiseaux). Ces groupes se distinguent des agrégations qui ont pour origine l'attraction pour une caractéristique précise de l'environnement mais sans avoir de relations sociales entre elles comme dans le cas des espèces grégaires.

***Exemple*:** On estime qu'un troupeau d'éléphants d'Afrique doit renfermer au moins 25 individus pour pouvoir survivre. L'effectif minimal d'un troupeau de rennes se situe entre 300 à 400 individus. Il en est de même pour certains insectes (criquet pèlerin), oiseaux (tisserins, hérons,..) ainsi que certains poissons... la lutte contre les prédateurs et la recherche de la nourriture sont facilitées par la vie en commun.

b) L'effet de masse

A l'inverse de l'effet de groupe, l'effet de masse se produit, quand le milieu devient surpeuplé, la tendance s'inverse et l'effet de groupe provoque une compétition sévère aux conséquences néfastes pour les individus. On parle alors de ***l'effet de masse*** **(Fig. 22)**.

Les effets néfastes de ces compétitions ont des conséquences sur le métabolisme et la physiologie des individus qui se traduisent par des perturbations, comme la baisse du taux de fécondité, la diminution de la natalité, l'augmentation de la mortalité, le cannibalisme, les épidémies etc. Chez certains organismes, le surpeuplement entraine des phénomènes d'**autoélimination.**

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Exemple: Chez la sourie domestique, lorsqu'elles sont entassées et même si la nourriture est abondante et adéquate, ces souries présentent un état de stress dû à une hyperactivité des glandes surrénales ce qui intervient sur l'augmentation des mortalités et la diminution des naissances (avortement, le mâle n'approche pas les femelles des souries,..).

Entre les seuils de populations à partir desquels se manifestent les effets de groupe et de masse se situe l'**optimum des populations (principe d'Allee)** (Fig. 22).

> ➢ **Principe d'Allée**: Ce principe stipule que la densité constitue un facteur écologique limitant pour une population naturelle tant à ses faibles valeurs qu'a ses fortes valeurs. Evident pour les fortes densités, car le surpeuplement exacerbe la compétition entre individus pour l'accès aux ressources indispensables en particulier la nourriture, ce principe est aussi valable pour des faibles densités. Ce fait apparemment paradoxal résulte de ce qu'un minimum de densité peut s'avérer nécessaire pour assurer la pérennité d'une population ou d'un groupe d'individus. Il est donc d'importance majeure en biologie de la conservation car les populations des espèces menacées sont toujours très réduites.

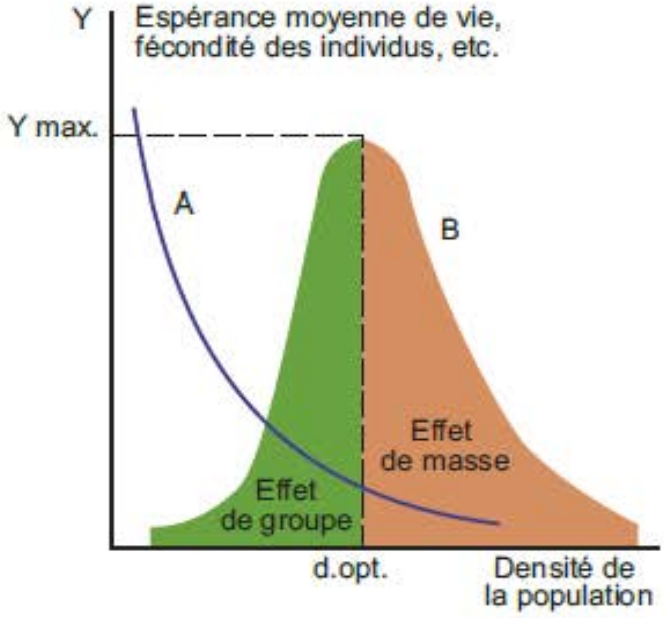


Fig. 22. Diagramme illustrant le principe d'Allee.

On constate que la réponse écologique d'une population tend à s'annuler tant pour les faibles densités (absence d'effet de groupe) que pour les fortes densités (effet de masse excessif).

Cours_ECOL

6.1.2. La compétition intraspécifique

Entre individus d'une même espèce, il peut se manifester une *compétition* dite *intraspécifique* pour la recherche de la lumière, de la nourriture, d'un partenaire sexuel ou pour la survie. Ce type de compétition peut intervenir pour de très faibles densités de population, et se manifeste de façons très diverses:

- Apparaît dans les comportements territoriaux, c'est-à-dire lorsque l'animal défend une certaine surface contre les incursions des autres individus.
- La compétition alimentaire entre individus de la même espèce est intense quand la densité de la population devient élevée. Sa conséquence la plus fréquente est la baisse du taux de croissance des populations.
- Le maintien d'une hiérarchie sociale avec des individus dominants et des individus dominés.

Exemples

Chez les végétaux, la compétition intraspécifique, liée aux fortes densités se fait surtout pour l'eau et la lumière. Elle a pour conséquence une diminution du nombre de graines formées et/ou une mortalité importante qui réduit fortement les effectifs.

Pour certaines espèces animales vivant en groupe et dans lequel la dominance hiérarchique détermine l'importance et le rang social de chaque individu, des mâles dominants s'affrontent parfois dans des combats corporels. Les mâles dominants sont les premiers à se nourrir et à s'accoupler. Les autres prêtent main forte aux mâles dominants ou abandonnent le groupe pour vivre en célibataires et sans aucune progéniture.

6.1.3. Le cannibalisme

Forme de prédation qui se pratique entre individus de la même espèce. Le cannibalisme se rencontre dans l'ensemble du règne animal.

Exemple: Chez de nombreuses espèces de rongeurs par exemple, le cannibalisme maternel peut avoir une valeur sélective en tuant les jeunes les moins forts, ce qui arrête tout investissement supplémentaire dans un enfant qui de toute façon ne serait pas viable.

Chez certaines espèces d'insectes ou d'araignées, les femelles cannibales dévorent les males lors ou après l'accouplement.

6.2. Coactions hétérotypiques (ou interspécifiques)

La cohabitation de deux espèces peut avoir sur chacune d'entre elles des effets ou des influences ***nulles (indifférence)***, ***défavorables (antagonisme)*** ou ***favorables***. Il en résulte les types de coactions suivants:

6.2.1. Le neutralisme

On parle de neutralisme lorsque les deux espèces sont indépendantes ou indifférentes: elles cohabitent sans avoir aucune influence de l'une sur l'autre car genres de vie, préférences ou niches écologiques sont totalement différents.

- **Synécie** est le cas de deux partenaires régulièrement associés sans que l'un soit pour l'autre source d'avantages ou d'inconvénients, mode de vie fréquent chez les animaux ou les plantes vivant fixés sur des organismes à enveloppe rigide (p. ex. Ficus vésiculeux (algue marine) en mer du Nord qui ne peut vivre sur un support sableux que s'il est fixé sur une coquille ou sur un autre support solide.

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

6.2.2. La compétition interspécifique

La compétition interspécifique peut être définie comme étant la recherche active, par les membres de deux ou plusieurs espèces, d'une même ressource du milieu (nourriture, eau, abri, lieu de reproduction ou de ponte, etc.).

Dans la compétition interspécifique, chaque espèce agit défavorablement sur l'autre. La compétition est d'autant plus intense entre deux espèces qu'elles auront des exigences écologiques plus voisines.

Cependant, deux espèces ayant exactement les mêmes besoins ne peuvent cohabiter, l'une d'elle étant forcément éliminée au bout d'un certain temps. Il s'agit du **principe de Gause (1934)** ou d'**exclusion compétitive**. Deux espèces ne peuvent appartenir à la même niche écologique au même endroit. On peut écrire l'équivalence: **une espèce ⇔ une niche écologique**.

6.2.3. L'amensalisme

C'est une interaction dans laquelle une espèce est éliminée par une autre espèce qui secrète une substance toxique. Dans les interactions entre végétaux, l'amensalisme est souvent appelé **Allélopathie**.

Exemple **:** Les noyers émettent par leur feuillage de la juglone qui est une substance qui empêche l'installation des plantes sous cet arbre.

- **Allélopathie** (syn. **Télétoxie**): Phénomène par lequel les plantes d'une espèce donnée peuvent empêcher le développement d'autres plantes en secrétant par leurs racines ou par leurs feuilles des substances toxiques qui inhibent la germination des graines ou la croissance des autres végétaux présents dans leur voisinage.

6.2.4. La prédation

La *prédation* est la relation qui existe entre le mangeur et le mangé. Un prédateur est un individu d'une espèce dite: «*espèce prédatrice*» qui se nourrit d'individus d'autres espèces dites: «*proies*». Le prédateur tue sa proie pour la manger. La prédation s'exerce surtout sur certains individus faibles et faciles à attraper tels que les individus jeunes, malades, blessés ou âgés. La prédation est de ce fait un processus écologique essentiel pour le contrôle des populations.

Si chaque prédateur a ajusté des techniques et des stratégies de chasse en déployant un minimum d'énergie, les proies de leur côté ont à leur tour développé des mécanismes de défense pour échapper et éviter leurs prédateurs, par la ***fuite***, le ***camouflage***, ou encore en essayer *d'**effrayer*** ou d'attaquer tout prédateur potentiel par l'émission de substances toxiques ou autres. Quelques espèces peuvent aussi se protéger en imitant d'autres pourvues d'un mécanisme de défense efficace contre les prédateurs. On parle du ***mimétisme***.

Les prédateurs peuvent être: ***polyphages*** (s'attaquant à un grand nombre d'espèces), ***oligophages*** (se nourrissant de quelques espèces), ou ***monophages*** (ne subsistant qu'au dépend d'une seule espèce).

COURS_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

6.2.5. Le parasitisme

Le parasitisme est une interaction entre deux organismes ou espèces dont l'un le « *parasite*», vit aux dépens de l'autre, appelé «*hôte*», en lui portant différents degrés de dommages mais sans le tuer directement. On peut considérer le parasitisme comme un cas particulier de la prédation. Cependant, le parasite n'est pas vraiment un prédateur car il n'a pas pour but de tuer l'hôte. Le parasite doit s'adapter pour rencontrer l'hôte et survivre au détriment de lui. L'hôte doit s'adapter pour ne pas rencontrer le parasite et s'en débarrasser si la rencontre a eu lieu. On distingue:

- **Parasites facultatifs** et **parasites obligatoires,**
- **Parasites permanents** et **parasites temporaires,**
- **Parasites internes *(Endoparasites)*** qui se développent à l'intérieur de leur hôte (Douve du foi, Ascaris, Ténia...) et **Parasites externes (*Ectoparasites)*** vivants à la surface du corps de leur hôte (Poux de tête, puces d'homme,..),
- Selon l'espèce hôte : **parasites humains, phytoparasites, zooparasites**
- Selon le nombre d'hôte: **Monoxène, Dixène…**
- Selon le cycle: **Holostène** (à un seul hôte de la même espèce), **Hétérostène** (à plusieurs hôtes de la même espèce)

> ➢ **Hyperparasites (ou superparasites):** c'est des parasites qui attaquent d'autres parasites. Chez les Insectes, on a signalé des cas où trois degrés de parasitisme pouvaient se trouver imbriqués les uns dans les autres. L'homme s'est servi de ce phénomène efficace et très différent de la lutte chimique pour concevoir la **lutte biologique** qui a conduit à d'incontestables réussites.
>
> ➢ **Parasitoïde (parasites-prédateurs):** Organisme qui se développe a l'intérieur d'un hôte en dévorant progressivement ses organes. (p. ex. les larves des Hyménoptères (Térébrants) et des Diptères (Tachinaires) jouent un rôle déterminant dans la régulation des populations d'arthropodes et autres invertébrés terrestres en particulier de nombreuses espèces d'insectes ravageurs des cultures, les parasitoïdes pouvant éliminer 95 % des individus d'une génération avant que ces derniers n'atteignent l'âge adulte).

