

1 L'ÉCOLOGIE

1.1 Introduction

1.1.1 Définition

Le mot « écologie » a été créé en 1866, par le biologiste allemand Ernst Haeckel, à partir de deux mots grecs : *oikos* qui veut dire : maison, **habitat**, et *logos* qui signifie **science**. L'écologie apparaît donc comme **la science de l'habitat, étudiant les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toute nature qui existent entre ces êtres vivants et leurs milieux**. Il s'agit de comprendre les mécanismes qui permettent aux différentes espèces d'organismes de **survivre** et de **coexister** en se partageant ou en se disputant les **ressources disponibles** (espace, temps, énergie, matière).

1.1.2 Domaines d'intervention

Les études écologiques portent conventionnellement sur trois niveaux :

1. L'**individu** : spécimen d'une espèce donnée.
2. La **population** : groupe d'individus de la même espèce occupant un territoire particulier à une période donnée.
3. La **communauté** ou **biocénose** : 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 uns des autres.

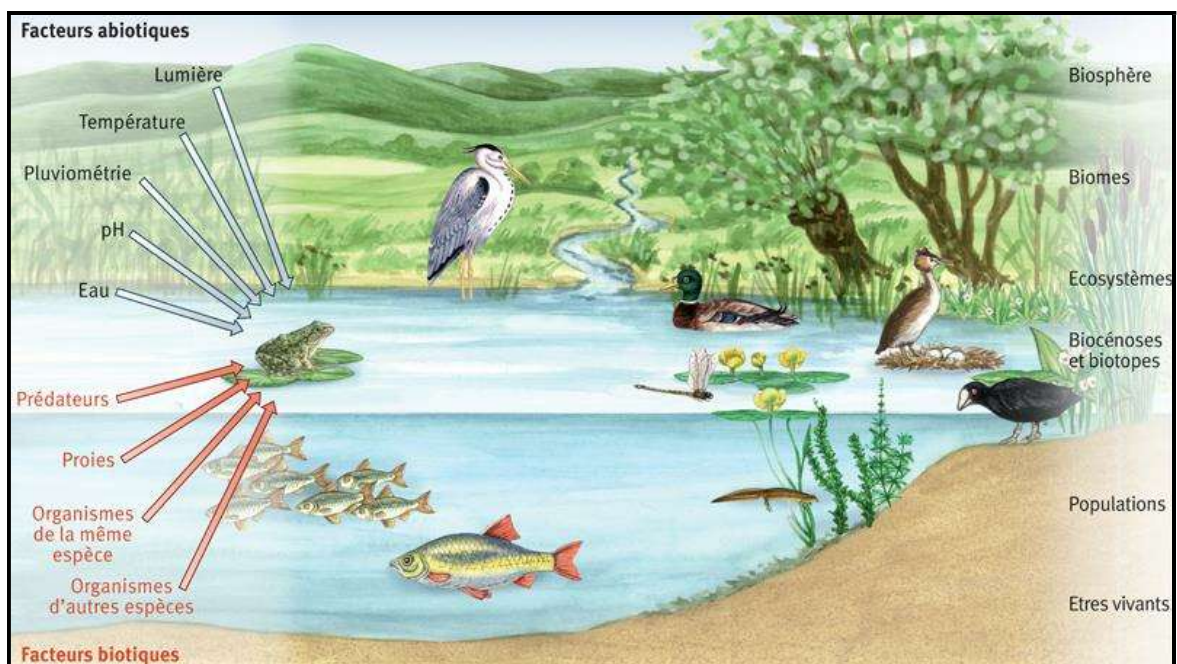


Figure 1 : Domaines et niveaux d'étude de l'écologie

1.2 Influence des facteurs biotiques et abiotiques sur les êtres vivants

Comme pour tout être vivant, les interactions entre les grenouilles d'un étang et leur environnement sont multiples. Les facteurs physicochimiques (*figure 1*) :

- La température,
 - La lumière,
 - La turbidité de l'eau
 - Le pH
- } = **facteurs abiotiques.**
Ils déterminent les conditions dans lesquelles les grenouilles peuvent vivre et se reproduire, et caractérisent leur milieu de vie ou **biotope**.

La plupart des êtres vivants peuvent tolérer des variations des facteurs environnementaux dans certaines limites. Ils sont en effet capables de maintenir leur équilibre intérieur ou **homéostasie** malgré ces changements dans leur environnement.