Tout comme les prédateurs, les parasites peuvent être ***polyphages***, ***oligophages*** *ou* ***monophages***.

6.2.6. Le commensalisme

Interaction entre une espèce, dite « *commensale* », qui en tire profit de l'association et une espèce « *hôte* » qui n'en tire ni avantage ni nuisance. Le commensalisme est une association non destructrice pour l'hôte, ce qui le différencie par rapport au parasitisme. Les deux espèces exercent donc l'une sur l'autre des coactions de tolérance réciproque.

***Exemple*:** Les animaux qui s'installent et qui sont tolérés dans les gites ou abris des autres espèces.

Cours ECOL... Dr BELHADJ.H.

- **Phorésie**: la phorésie correspondant au transport de l'individu par une autre espèce, plus grande, est un cas particulier de commensalisme. Elle est très répandue chez les petits invertébrés (Acariens, Insectes, Nématodes). Dans ce cas, l'animal phorétique recherche activement son hôte et se fixe sur le tégument pour se faire transporter, assurant ainsi sa dissémination.
- **Inquilinisme**: Type d'interaction positive entre espèces différentes dans laquelle l'une se fait héberger et utilise les déchets alimentaires ou autres présents dans le nid de l'espèce hôte sans que cette dernière ne tire un bénéfice particulier de sa présence – à la différence d'une relation symbiotique. De nombreux Insectes bénéficient des terriers de Mammifères ou des nids d'Oiseaux .., on parle alors d'inquilinisme. C'est le cas également du Poisson pilote (*Remora*) du Requin, qui profite du déplacement rapide et des restes de nourriture de ce dernier.

6.2.7. Le mutualisme

C'est une interaction dans laquelle les deux espèces vivantes trouvent un avantage. Cette interaction peut être facultative (***coopération***), ou obligatoire (***symbiose***)

6.2.8. La coopération

Deux espèces ou plus forment une coopération non réciproque et/ou non obligatoire, relation bénéfique aux différentes espèces coopérantes. ***Exemple*** : les oiseaux coloniaux.

6.2.9. La symbiose

C'est la forme la plus évoluée des interactions positives entre espèces et représente la forme la plus évoluée d'association entre êtres vivants puisque les deux espèces bénéficient d'avantages réciproques et ne pourraient pas subsister, ou alors très mal, hors de cette union.

Lors d'une **ectosymbiose** entre animaux, le partenaire reste extérieur à l'autre: symbiose de nettoyage, symbiose de protection,

Lors d'une **endosymbiose** l'un des partenaires vit dans l'autre: symbiose nutritive, symbiose métabolique..

***Exemple*:** Les graines des arbres doivent être dispersées au loin pour survivre et germer. Cette dispersion des graines est l'œuvre d'oiseaux, de singes… qui en tirent profit de l'arbre (alimentation, abri…).

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Tab.5. Types de coactions hétérotypiques.

Types de coactions	Espèces réunies		Espèces séparées		Autres exemples
	A	B	A	B	
NEUTRALISME	0	0	0	0	**Moutons, moineaux.**
COMPETITION	-	-	0	0	**Léopards entre eux, chouette et faucon.**
AMENSALISME	-	0	0	0	**Cyprès inhibe la croissance d'autres arbres autour de lui. Le champignon *Penicillium* peut produire des composés antibiotiques comme la pénicilline et inhiber la croissance des bactéries alentours.**
PREDATION **A : prédateur B : proie**	+	-	-	0	**Lion et gazelle.**
PARASITISME	+	-	-	0	***Fasciola hepatica* et le mouton.**
COMMENSALISME **A : espèce commensale B : espèce hôte**	+	0	-	0	**Les lianes qui poussent sur les arbres des forêts équatoriales**
COOPERATION (MUTUALISME)	+	+	0	0	**Les poissons pilotes dans le dos du requin.**
SYMBIOSE (MUTUALISME)	+	+	-	-	**Algue et champignon chez les lichens.**

0 *: les espèces ne sont pas affectées dans leur développement;*
+ *: le développement de l'espèce est rendu possible ou amélioré ;*
– *: le développement de l'espèce est rendu impossible.*

Cours_ECOLOGIE GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Chapitre 3: STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES (LES FACTEURS ALIMENTAIRES)

1. La Biosphère et son organisation

Biosphère, terme présenté par le géologue russe Vladimir Ivanovich Vernadsky (1925) représente, au sens strict, l'ensemble des organismes vivants, animaux et végétaux se retrouvant à la surface de la planète terre. Ce terme désigne aussi, au sens large, la partie du globe où se trouvent les êtres vivants et où la vie est possible en permanence.

La biosphère comme espace ne forme qu'une mince ceinture autour de la terre qui comprend la lithosphère (écorce terrestre), l'hydrosphère (ensemble des océans et des eaux continentales) et l'atmosphère (enveloppe gazeuse de la terre). Théoriquement la biosphère est une couche d'environ 20km d'épaisseur puisque la vie pénètre jusque dans les fosses océaniques au-delà de 11000m de profondeur, ces dernières constituent une limite inférieure, alors que dans la lithosphère, on ne trouve guère trace de vie au-delà d'une dizaine de mètres. Dans l'atmosphère, par suite de raréfaction de l'oxygène, les êtres vivants se font plus rares avec l'altitude et vivent rarement à plus de 10000m, altitude qui constitue la limite supérieure de la biosphère **(Fig. 4)**.

Cependant, certains écologues utilisent également le terme **Ecosphère** qui inclut la lithosphère, l'hydrosphère, l'atmosphère, la biosphère au sens strict et la **Photosphère** représentée par le Soleil. Le soleil est la première source d'énergie pour la biosphère. Cette énergie est à l'origine de toute vie. **(Fig. 11)**.

La biosphère est organisée en un ensemble d'entités structurales et fonctionnelles **«Ecosystèmes»** qui se subdivisent en milieux terrestres, aquatiques, continentaux et océaniques.

2. Structure et fonctionnement des écosystèmes

Les écosystèmes sont alimentés en énergie par le soleil. Le biotope fournit la matière organique et inorganique. La biocénose comporte trois catégories d'organismes: les **producteurs** de matières organiques, des **consommateurs** de cette matière et des **décomposeurs** qui la recyclent et constituent de la sorte des agents biologiques indispensables aux grands **cycles biogéochimiques** tels celui du carbone, de l'azote, du phosphore, du soufre et des autres éléments constituant la matière vivante.

2.1. Structure trophique des écosystèmes (facteurs alimentaires)

La nourriture est un facteur écologique important pour la vie des êtres vivants. La quantité de nourriture présente et accessible, par exemple, peut être un facteur limitant pour

COURS D'ECOLOGIE GENERALE Dr BELHADJ.H.

de nombreuses espèces. Concernant ces facteurs qui influent sur le bon développement d'une espèce ou d'une population, l'écologue pourra étudier :

- La teneur en éléments minéraux nutritifs
- La nourriture disponible
- La qualité et la quantité de cette nourriture

2.1.1. Notion de niveau, chaîne et réseau trophiques

Dans un écosystème, des relations trophiques, ou alimentaires, s'établissent entre les êtres vivants qui le constituent.

On désigne sous le terme **niveaux trophiques** les divers stades par lesquels circule la matière dans les biocénoses. On distingue trois niveaux fondamentaux: producteurs primaires qui sont principalement des végétaux, les herbivores qui se nourrissent strictement des végétaux et les carnivores qui consomment strictement des herbivores.

Une **chaîne trophique (ou chaine alimentaire)** est une suite d'êtres vivants dans laquelle les uns mangent ceux les précédents dans la chaîne avant d'être mangés par ceux qui les suivent.

L'ensemble de ces relations est qualifié de **réseau trophique** qui se définit comme un ensemble de chaines alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème et par lesquelles l'énergie et la matière circulent **(Fig. 23)**.

2.1.2. Composants d'une chaine trophique

Dans une chaîne trophique on retrouve trois catégories d'êtres vivants qui dépendent étroitement les unes des autres:

a) Les producteurs (autotrophes)

Constituent le 1er niveau trophique de l'écosystème (Producteurs primaires). Ce sont les végétaux chlorophylliens (plantes vertes vasculaires, phytoplanctons, cyanobactéries ou algues bleus) capables de synthétiser la matière organique (ou matière biochimique élaborée) à partir de l'énergie solaire et du gaz carbonique, de l'eau et des éléments minéraux.

b) Les consommateurs (hétérotrophes)

Ces êtres vivants se nourrissent des matières organiques fabriquées par les producteurs primaires. Ils se considèrent comme étant des Producteurs secondaires. En ce qui concerne les consommateurs, on peut distinguer:

- **Consommateurs primaires (C1) (herbivores et parasites végétaux)**: qui mangent les producteurs.
- **Consommateurs secondaires (C2) (carnivores de 1er ordre)**: qui mangent les herbivores.
- Il y a même ceux qui consomment d'autres carnivores.

  On distingue alors des **consommateurs C1, C2, C3,…etc.**

COURS EN LIGNE DE L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE D'EL HARRACH

c) Les détritivores et les décomposeurs

Différents organismes et microorganismes s'attaquent aux cadavres et aux excrétas et les décomposent peu à peu en assurant le retour progressif au monde minéral des éléments contenus dans la matière organique.

- **Détritivores**

Se sont des individus qui se nourrissent de détritus animaux ou végétaux. Leur action marque la 1ère étape de la transformation de la matière organique morte (Fragmentation des débris en éléments plus fins rejetés dans les fèces par hydrolyse enzymatique au cours du transit intestinal). On distingue plusieurs catégories de détritivores:

- ✓ **Nécrophages:** Ne se nourrissant que de cadavres d'animaux. **Ex. :** Nécrophore, insecte coléoptère souvent associé au bout de quelques jours à d'autres insectes adultes ou à des asticots de mouches sur les cadavres d'oiseaux ou de mammifères.
- ✓ **Saprophages:** Désigne les êtres vivants qui mangent des éléments végétaux en décomposition. Ex. : Cloportes.
- ✓ **Géophages:** Animaux du sol qui assurent un rôle primordial dans l'humification. **Ex. :** Vers de terre qui « mangent leur chemin en avançant ». Ainsi, ils digèrent les fragments de matière végétale enfouis ou tombé sur le sol.
- ✓ **Coprophages:** Organisme mangeant des excréments. **Ex. :** Bousier.

- **Décomposeurs**

La première étape de dégradation de la matière organique morte, assurée par les détritivores, permet à des êtres microscopiques, des bactéries, des champignons ou des protozoaires d'accomplir la seconde étape de cette transformation. Ces organismes hétérotrophes consomment de la matière organique morte qu'ils transforment en humus ou qu'ils minéralisent. Cette fonction est indispensable au recyclage de la matière organique.

- ➢ **L'humification:** correspond à la décomposition de la matière organique de la partie superficielle du sol. Elle assure la formation d'**humus** caractérisé par la concentration importante d'acides humiques (noyaux aromatiques liés par des chaînes carbonées).
- ➢ **La minéralisation:** est une transformation de matière organique en éléments minéraux (eau, nitrates, phosphates, CO_2, calcium, etc.). La respiration des êtres vivants, par exemple, correspond, à l'échelle des écosystèmes, à un passage du carbone organique en carbone minéral (CO_2).