Certains animaux, les **endothermes**, régulent leur température corporelle ; ils sont donc relativement indépendants de la température ambiante. Au contraire, les **ectothermes**, comme les grenouilles, n'en sont pas capables : leur température corporelle est conditionnée par la température environnante.

Les facteurs abiotiques ne sont pas les seuls à exercer une influence sur les grenouilles. La présence de prédateurs comme le héron cendré ou la densité de la population de grenouilles influencent la survie et la reproduction de ces dernières. Ces influences provenant du monde vivant constituent les **facteurs biotiques**. On distingue deux types de facteurs biotiques :

- Les facteurs **intraspécifiques** : l'influence provient des individus de la **même espèce**.
- Les facteurs **interspécifiques** : l'influence provient d'**autres espèces**.

Avec l'ensemble des organismes occupant le même biotope, les grenouilles forment une communauté d'êtres vivants ou **biocénose**.

On appelle **site** le lieu où vivent des organismes sessiles, comme les plantes, et **habitat** celui où vivent de animaux et à l'intérieur duquel ils se déplacent. Le biotope et l'habitat ne sont pas toujours équivalents. Un biotope peut contenir plusieurs habitats : par exemple, le biotope étang comprend une zone pélagique (eaux libres), une zone benthique (eaux profondes et sédiment) et une zone littorale (eaux près du bord). De même, l'habitat d'un être vivant peut couvrir plusieurs biotopes. Par exemple, les grenouilles vertes quittent le biotope étang pour hiberner dans des trous sous terre ou sous d'épaisses couches de feuilles mortes. Leur habitat comprend donc l'étang ainsi que les bois ou les prairies avoisinantes.

On nomme **population** tous les individus d'une espèce donnée qui vivent dans le même habitat et se reproduisent effectivement entre eux. Ainsi, les grenouilles vertes d'un étang donné forment la population de grenouilles vertes de cet étang.

Le **biotope** et la **biocénose** forment ensemble une unité fonctionnelle, l'**écosystème** (*figure 2*). Dans le cas des grenouilles discuté ci-dessus, il s'agit de l'écosystème étang. L'ensemble des écosystèmes forme la **biosphère**.

Dans un écosystème, les êtres vivants sont liés les uns aux autres par des flux de matière et d'énergie. Ils forment des **chaînes alimentaires** qui, à leur tour, forment des **réseaux trophiques**.

Les **producteurs** sont à la base de toute chaîne alimentaire. Tous les producteurs synthétisent les matières organiques à partir de matières inorganiques grâce à la **photosynthèse**, à part quelques cas particuliers dans des grottes ou dans les fosses abyssales océaniques (chimiosynthèse). Les **herbivores** se nourrissent de la matière constituant les producteurs : ce sont des **consommateurs** de premier ordre.

Ils sont eux-mêmes mangés par des consommateurs d'ordres supérieurs. Les vers de terre et quelques autres invertébrés, les champignons et les bactéries des sols et des sédiments se nourrissent des restes d'organismes morts et des excréments animaux. Ce faisant, ils participent à leur décomposition ; c'est pour cela qu'on les qualifie de **décomposeurs**. Lors de la décomposition de la matière organique, des substances minérales sont relâchées dans l'environnement et remise à disposition pour les producteurs. L'oxygène libéré par les producteurs est un produit de la photosynthèse. Il est utilisé par la plupart des êtres vivants pour la respiration cellulaire, processus qui dégage du gaz carbonique. Celui-ci est à son tour utilisé par les producteurs pour la photosynthèse. Ainsi, la photosynthèse et la respiration des organismes sont à la base d'un échange continu de matière et d'énergie. Le moteur de la photosynthèse est l'énergie solaire. Contrairement à la matière, l'énergie ne peut pas être recyclée ; c'est pourquoi on parle de flux d'énergie et de cycles de la matière au sein des écosystèmes. D'autres éléments, comme l'azote ou le phosphore, participent aux cycles de la matière entre les producteurs, les consommateurs, les décomposeurs et le monde minéral.