2.1.3. Principaux types de chaines trophiques

On différencie les chaînes alimentaires selon leur point de départ et la taille corporelle des différents êtres vivants qu'elles contiennent. Trois types de chaînes trophiques sont distingués:

a) Les chaînes trophiques des prédateurs

C'est des chaînes alimentaires qui partent des végétaux, dans lesquelles on a de moins en moins d'individus, mais de plus en plus gros au fur et à mesure que l'on s'éloigne des végétaux. (Règle d'Eltron énoncée en 1921)

Exemple : (100) Carottes → (05) lièvres → (03) Loups
Producteurs → **Herbivores** → **Carnivores**

Cours ECO ... E_Dr_BELHADJ.H.

b) Les chaînes trophiques des détritivores (saprophytes)

C'est des chaînes alimentaires qui partent de la matière organique morte (rôle de décomposition) vers des organismes détritivores de plus en plus petits (microscopiques) et nombreux comme les invertébrés, les bactéries et les champignons.

Exemple : (01) Cadavre (renard) → (80) Nématodes→ (250) Bactéries

c) Les chaînes trophiques des parasites

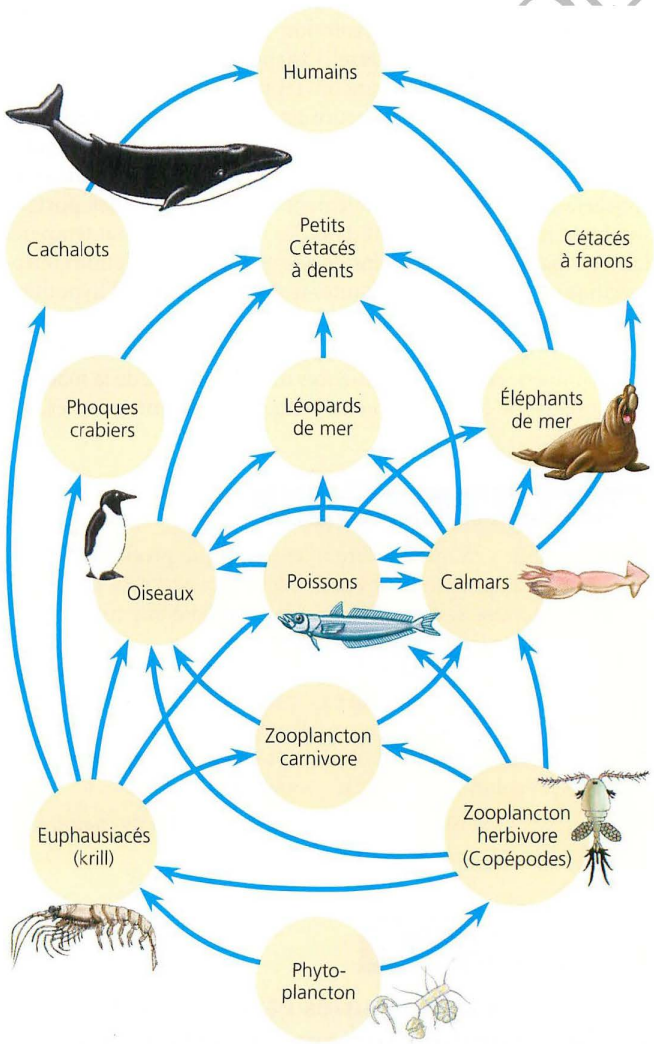
C'est des chaînes alimentaires qui partent d'organismes de grandes tailles et vont vers des organismes petits, voire minuscules (chaînes de parasites).

Exemple :

(01) Sapin → (10) Chenille → (40) Baconides → (80) Chalcidiens

Végétal → Herbivore → Parasite → Hyperparasite

En réalité, ces trois types de chaînes trophiques coexistent toujours dans un écosystème de sorte que plusieurs espèces peuvent appartenir à la fois à plusieurs chaînes alimentaires dont l'ensemble constitue un réseau alimentaire ou réseau trophique. Une même espèce animale ou végétale peut donc servir d'aliment à plusieurs autres espèces.



▲ **Figure 53.13 Réseau alimentaire marin de l'Antarctique.**
Les flèches suivent le transfert de nourriture à partir des producteurs (phytoplancton) et d'un niveau trophique à l'autre. Par souci de simplicité, ce diagramme ne montre pas les détritivores.

Fig.23. Réseau alimentaire ou trophique d'un écosystème aquatique marin de l'Antarctique. Les flèches suivent le transfert de nourriture à partir des producteurs (phytoplancton) et d'un niveau trophique à l'autre.

Cours_ECO_BELHADJ.H.

2.1.4. Représentation graphique des chaines trophiques

Les **pyramides écologiques** sont des représentations graphiques de la structure trophique des écosystèmes. Ces pyramides correspondent à des rectangles superposés de même largeur et de longueur proportionnelle au paramètre mesuré. On peut parler de pyramide des **nombres**, des **biomasses** et/ou des **énergies** (Fig. 24).

a) La pyramide des nombres

Le nombre d'individus de chaque niveau trophique y est représenté. Ce nombre décroit ou décroit d'un niveau trophique à l'autre (selon le type des chaines alimentaires, mais le plus souvent en décroissance). Cette pyramide met à pied d'égalité des organismes de masses différentes **(Fig. 24A)**.

b) La pyramide des biomasses

Elle représente pour chaque niveau trophique la biomasse correspondante (biomasse sèche). Les pyramides des biomasses accordent la même importance à des tissus ayant des valeurs énergétiques différentes **(Fig. 24B)**.

c) La pyramide des énergies

Elle est le mode de représentation le plus satisfaisant car chaque niveau trophique est mentionné par la qualité d'énergie accumulée et de celle dépensée par les organismes de chaque niveau (kcal) par unité de surface (ou de volume) et de temps **(Fig. 24C)**.

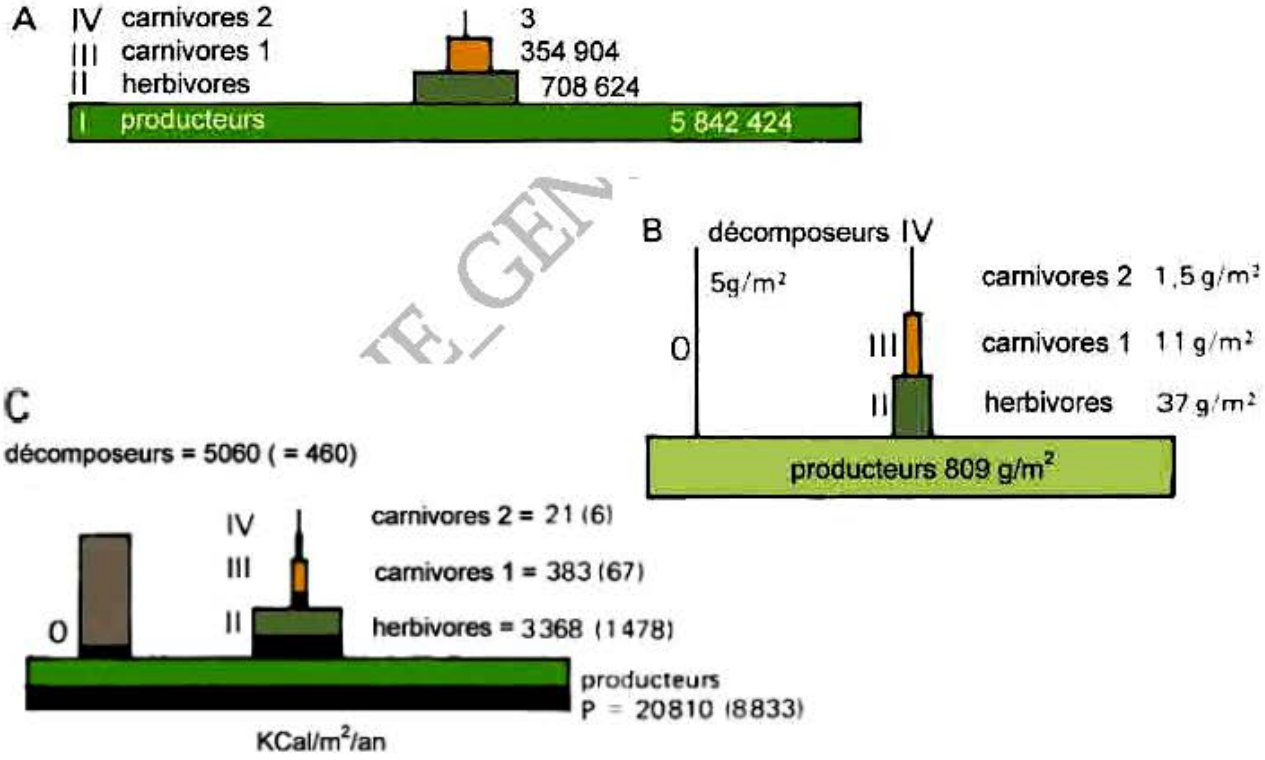


Fig.24. Différents types de pyramides écologiques

Pyramides des nombres (A), des biomasses (B) et des énergies (C).

Le flux de l'énergie transitant dans chaque niveau trophique est exprimé en **kcal . m^{-2} . an^{-1}**. La partie noire montre la fraction du flux d'énergie perdue par la respiration et par l'excrétion.

2.2. Fonctionnement des écosystèmes

Le fonctionnement d'un écosystème est caractérisé par:

- des *flux d'énergie* entre les organismes tels les végétaux qui accumulent de l'énergie solaire par photosynthèse, les animaux herbivores qui utilisent cette énergie, et les décomposeurs qui recyclent la matière organique;
- des *cycles biogéochimiques* qui résultent de la circulation de la matière sous forme de substances alternativement minérales et organiques. Ces cycles concernent en particulier l'eau, le carbone, l'oxygène, l'azote, le phosphore, etc.;
- des *chaînes alimentaires* qui structurent l'écosystème en niveaux trophiques. Les interactions de type trophique – ou alimentaire – sont les moteurs des flux d'énergie et de matière.

L'écosystème est une notion essentiellement dynamique: les flux, les cycles biogéochimiques et les structures trophiques évoluent en permanence dans le temps et dans l'espace.

2.2.1. Flux d'énergie

a) Quelques définitions

Dans chaque écosystème, une partie du flux d'énergie qui pénètre dans le réseau trophique n'est pas dissipée mais stockée sous forme de substances organiques. Cette production ininterrompue de matière vivante (Biomasse) constitue un des processus fondamentaux de la biosphère. C'est en effet cette productivité des écosystèmes qui assure le renouvellement des ressources de la biosphère (Production primaire et secondaire).

- **Biomasse:** c'est la masse totale de matière vivante présente a un niveau trophique donne dans un écosystème ou correspondant à celle de la population d'une espèce donnée dans une communauté. Dans un écosystème donné, on trouve que la biomasse décroit au fur et à mesure que l'on s'élève dans les niveaux trophiques. **(Fig.27)**
- **Production**: Ensemble de la matière vivante produite par les diverses catégories écologiques d'êtres vivants. Elle s'évalue par la quantité de biomasse produite pendant une période donnée. On distingue:

  - ✓ **Productivité brute (PB):** Quantité de matière vivante produite pendant une unité de temps par un niveau trophique donné.
  - ✓ **Productivité nette (PN):** Productivité brute moins la quantité de matière vivante dégradée par la respiration **(PN = PB – R).**
  - ✓ **Productivité primaire:** Productivité nette des autotrophes chlorophylliens.
  - ✓ **Productivité secondaire:** Productivité nette des herbivores, des carnivores et des décomposeurs.

b) Transfert et flux d'énergie

Les relations trophiques qui existent entre les niveaux d'une chaine trophique se traduisent par des transferts d'énergie d'un niveau à l'autre. **(Fig. 25)**.

Cours ECOLOGIE GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

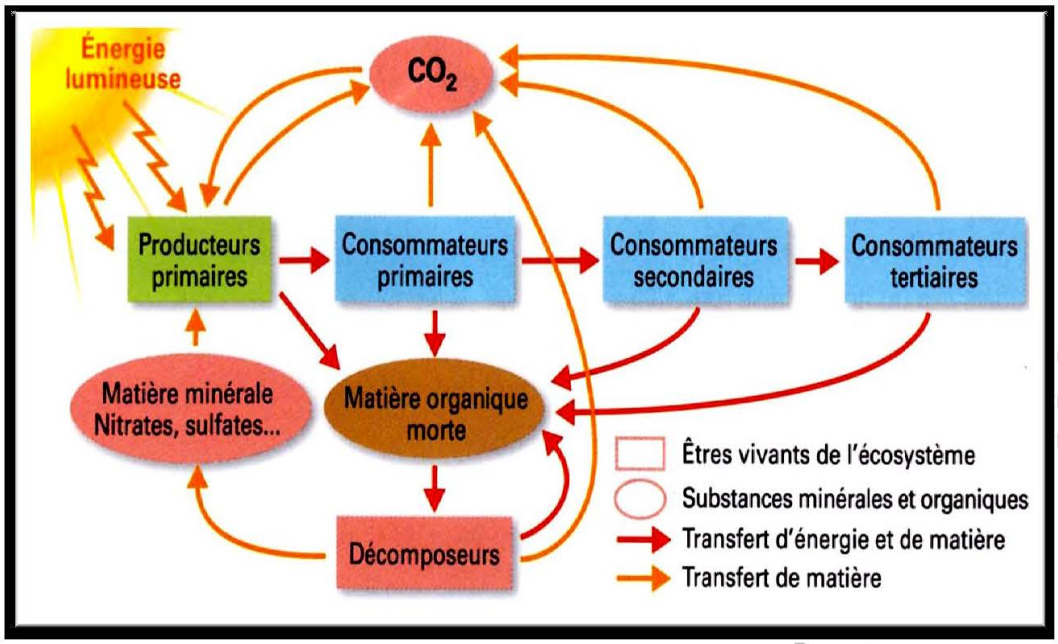


Fig.25. Schéma simplifié de transfert d'énergie.

Le transfert de l'énergie à travers un réseau trophique s'effectue toujours avec d'énormes pertes lorsque l'on passe d'un niveau de production au suivant. Ainsi, dans chaque maillon le flux correspond à la quantité d'énergie assimilée par les êtres qui le composent. Il tient compte non seulement de l'énergie fixée dans la matière organique vivante, mais aussi des pertes cataboliques qui ont permis cette fixation **(Fig.26)**

❖ **Flux d'énergie au niveau des Autotrophes (N=I)**

- Une partie de la lumière solaire absorbée par le végétal est dissipée sous forme de chaleur **(CH),**
- Le reste est utilisé pour la synthèse de substances organiques (photosynthèse) et correspond à la Productivité primaire Brute **(PB),**
- Une partie de **(PB)** est perdue pour la Respiration **(R_1)**
- Le reste constitue la productivité primaire Nette **(PN),** nous pouvons écrire: **PB=PN+R1**
- Une partie de **(PN)** sert à l'augmentation de la biomasse végétale**,**
- Le reste de **(PN)** sert d'aliment utilisé par le niveau trophique suivant (Herbivores)

❖ **Flux d'énergie au niveau des Herbivores (N=II)**

- Une partie seulement de la production végétale est ingérée par les herbivores qu'on appellera quantité d'énergie Ingérée **(I_1),**
- La quantité d'énergie ingérée **(I_1)** correspond à ce qui est réellement utilisé ou Assimilé **(A_1)** par l'herbivore plus ce qui est rejeté (Non Assimilé) **(NA_1)** sous la forme d'excréments et de déchets : $\mathbf{I_1 = A_1 + NA_1}$
- La fraction assimilée **(A_1)** sert d'une part à la Productivité Secondaire **(PS_1)** et d'autre part aux dépenses Respiratoires **(R_1) :** $\mathbf{A_1 = PS_1 + R_1}$
- **Flux d'énergie au niveau des Carnivores 1 et 2 (N=III et N=IV)**

  On peut continuer de la même façon avec les carnivores 1 (N=III) et les carnivores 2 (N=IV) **(Fig.26)**

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

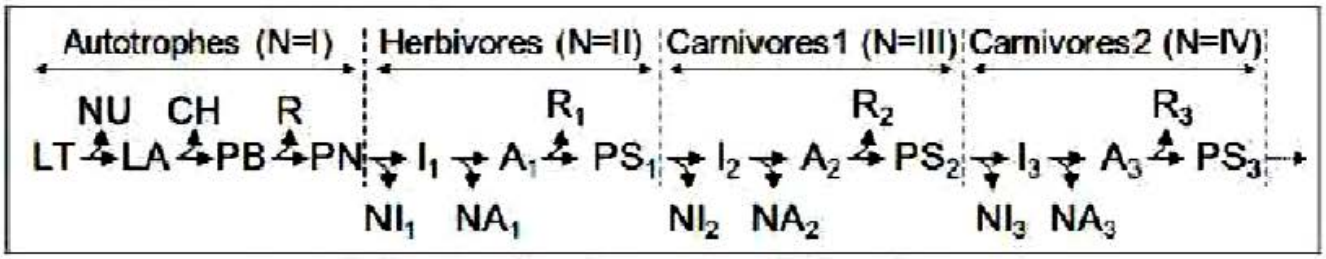


Fig.26. Transfert d'énergie et productivité de la chaine trophique

Ainsi du soleil aux consommateurs (1er, 2ème ou 3ème ordre), l'énergie s'écoule de niveau trophique en niveau trophique, diminuant à chaque transfert d'un maillon à un autre. On parle donc de **flux d'énergie**. Le flux d'énergie qui traverse un niveau trophique donné correspond à la totalité de l'énergie assimilée à ce niveau, c'est-à-dire à la somme de la productivité nette et des substances perdues par la respiration. **(Fig.26)**

Dans le cas des producteurs primaires, ce flux est : $PB = PN + R_1$

Le flux d'énergie qui traverse le niveau trophique des herbivores est : $A_1 = PS_1 + R_1$

Plus on s'éloigne du producteur primaire, plus la production de matière vivante est faible **(Fig.27)**

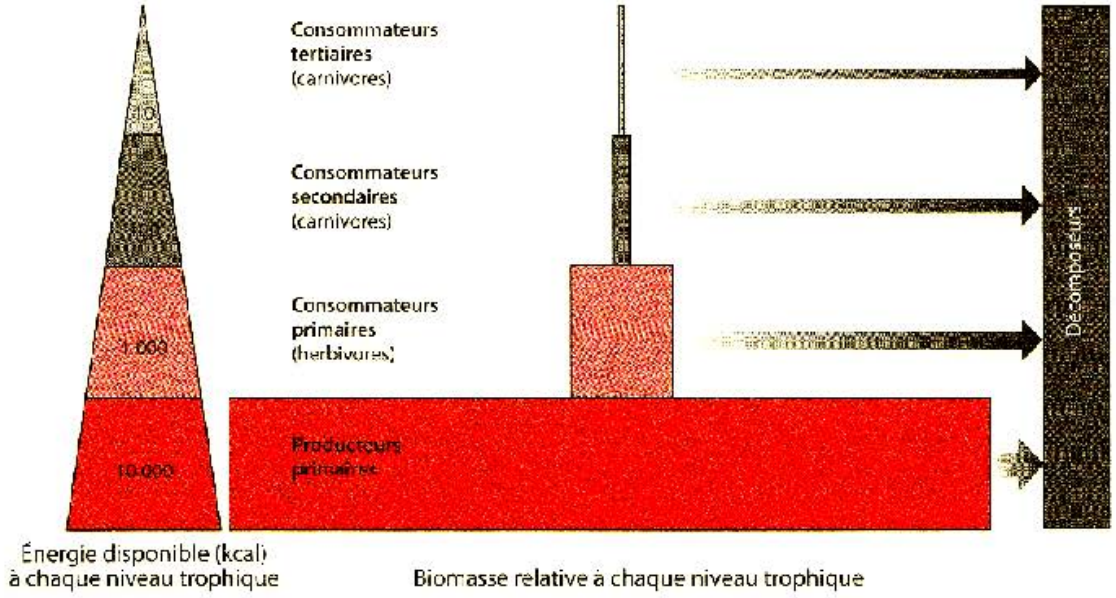


Fig.27. Biomasse des différents niveaux d'une chaine alimentaire terrestre.

Le passage d'un niveau alimentaire à un autre entraine une perte considérable de matière.

Cours_ALE_Dr_BELHADJ.H.

c) Les rendements énergétiques

Le rendement énergétique (ou efficience) est défini pour un niveau trophique comme le rapport entre le flux énergétique retenu et le flux entrant, c'est-à-dire le rapport « énergie fixée/énergie reçue». On peut donc caractériser les divers organismes du point de vue bioénergétique par leur aptitude à diminuer ces pertes d'énergie. Cette aptitude est évaluée par les calculs de rendements appelés également des *coefficients d'efficacité*:

- **Rendement d'exploitation**

Appelé aussi rendement de consommation ou consommation efficace (CE)

$$C_e = (I_n/P_{n-1}) \times 100$$

Où I_n est la quantité de productivité nette P_{n-1} du niveau trophique ***n-1*** réellement consommée par les organismes du niveau trophique ***n***.

C'est le rapport de l'énergie Ingérée (I) à l'énergie disponible.

Exemple: **$(I_1/PN) \times 100$** ou **$(I_2/PS_1) \times 100$.**

- **Rendement d'assimilation**

Appelé aussi assimilation efficace (AE)

$$A_e = (A_n/I_n) \times 100$$

Où A_n est la quantité d'énergie assimilée contenue dans les aliments ingérés I_n qui est et devient disponible pour la croissance.

- **Rendement de production nette**

Appelé aussi production efficace ou production efficace (PE)

$$P_e = (P_n/A_n) \times 100$$

C'est le pourcentage de la quantité d'énergie qui est convertie en biomasse animale P_n par rapport à celle assimilée ***An***.

Exemple: **$(PS_1/A_1 \times 100)$** ou **$(PS_2/A_2 \times 100)$.**

Ce rendement intéresse les éleveurs, car il exprime la possibilité pour une espèce de former la plus grande quantité possible de viande à partir d'une quantité donnée d'aliments.

- **Rendement de production brute**

$$R_e = A_e \times P_e = P_n/A_n \times 100$$

C'est le produit des coefficients d'efficacité d'assimilation par celui de production nette.

Exemple: **$(PS_1/I_1 \times 100)$** ou **$(PS_2/I_2 \times 100)$.**

- **Rendement écologique**

$$E_e = C_e \times A_e \times P_e = P_n/P_{n-1} \times 100$$

C'est le rapport de la production nette du niveau trophique de rang (n) à la production nette du niveau trophique de rang (n-1).

Exemple: **$(PS_1/PN \times 100)$** ou **$(PS_2/PS_1 \times 100)$.**

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

2.2.2. Les cycles biogéochimiques

Les éléments chimiques nécessaires à la constitution de la matière organique trouvent leur origine dans le monde minéral. Le carbone est capté dans le dioxyde de carbone (CO_2) atmosphérique lors de la photosynthèse chez les végétaux. L'azote est capté dans le diazote (N_2) atmosphérique par des bactéries fixatrices d'azote. Une petite quantité est aussi puisée sous forme minérale (ammonium NH_4, nitrate NO_3) dans l'eau ou le sol. D'autres éléments sont captés majoritairement sous cette forme minérale.

Après avoir circulé dans les réseaux trophiques, tous ces éléments peuvent se retrouver sous forme de matière organique morte (déchets, cadavres, etc.). cette matière organique morte est dégradée par des organismes décomposeurs pour donner des produits finaux qui sont des éléments minéraux qui vont rejoindre l'atmosphère, l'eau ou les sols.