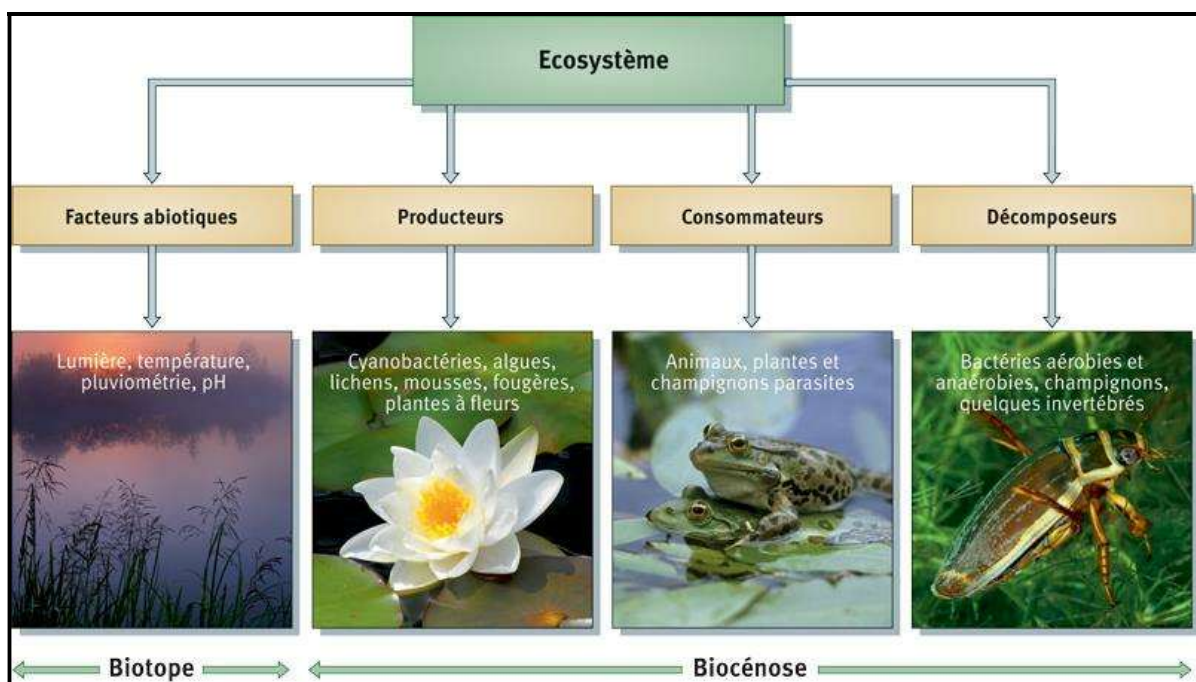


Figure 2 : Composants d'un écosystème

1.3 Facteurs abiotiques

1.3.1 Potentiel écologique

Tout organisme possède, pour chaque facteur abiotique, un **intervalle de tolérance** déterminé par sa physiologie et sa génétique (figure 3). On appelle respectivement **optimum** et **préférendum** la valeur et l'intervalle privilégiés où il se développe le mieux et **pessima** les intervalles où il survit encore, mais ne se reproduit plus. Les valeurs limites de l'intervalle de tolérance, au-delà desquelles l'organisme en question ne survit

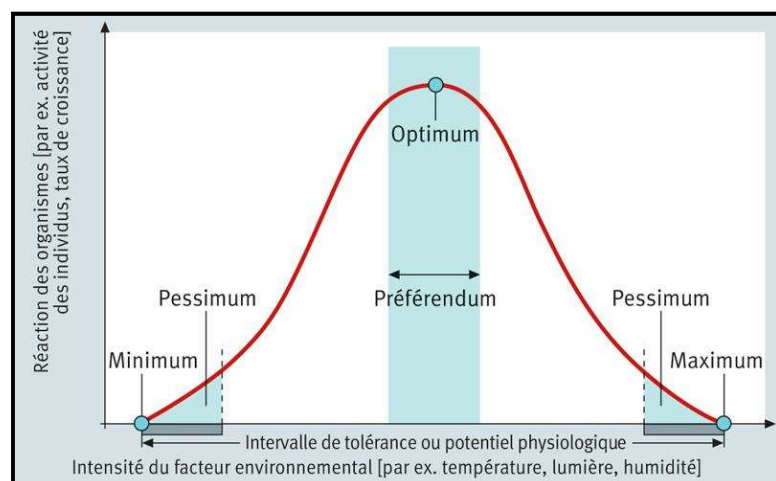


Figure 3 : Courbe de tolérance d'une espèce

pas, sont appelées **minimum** et **maximum**. La courbe de tolérance représente les exigences d'une espèce par rapport à un facteur environnemental déterminé.