Les éléments peuvent donc en permanence passer de l'état minéral à l'état organique. Ce passage alternatif des éléments ou molécules entre milieu inorganique et matière vivante est appelé **cycle biogéochimique.** Ces cycles impliquent aussi des processus abiotiques (dissolution, sédimentation, volatilisation, etc.) mais aussi beaucoup de processus biologiques (photosynthèse, respiration, décomposition, etc.).

Enfin, par ses activités, l'homme modifie fortement les cycles biogéochimiques. Par exemple, le rejet dans l'atmosphère de quantités considérables de CO_2 provenant de la combustion des hydrocarbures fossiles, de la déforestation, etc. a conduit au changement du climat et la modification des interactions entre organismes vivants et le cycle de carbone.

2.2.3. Les chaines alimentaires

Comme nous l'avons vu, les organismes autotrophes (par ex. plantes vertes) assimilent les ressources inorganiques dans des paquets de molécules organiques (protéines, glucides, etc.). Ceux-ci deviennent les ressources des hétérotrophes qui ensuite prennent part à la chaine dans laquelle chaque consommateur d'une ressource devient, à son tour, une ressource pour un autre consommateur. A chaque maillon (niveau) de cette chaine alimentaire nous pouvons reconnaitre trois voies pour le prochain niveau trophique.

- **La décomposition,** dans laquelle les corps (ou parties des corps) d'organismes morts et, ensemble avec les déchets et les produits secrétés deviennent une ressource alimentaire pour les décomposeurs (bactéries, champignons et animaux détritivores)
- **Le parasitisme,** dans lequel l'organisme vivant est utilisé comme ressource tandis qu'il est toujours vivant. Un parasite est un consommateur qui vit en association étroite avec son hôte, se nourrissant de ses tissus, comme les pucerons et les ténias.
- **La prédation,** dans laquelle l'organisme aliment, ou une partie de celui-ci, est mangé et tué.

Les chaines alimentaires sont écrites avec des flèches pointant pour indiquer la direction de la nourriture passant d'un animal à un autre au long de cette chaine pour aboutir au sommet du système. De nombreuses chaines alimentaires existent dans n'importe quel écosystème donné et peuvent être combinées dans le réseau trophique **(Fig. 23).**

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Chapitre 4: ECOLOGIE DES POPULATIONS

La **démoécologie** ou **écologie des populations** est une .sous-discipline de l'écologie dont l'objet est l'étude des populations et des peuplements naturels. Elle comporte un aspect descriptif, parfois désigné sous le terme de démographie, dont le but est d'analyser quantitativement la structure et la dynamique d'une population en évaluant ses principaux paramètres : effectifs, densité, natalité, mortalité, sex-ratio, structure d'âge etc

La démoécologie présente aussi une dimension explicative. Elle a pour but d'interpréter les fluctuations temporelles et spatiales des effectifs observés dans les populations naturelles végétales ou animales, en particulier au travers de l'analyse du rôle de facteurs abiotiques et biotiques tels que la compétition, la prédation et les maladies.

1. Définition et caractéristiques d'une population

Une **population** est un groupe ou un ensemble d'individus d'une même espèce qui occupent un espace déterminé (biotope) à un moment donné. En ce sens, il faut pas confondre population et **peuplement** qui est un ensemble d'individus appartenant à des espèces différentes d'un même groupe systématique que l'on rencontre dans un écosystème déterminé.

Une population est caractérisée par un certain nombre de caractéristiques propres ou **variables d'état** (par exemple, effectif, densité, structure en âges…) qui dépendent eux-mêmes des **processus démographiques** (natalité, mortalité, immigration, émigration).

La variation temporelle de ces processus donne une certaine **cinétique** ou **dynamique à la population** qui est une caractéristique remarquable des populations naturelles.

La dynamique des populations comme science veut dire suivre l'évolution des effectifs au cours du temps et en fonction des processus démographiques. **(Fig.28).**

Enfin une espèce est rarement constituée d'une seule population mais plus souvent d'un ensemble de sous-populations qui peuvent avoir des dynamiques propres et être interconnectées. Cet ensemble constitue une **métapopulation**.

Cours_ECOLOGIE GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

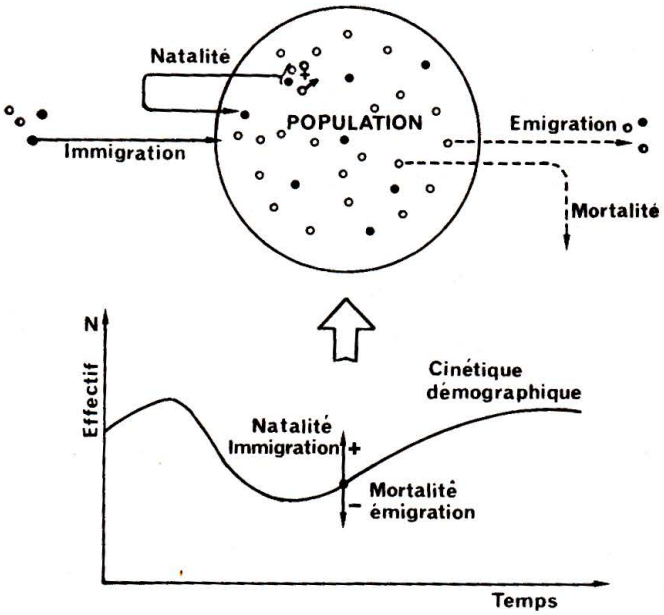


Fig.28. Représentation schématique des processus démographiques et de leur action positive (traits pleins, +) ou négatives (tirets, -) sur la cinétique des populations.

2. Quelques exemples de dynamique des populations

Les schémas qui suivent donnent trois exemples d'évolution des effectifs de population en fonction du temps ainsi que certains facteurs climatiques **(Fig. 29).**

- Le premier cas concerne une population de **graminées**. On a tout d'abord une croissance de pieds de graminées assez marquée, puis une quasi-stabilisation autour d'une valeur donnée (ligne continue). Les petites fluctuations de population autour de la valeur d'équilibre sont dues aux aléas climatiques (Courbe de croissance dite « plate »).
- Le second schéma concerne le cas des algues planctoniques marines, les **diatomées**, qui présentent des variations cycliques, assez régulières, dues aux fluctuations saisonnières au cours d'un cycle annuel. (Courbe de croissance dite « cyclique »)
- Le troisième schéma concerne la **tordeuse grise du Mélèze** (*Zeiraphera diniana*). La courbe de croissance de ses effectifs en fonction du temps est caractérisée par des amplitudes irrégulières avec des périodes successives et soudaines de forte augmentation, suivies de chutes brutales. (Courbe de croissance dite «éruptive»)

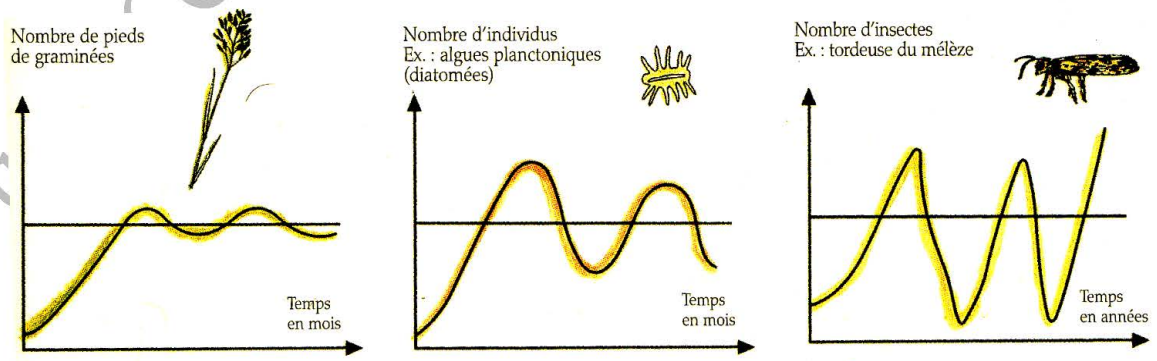


Fig.29. Courbes de quelques exemples d'évolution des effectifs de population en fonction du temps (à gauche: une plante –graminée-, au centre: une algue planctonique –diatomées-, à droite: un insecte –la tordeuse du mélèze-)

COURS D'ECOLOGIE GENERALE DR BELHADJ H.

3. Les lois de croissance des populations

Les courbes précédentes (évolutions des effectifs/temps) ont permis de montrer qu'il existe dans la nature des variations de population sensiblement différentes. On peut chercher à expliquer et à modéliser ces variations, même si les relations de cause à effet assez complexes ne rendent pas cette tâche facile.

3.1. Le taux intrinsèque d'accroissement r

Tous les êtres vivants ont la capacité de se multiplier. On peut donc définir un taux d'accroissement, ***r*** qui quantifie cela. Par définition ***r*** est déterminé par la relation suivante :

$$r = \frac{\text{accroissement de la population pendant un temps donné}}{\text{effectif de la population}}$$

Exemple: Le taux intrinsèque d'accroissement peut tout simplement correspondre à ce qui est dit dans la phrase suivante: ***"la population s'accroit de 2 % par an"***.

Dans ce cas, $r = 0{,}02$.

On dit que chaque population peut être caractérisée par une valeur de *r* (Tab.6)

Tab. 6. Valeurs du taux de croissance naturelle pour quelques groupes d'animaux.

Types d'organismes	*Valeur de r par an*
Grands mammifères	0,02-0.5
Oiseaux	0,05-1.5
Petits mammifères	0,3-8
Grands invertébrés	10-30
Insectes	4-50
Petits invertébrés (Grands Protozoaires inclus)	30-800
Petits Protozoaires	600-2000
Bactéries	3000-20000

Si l'on appelle *dN*, un petit accroissement de population et *dt*, un petit accroissement de temps, on peut alors écrire *r* de la façon suivante:

$$r = \frac{\frac{dN}{dt}}{N}$$

La résolution de cette équation différentielle permet d'aboutir à la relation suivante, où *No* est la densité initiale de la population.

$$N = N_0 . e^{rt}$$

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Ainsi, avec les hypothèses présentées ici, on a une *croissance exponentielle* des populations. Cela signifie donc qu'avec un taux constant d'accroissement *r*, la population voit son effectif grandir sans fin.

Autrement dit, c'est également le cas si on place une population dans un **milieu stable où on a éliminé artificiellement tout facteur limitant (en absence de facteur limitant)**, les effectifs de cette population vont croitre indéfiniment selon une loi exponentielle en fonction du temps.

Cette fonction donne une **courbe exponentielle en forme de *J***.

3.2. La capacité limite du milieu *K*

L'hypothèse de croissance indéfinie (en absence de facteur limitant) des populations présentée ci-dessus n'est pas réellement satisfaisante. Certes, elle peut être vérifiée lorsque des populations sont nouvellement introduites, en petite quantité, sur un milieu vierge, mais on conçoit aisément que lorsque la population a colonisé le milieu, elle s'accroit beaucoup moins (effets de la prédation, de la concurrence pour la nourriture, des parasites...).

On définit ainsi une valeur r_m qui est maximale. C'est le taux intrinsèque d'accroissement quand la population peut connaître une expansion libre. On peut supposer qu'il existe **une régulation de ce taux liée à la densité de population**. Ainsi, plus la population grandit et plus le taux intrinsèque d'accroissement chute. La relation la plus simple qu'on puisse trouver entre r et N est une relation linéaire. Elle se présente de la façon suivante **(Fig. 30)**:

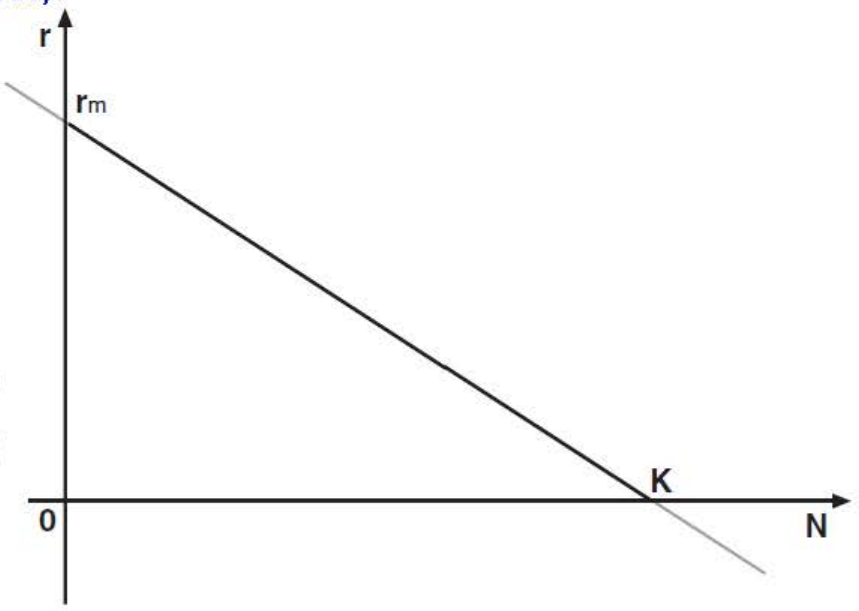


Fig.30. Courbe représentant la relation entre le taux d'accroissement (r) et l'effectif d'une population (N)

Les conditions réelles induisent certaines limites pour la droite tracée:

- $N > 0$

En effet, la population doit avoir au moins un individu pour exister ! On voit donc que *r* ne peut dépasser une valeur limite *rm* telle qu'on l'a définie auparavant.

Cours_EC THAE Dr BELHADJ.H.

- $r \geq 0$

Le taux d'accroissement ne peut pas devenir négatif (la population diminuerait). On constate donc qu'il existe une valeur maximale de densité nommée K à partir de laquelle la population ne peut plus croître.

K s'appelle la ***capacité limite du milieu*** ou la ***charge biotique du milieu***. Elle traduit le fait que le milieu est saturé et ne peut plus supporter d'individus supplémentaires (manque de ressources, compétition trop forte, auto-inhibition de la reproduction...). Ainsi, lorsque la densité arrive à la valeur K, la population ne peut plus que stagner ou régresser.

3.3. Evolution des effectifs avec les hypothèses retenues

Dans une population naturelle, les facteurs limitants, propres au milieu (facteurs extrinsèques) ne manquent jamais. Ils diminuent la natalité et augmentent la mortalité. Ces facteurs traduisent aussi, la ***résistance du milieu*** qui s'oppose à l'accroissement des effectifs, lorsque la population devient nombreuse.

Les facteurs intrinsèques, propres à l'espèce considérée et les facteurs extrinsèques liés au milieu, combinent leurs effets pour ajuster les effectifs à une valeur donnée. Dans un milieu aux ressources limitées, la croissance d'une population, ne peut être pendant longtemps de nature exponentielle, car la résistance que lui offre ce milieu se manifeste de façon plus intense que les densités sont plus fortes.

Des expériences réalisées au laboratoire, démontrent bien que la résistance du milieu est d'autant plus grande que des effectifs sont plus élevés.

Exemple : Considérons l'expérience réalisée sur la croissance de la levure (*Saccharomyces cerevisiae*) dans un milieu non renouvelé. **(Tab.7)**

Tab. 7. Evolution de la croissance de la levure de pain (*Saccharomyces cerevisiae*).

Temps t (en heures)	Nombre d'individus (N par cm^3 de culture)	Vitesse d'accroissement
0	9,6	0
2	29,0	19,4
4	71,1	42,1
6	174,6	103,5
8	350,7	176,1
10	513,3	162,6
12	594,1	81,1
14	640,8	46,4
16	655,9	15,1
18	661,8	5,9

Si on construit une courbe de croissance avec de telles données, on obtient un graphique en forme de S ou une sigmoïde qui tend vers une valeur limite correspondant à l'effectif maximal que peut supporter le milieu considéré. Cette valeur maximale vers laquelle tend la courbe de croissance en présence des facteurs limitants est appelé ***capacité limite* du milieu** ou ***capacité biologique spécifique K*.**

Cours_ECOLOGIE GENERALE_Dr. BELHADJ.H.

On peut chercher à exprimer *r* dans ce cas en fonction de *N* et *K*. Pour cela, on utilise l'équation de la droite présentée ci-dessus. On peut en effet écrire:

$$r = -\frac{r_m}{K} \cdot N + r_m$$

Cela donne donc l'équation différentielle suivante:

$$\frac{dN}{dt} = r.N = r_m \cdot N \cdot \frac{K-N}{K}$$

En résolvant les deux équations différentielles précédentes obtenir deux courbes différentes **(Fig. 31)**. Ces courbes traduisent l'évolution des effectifs d'une population en tenant compte des différentes hypothèses retenues.

La première courbe traduit une croissance exponentielle qui est irréaliste dans la majorité des cas. La seconde traduit une croissance dite logistique (sigmoïdale ou de forme S) pour laquelle *r* est dépendant de la densité (d'où le facteur correctif *(K-N)/K*...). On vérifie bien pour cette seconde courbe qu'on ne dépasse jamais la capacité limite du milieu, *K*.

L'espace entre les deux courbes peut être appelé la ***résistance du milieu***. Plus on s'approche de *K*, plus cette résistance est importante. Cela traduit le fait que plus la population croît, plus le milieu devient inhospitalier pour elle et moins elle peut croître rapidement.

Même si la seconde équation différentielle n'est qu'une modélisation assez simple de la réalité (on suppose notamment que la relation entre *N* et *r* est linéaire ce qui est assez simpliste), elle traduit de manière assez satisfaisante la courbe de croissance de certaines populations. Par exemple, la première courbe dans la **Fig. 29** (population de graminées) est assez proche de celle obtenue ici.

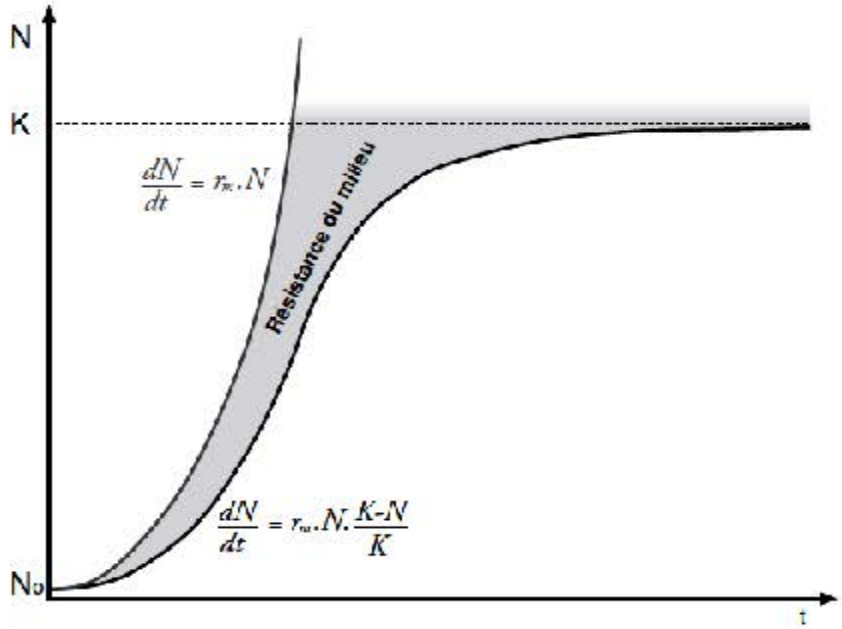


Fig.31. Deux modèles d'équations différentielles représentants une croissance exponentielle (à gauche) et une croissance logistique (à droite) des effectifs d'une population en fonction du temps.

Cours_Ec GENERALE_DR.BELHADJ.H.

Toutefois, on constate le plus souvent que r et K varient en fonction des conditions de milieu, mais également en fonction d'un certain déterminisme génétique.

Par exemple, la valeur de K peut changer en fonction de la capacité alimentaire d'un milieu. Par exemple, certains milieux peuvent accueillir une forte population de Chevreuil sans trop de problèmes alors que la même population peut ne pas survivre sur un autre milieu moins riche.

En ce qui concerne la vitesse de croissance, elle augmente sans cesse s'il n'y a pas des facteurs limitants. Dans le cas contraire, elle augmente au début, atteint le maximum puis décroît et tend vers 0 avec le temps.

En résumé, certaines populations tendent à s'auto-éliminer puisque leur taux de croissance diminue lorsque la densité augmente, on dit que **le taux de croissance est inversement dépendant de la densité.**

D'autres populations qui ne s'auto-éliminent pas et qui tendent à croitre d'une manière exponentielle sont, en fait, stoppée par des forces extérieures de la population générées par l'écosystème**. Ces populations sont indépendantes de la densité.**

Il existe un 3ème cas, chez certaines espèces le taux de reproduction augmente lorsque la densité de la population est moyenne que lorsque cette densité est faible ou élevée, on considère dans ce cas que **la sous population et la surpopulation sont des facteurs limitants**.

Enfin dans les populations naturelles, les fluctuations ou variations des effectifs, constituent une règle absolue même si les populations semblent être stables lorsqu'on les étudie sur une assez longue période.

En fonction de leurs durées, ces fluctuations peuvent être saisonnières, annuelles ou pluriannuelles. Elles sont, d'après le naturaliste Buffon, dues à l'existence dans le milieu naturel, des facteurs qui exercent une action négative. Il s'agit, par exemple, des maladies, du surpeuplement, de manque de nourriture, de la prédation,.. etc.

Ces fluctuations, créent au sein des populations, des déséquilibres qui sont directement réparées. Une population qui présente une relative stabilité c'est -à- dire peu de fluctuations de ses effectifs sur des longues périodes, est dite **population *stable* ou *logistique*.**

On classe généralement les facteurs limitants des populations en deux grandes catégories: **facteurs indépendants de la densité et facteurs dépendants de la densité**.

- **Facteurs dépendants de la densité :**
  - la compétition,
  - la prédation,
  - les maladies et parasites
- **Facteurs indépendants de la densité :**
  - le climat,
  - le sol,
  - les relations phytophages-plante hôte,
  - le comportement territorial,
  - l'alimentation.

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

4. Les stratégies biodémographiques

4.1. Le concept de stratégie

Le schéma suivant **(Fig. 32)** représente un individu donné, comme système d'acquisition de transformation et d'allocation de ressources. On constate donc qu'un organisme donné n'alloue pas nécessairement la même quantité de ressources à chacune de ses activités. Il peut par exemple favoriser la croissance par rapport à la reproduction.