L'aulne glutineux est souvent présent sur des sites périodiquement inondés. Toutefois, si on le cultive sur des sols avec différents taux d'humidité, on constate qu'il pousse bien à tous les degrés d'humidité et même sur les sols secs. Il a un grand **potentiel physiologique** quant à l'humidité du sol (figure 4).

En comparaison, le potentiel physiologique du hêtre commun est bien plus petit. Il ne tolère ni les sites humides, ni les sites trop secs. Dans un écosystème, chaque espèce est en concurrence avec d'autres espèces. L'aulne glutineux est, dans la plupart des sites, en compétition avec d'autres espèces d'arbres. Bien que le hêtre présente un moindre potentiel physiologique quant à l'humidité du sol, il est un meilleur compétiteur au préférendum grâce à son taux de croissance élevé et supprime l'aulne glutineux sur les sites au sol moyennement humide. Son potentiel physiologique ne peut donc pas s'exprimer pleinement dans la réalité, restreint par la concurrence ; c'est pourquoi on a introduit la notion de **potentiel écologique**.

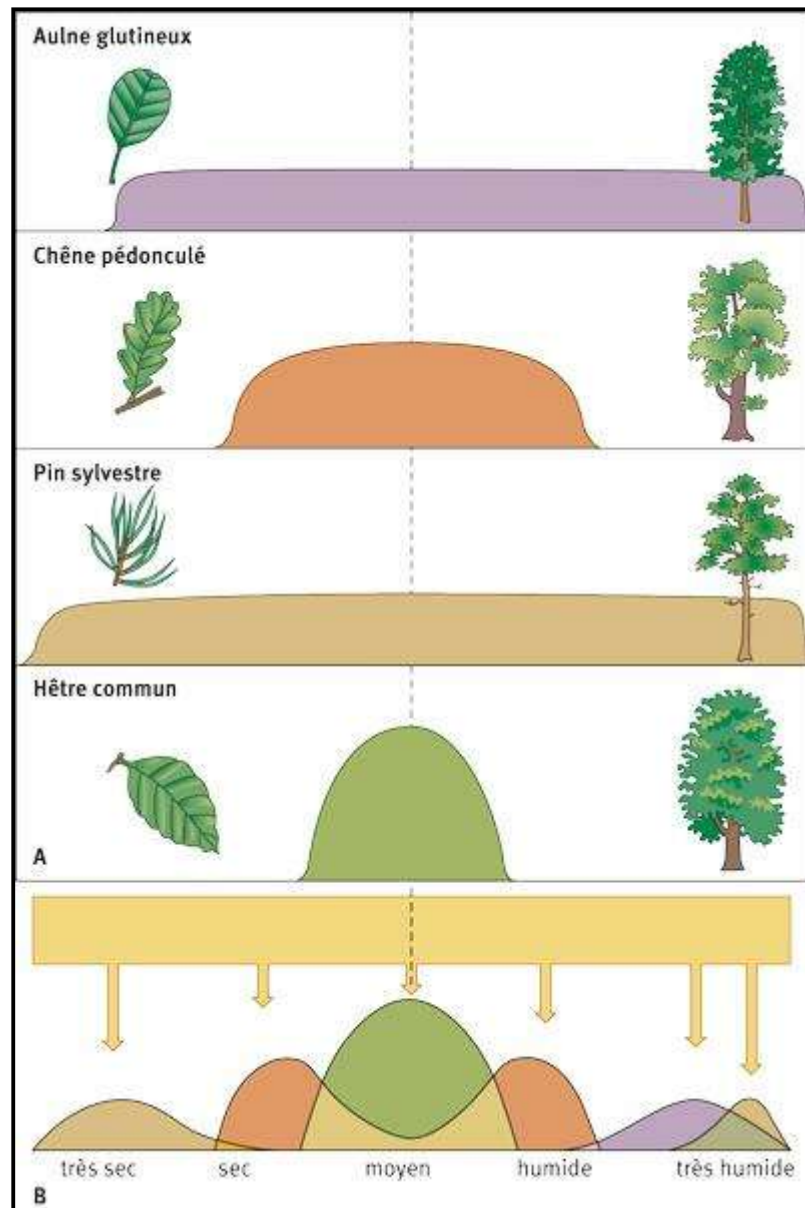


Figure 4 : Potentiel. **A** Potentiel physiologique **B** Potentiel écologique

1.3.2 Influence de la température sur les êtres vivants

Le saxifrage à feuilles opposées détient le record d'altitude des plantes alpines : 4500m dans le massif des Mischabel dans notre canton ; mais on le trouve encore plus haut dans l'Himalaya (5200m) et beaucoup plus bas dans la toundra arctique. De façon générale, les températures baissent de 1°C environ par degré de latitude lorsqu'on s'éloigne de l'équateur en direction du Nord ou du Sud. Elles baissent aussi avec l'altitude : en moyenne 0.6°C par 100m d'altitude. Le facteur abiotique température est d'une importance capitale pour la répartition des êtres vivants. C'est pour cette raison qu'il y a un parallélisme altitude-latitude (figure 5) : les différentes zones climatiques et leurs paliers d'altitude correspondants ont des biocénoses similaires.