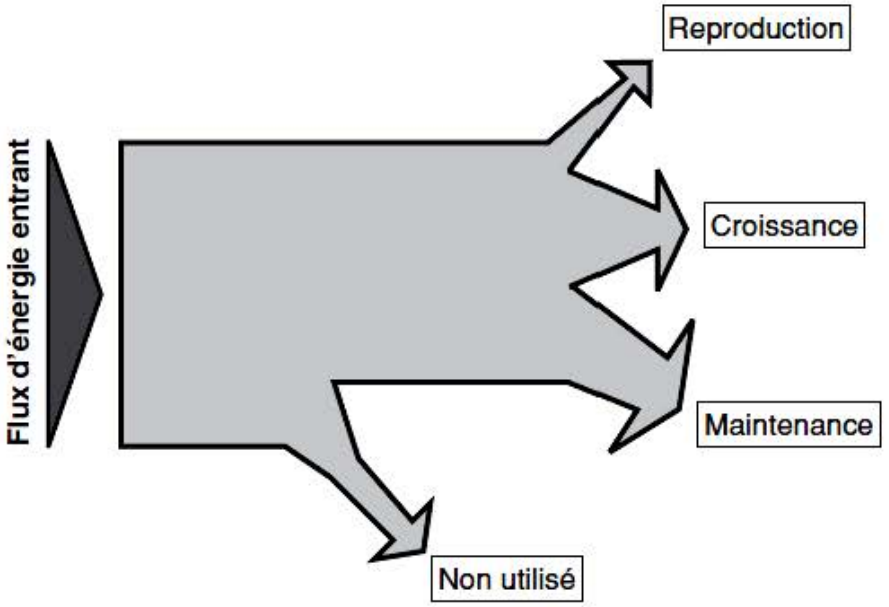


Fig.32. Stratégies de transformations et d'allocations des ressources énergétiques pour assurer les différentes fonctions vitales (D'après Gaudin, 1997)

Dans une situation donnée (compétition inter et intra-spécifique, prédation et quantité de ressources fixées), un être vivant se trouve devant un certain nombre de *choix possibles*. Il peut en effet, privilégier certaines de ses fonctions (reproduction, croissance, défense...) face aux contraintes relatives à son environnement. Une stratégie est donc un type de réponse parmi les diverses solutions envisageables.

Elle résulte souvent d'adaptations longues et complexes, fruits de l'évolution du génome. Par exemple, face à une forte intensité de prédation, une population peut tout aussi bien favoriser la défense ou favoriser la reproduction. Dans un cas comme dans l'autre, il peut y avoir survie de l'espèce, mais les deux stratégies sont différentes.

Donc une stratégie adaptative est une caractéristique propre au type d'adaptations d'une population ou d'une communauté vivante à des conditions environnementales particulières.

Chez les ***populations*** on parlera de **stratégies démographiques** et chez les ***biocénoses*** de **stratégies coenotiques**.

Cours Ecologie Gle Dr BELHADJ.H.

4.2. Les stratégies démographiques

L'écologiste Mac Arthur a essayé de rendre compte des deux grands types de stratégie. Il a défini **(Fig. 33)**:

- la **sélection r** : qui s'exerce sur les populations à basse densité et qui induit un fort taux de multiplication *(maximisation de r)*,
- la **sélection K**: qui a lieu aux densités élevées de population et qui induit une meilleure compétitivité *(maximisation de K)*.

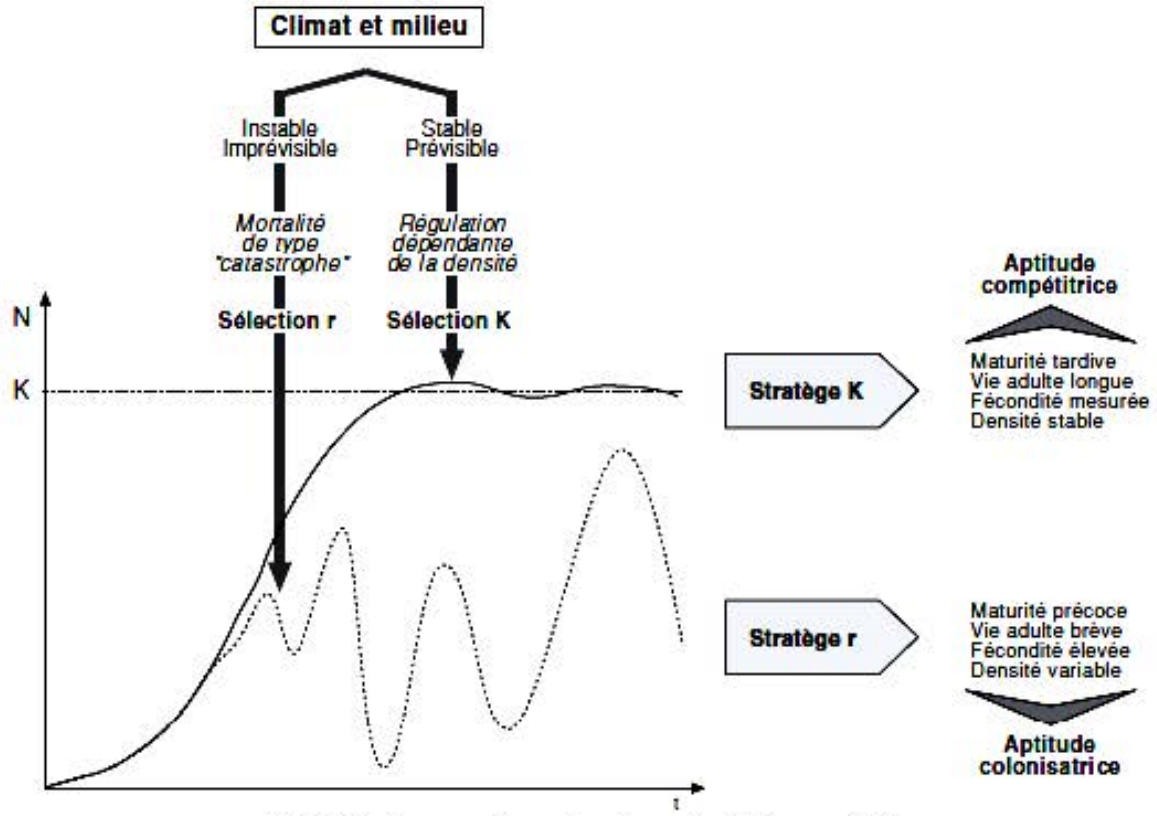


Fig.33. Comparaison des deux stratégies r et K (d'après BARBAULT, 1990).

- **Sélection ou stratège r:** Type de stratégie démographique propre à des populations d'espèces vivant dans des communautés juvéniles peuplant des biotopes en début de succession écologique. Elle est le fait d'espèces généralement de petite taille, ayant un fort potentiel biotique, semelpares, de faible longévité (rongeurs par exemple chez les Vertébrés, souvent des thérophytes ou des espèces herbacées bisannuelles chez les végétaux), enfin par des stratégies énergétiques qui privilégient la reproduction au détriment de la stabilité de la population donc du développement.
- **Sélection k:** Terme dérivant de K, symbole de la capacité limite du milieu. Cette sélection favorise la taille maximale de la population et en conséquence les classes d'âge adultes et post-reproductives au détriment des juvéniles. Elle donne *ipso facto* l'avantage dans la compétition aux espèces de grande taille, de forte longévité et de faible fécondité. Elle privilégie donc une biomasse et une biodiversité maximales au détriment de la reproduction.

Les populations à stratégie *r* produisent beaucoup de descendants, quitte à gaspiller les ressources du milieu, ce qui est possible car ces populations se trouvent éloignées de la densité maximale *K*.

En revanche, les populations à stratégie *K* allouent moins de ressources à la reproduction, mais cherchent un meilleur rendement dans celle-ci (par exemple, production de moins de graines, mais ayant plus de chances de germer et de donner un semis).

Les espèces à stratégie *r* sont souvent ubiquistes et peu spécialisées alors que les espèces à stratégie *K* sont souvent très spécialisées et efficaces dans leur adaptation au milieu et à la concurrence **(Fig. 33)**.

Cette théorie est parfois considérée comme une approche bipolaire simpliste (Barbault, 1990), mais elle permet de mieux comprendre et de mieux expliquer la dynamique de certaines populations. Il existe bien entendu des intermédiaires entre les stratèges *r* et les stratèges *K*.

4.3. Les stratégies cœnotiques

On en distingue deux types : **les stratégies i et les stratégies S**

- **Les stratégies i :** caractérisent les biocœnoses pionnières, de faible biodiversité, d'organisation spatiale rudimentaire, dont les niches sont euryoeciques, le stock d'éléments minéraux extrabiotique, les cycles vitaux courts, leurs espèces sont des stratèges r, la pression de sélection favorise la quantité. Les cycles biogéochimiques sont imparfaits (ouverts), le taux d'échange des éléments minéraux rapide, le flux de l'énergie est d'un rapport P/R > 1, le rapport P/B est fort de même que la productivité nette, les réseaux trophiques sont simples, linéaires, la symbiose est faible de même que l'homéostasie générale donc la communauté instable.
- **Les stratégies S :** Chez les communautés stratèges S, à l'oppose à maturité (climaciques), la biodiversité est forte, la stratification très structurée, le stock d'éléments minéraux intra biotique, les niches très spécialisées (stenoecie), leurs espèces végétales et animales qui les composent de taille moyenne ou grande sont des stratèges K , les cycles vitaux complexes et longs. La production favorise la qualité plutôt que le nombre, les cycles des éléments sont fermes, le flux de l'énergie est caractérisé par un rapport P/R tendant vers 1, avec un rapport P/B et une productivité nette faible voire nulle, des réseaux trophiques complexes, la symbiose interne est très développée, l'homéostasie et la stabilité de la communauté sont fortes.

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Tab.8. Principales caractéristiques adaptatives et écologiques des espèces à stratégie r et des espèces à stratégie K.

	Stratèges r	Stratèges K
Biotopes	Hétérogènes variables, imprévisibles, contraignants	Stables (ou) prévisibles, peu contraignants
Croissance	Rapide	Lente
Longévité	Faible	Très grande (parfois plusieurs siècles)
Espérance moyenne de vie à la 1ère reproduction	Très faible (inférieure à l'année parfois au mois)	Forte (au dela du siècle pour beaucoup d'arbres)
Nombre de reproduction	Une seule (semelparité), maturité sexuelle précoce	Plusieurs (itéroparité), maturité sexuelle tardive
Densité des populations	Variable, inférieure à la capacité limite	Proche de *K*, constante
Renouvellement des populations	Rapide	Lent
Fluctuations des populations	Importantes	Très faible
Régulation des populations	Indépendante de la densité	Dépendante de la densité
Compétition	Faible	Théoriquement intense mais limitée dans les faits par ajustement des niches
Communautés	Non saturées, recolonisation chaque année	Saturées, recolonisation inutile
Mode de dispersion	Espèces mobiles, vagabondes, variables	Espèces sédentaires stabilité spatiale
Taille des individus	Faible	Forte
Stratégie énergétique	Flux d'énergie consacré en priorité à la reproduction	Flux d'énergie consacré prioritairement à la biomasse des adultes
Utilisation de l'énergie	Productivité élevée, mauvais rendement	Efficience et stabilité
Type de sélection	Normalisant, faible polytypisme	Diversifiant, fort polytypisme

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Tab.9. Modèle de développement d'un écosystème : comparaison des stratégies coenotiques propres aux stades pionniers (stratèges i) et climaciques (stratèges S).

Caractères de l'écosystème	Stades pionniers Stratèges i	Stades climaciques Stratèges S
Structure de la communauté		
Richesse spécifique	Faible	Forte
Diversité spécifique	Faible	Forte
Diversité biochimique	Faible	Forte
Stratification, hétérogénéité spatiale	Mal organisée	Bien organisée
Contenu total en matière organique	Faible	Important
Stock des sols minéraux nutritifs	Exobiotique	Intrabiotique
Caractères biologiques		
Spécialisation des niches	Peu accentuée	Très étroite
Taille des organismes	Faible, variable	Forte, plus constante
Cycles vitaux	Simples et courts	Complexes et longs
Pression de sélection		
Stratégies démographiques	Adaptées, à croissance rapide sélection r	Adaptées au contrôle homéostatique (sélection K)
Production	Quantité	Qualité
Cycles des éléments biogènes		
Cycles biogéochimiques	Ouverts	Fermés
Taux d'échange des sels minéraux nutritifs entre biotope et biocœnose	Rapide	Lent
Rôle de la matière organique morte dans le cycle des éléments	Faible	Important
Flux de l'énergie		
Rapport production brute/respiration	Supérieur ou inférieur à 1	Tend vers 1
Production brute/biomasse sur pied	Fort	Faible
Biomasse entretenue/énergie circulante	Faible	Fort
Productivité nette	Forte	Faible
Réseaux trophiques	Linéaires, à prédominance herbivore	Ramifiés, à prédominance détritivores
Homéostasie générale		
Symbiose interne	Peu développée	Très développée
Conservation des éléments biogènes	Faible	Forte
Stabilité	Faible	Forte
Entropie	Forte	Faible
Information	Faible	Forte

COURS ECOLOGIE GENERALE DR BELHADJ.H.

Chapitre 5: Développement et évolution des écosystèmes

Un écosystème n'est pas une structure figée, déterminée une fois pour toute. A l'instar des êtres vivants, c'est une structure qui naît, se développe, puis éventuellement meurt et disparait. Mais un écosystème peut aussi, et cette fois en contradiction avec les êtres vivants, rajeunir ou changer de personnalité.

1. Stabilité des écosystèmes

Les ressources disponibles, régulées par les facteurs physicochimiques du milieu contrôlent les chaines trophiques depuis les producteurs jusqu'au prédateurs. C'est la théorie du contrôle des communautés par les ressources (éléments nutritifs) ou **contrôle bottom-up** (du bas vers le haut).

Exemple : la relation existante entre la teneur en phosphates des océans + la qualité des planctons + taille des poissons qui s'en nourrissent.

A l'inverse, le fonctionnement d'un écosystème dépend de la prédation exercée par les niveaux trophiques supérieurs sur les niveaux trophiques inférieurs. C'est le **contrôle top-down**.

Exemple: effet régulateur exercé par une population de carnivores (loups) sur une population de proie (lièvres).

Les deux contrôles interviennent simultanément dans les écosystèmes et peuvent être complémentaires.

Les modifications par l'homme d'un niveau trophique peuvent amplifier l'un ou l'autre des deux contrôles et entrainer une instabilité de l'écosystème.

Exemple: augmentation des ressources en éléments nutritifs (amplification du contrôle bottom-up). Cas de la pollution organique des eaux (ou eutrophisation).

Exemple : diminution d'abondance d'un prédateur de haut niveau (amplification du contrôle top-down). Cas de la chasse ou de la pêche.

2. Notion de succession écologique

La **succession écologique** est l'ensemble des phénomènes de colonisations d'un milieu par les êtres vivants et de changements de la composition de la flore et de la faune au cours du temps.

La **série** (sère) désigne la séquence complète d'une succession écologique. Elle est caractérisée par une séquence rigoureuse de stades comportant chacun une biocénose particulière.

Les organismes qui s'installent en premier sont appelés : **espèces pionnières** et les biocénoses qui se succèdent correspondent aux **séries**. Les successions écologiques se poursuivent pendant des décennies ou des siècles jusqu'à ce qu'elle atteigne son stade ultime d'évolution dénommé : **Climax**.

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Le Climax est une association stable d'espèces qui caractérisent qualitativement et quantitativement l'ultime phase de développement d'une biocénose dans une succession écologique. Il peut exister plusieurs climax dans une même région biogéographique, et ce phénomène est connu sous l'appellation de **polyclimax**.

3. Types de successions écologiques

On distingue :

- ✓ **les successions primaires:** correspondent à l'installation des êtres vivants dans un milieu qui n'a jamais été peuplé.
- ✓ **Les successions secondaires:** apparaissent dans un milieu qui a déjà été peuplé mais dont les êtres vivants ont été éliminés par des modifications climatiques (glaciations, incendies naturels), géologiques (érosion) ou par l'intervention de l'homme.
- ✓ **Les successions autogéniques (progressives):** proviennent d'un processus biotique s'exerçant à l'intérieur de l'écosystème (compétition, prédation, parasitisme,..)
- ✓ **Les successions allogéniques (régressives):** résultent de l'influence des facteurs perturbateurs d'origine extérieure à l'écosystème (action des facteurs perturbateurs : feu, vent, sécheresse, homme,…).

4. Causes de l'évolution des écosystèmes

On résume les causes de l'évolution des écosystèmes à trois aspects différents (action, réaction, coaction) :

- o **L'action** est l'influence exercée par le biotope sur la biocénose avec induction de phénomènes d'adaptations (morphologiques, physiologiques et éthologiques) et de régulation des abondances des populations (maintien, élimination).
- o **La réaction** est l'influence exercée par une biocénose sur son biotope. Elle peut se manifester par la destruction, l'édification ou la modification du milieu.
- o **La coaction** est l'influence que les organismes exercent les uns sur les autres (relations biotiques) dans leur milieu naturel, relations biocénose-biocénose.

On regroupe les causes de l'évolution des écosystèmes en 4 groupes :

a) Facteurs climatiques (changement au cours des ères géologiques et actuels)
b) Facteurs géologiques et édaphiques (érosion, sédimentation, volcanisme,…)
c) Facteurs biologiques (compétition, parasitisme, prédation,…)
d) Facteurs anthropiques (pollution, incendies, déforestation, introduction d'espèces…)

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_Dr_BELHADJ.H.

Théorie des équilibres dynamique des peuplements de MacArthur et Wilson

Cette théorie est fondée sur deux idées essentielles. La première postule que le peuplement des iles se fait par immigration en provenance du continent voisin, la seconde que les populations insulaires isolées connaissent un taux d'extinction important qui les conduit à disparaitre en l'absence de renouvellement par émigration de propagules. La composition spécifique des peuplements insulaires est le point d'équilibre dynamique entre taux d'immigration et taux d'extinction **(Fig. 34)**.

Elle permet de déterminer la vitesse à laquelle s'effectue le peuplement des espèces insulaires et donne une explication de l'augmentation de la richesse spécifique a proximité d'un continent ou en fonction de la surface d'une ile.

Enfin, elle s'applique aux « iles » continentales en remplaçant la courbe d'émigration par celle de spéciation. Le point d'équilibre est ici atteint quand vitesses de spéciation et d'extinction seront égales.

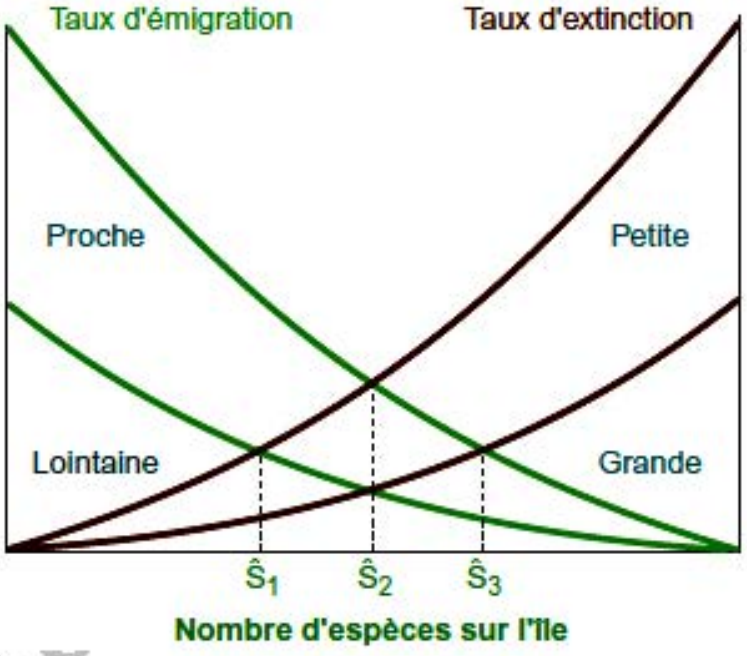


Fig. 34. Courbes illustrant la théorie de **MacArthur** et Wilson: relation entre richesse spécifique (S), d'un peuplement insulaire, taux d'émigration et taux d'extinction.

Le nombre d'espèces peuplant une petite île proche d'un continent et celle d'une île de grande taille qui en est éloignée sont équivalents et de valeur intermédiaire (S2).

5. Caractères généraux des successions

- Les écosystèmes les plus proches du stade climax sont plus organisés, plus complexes que les écosystèmes proches du stade pionnier.
- La biomasse augmente au fur et à mesure qu'on s'approche du climax. Elle devient ensuite constante puisque la productivité tend vers zéro.

- La diversité spécifique augmente le long des successions, passant par un maximum avant de décroitre légèrement au stade climax.
- L'équitabilité faible au début devient plus élevée.
- Les relations interspécifiques évoluent avec la succession, la symbiose et la compétition deviennent plus fréquentes.
- Les chaines alimentaires linéaires dominées par les herbivores deviennent des réseaux ramifiés et complexes où les détritivores prennent de plus en plus importante.
- Les niches écologiques deviennent de plus en plus étroites et spécialisées à l'approche du climax. Les cycles biologiques s'allongent et se compliquent.
- La mobilité des espèces tend à diminuer dans les milieux climaciques favorisant l'apparition de races géographiques.
- Les espèces pionnières sont souvent opportunistes ayant adapté des stratégies de type r (espèces possédant un potentiel biotique élevé, une croissance rapide, une faible longévité, des populations de renouvelant vite et soumises à de fortes fluctuations). Les espèces des stades climaciques sont des espèces ayant choisi des stratégies de type K (utilisant la majeure partie de leur énergie dans la croissance et la maintenance).

Cours_ECOLOGIE_GENERALE_DR_BELHADJ.H.

Références bibliographiques

Barbault, R., 2008. Ecologie générale : Structure et fonctionnement de la biosphère. Editions Dunod, paris. 390p.

Breuil, M., 1997. Dictionnaire des sciences de la vie et de la terre. Editions Nathan, Paris. 479p.

Ceneco, 1995. Dixeco de l'environnement. Editions Eska, 1ère édition. 262p

Chenchouri, H.,2017. Cours Ecologie Générale. Polycopies, Université de Tebessa-Algérie. 81p.

Danchin, E., Giraldeau, L. et Cézilly, F., 2005. Ecologie comportementale. Editions Dunod, paris. 637p.

Fischesser, B., et Dupuis-Tate, M.F, 2007. Le guide illustré de l'écologie. Editions de la Martinière, 350p.

Gaudin, S., 1997. Quelques éléments d'écologie utiles au forestier. 88p.

Heinrich, D. et Hergt, M., 1993. Atlas de l'écologie (encyclopédies d'aujourd'hui). Editions librairie générale française. 286p

Lamy, M., 1995. L'eau de la nature et des hommes. Collection Scieteren. Presses universitaires de Bordeaux. 210p.

Lévêque C., 2001. Ecologie de l'écosystème à la biosphère. Editions Dunod, Paris. 502p.

Levêque, C., Mounoulou, JC., 2008. Biodiversité : Dynamique biologique et conservation. Editions Dunod, paris. 259p.

Mackenzie,A .; Ball, A.S ; Virdee, S.R, 2000. L'essentiel en écologie. Berti éditions, Paris. 368p.

Matagne, P., 2009. La naissance de l'écologie. Editions ellipses, paris. 136p.

Ramade, F., 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ediscience international, paris. 690p.

Ramade, F., 2003. Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale. 3ème Edition. Editions Dunod, Paris. 690p.

Ramade, F., 2008. Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Edition Dunod, Paris. 726p.

Richard, D. et al., 2010. Biologie-Licence: Tout le cours en fiches. Editions Dunod, Paris. 696p.

Terrieu, J. et Préault-Grégoire, M., 2015. Travaux pratiques d'écologie : Du terrain au laboratoire, expérimenter pour comprendre l'écologie scientifique. Editions Educagri. 269p.

Tirard, C.; Abbadie, L.; Laloi, D.; Koubbi, P., 2016. Ecologie (Licence-Master-CAPES). Editions Dunod. 509p.

Tirard C., Barbault R., Abbadie L., Loeuille N., 2012. Mini manuel d'écologie. Editions Dunod, paris. 157p

Cours_ECOLOGIE_GENER_E_Dr_BELHADJ.H.