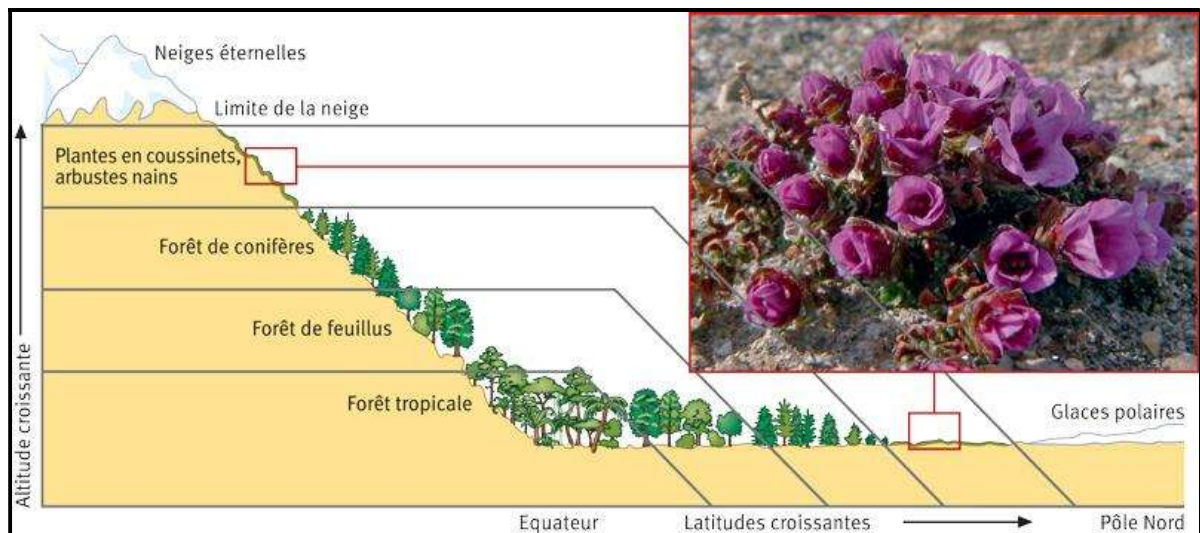


Figure 5 : Parallélisme altitude - latitude

Toutes les réactions du métabolisme des êtres vivants sont catalysées par des enzymes et se déroulent en milieu aqueux. Une hausse de la température entraîne une augmentation de leur vitesse de réaction. Mais les enzymes de la majorité des êtres vivants se dénaturent à des températures supérieures à 45°C. L'eau douce gèle en dessous de 0°C et n'est donc plus disponible en tant que solvant ou moyen de transport dans les cellules. En conséquence, la plupart des ectothermes en milieu continental ou lacustre ne peuvent pas être actifs en dessous de 0°C, ni au-delà de 45°C.

Les plantes doivent pouvoir supporter les variations de températures annuelles et journalières qui se produisent là où elles poussent, car elles ne peuvent pas réguler leur température interne. C'est pourquoi chaque zone climatique et chaque palier d'altitude ont une végétation caractéristique. Certaines plantes tolèrent des températures plus élevées ou plus basses à court ou à long terme, selon leurs adaptations physiologiques et morphologiques. Par exemple, le saxifrage à feuilles opposées et les autres plantes en coussinets de la toundra poussent au ras du sol. Cela permet le développement d'un microclimat dans les coussinets.

Chez les végétaux, la capacité de résister à des froids extrêmes dépend de la **résistance au gel**. Au cours de l'année, certaines plantes accumulent dans leurs cellules des substances qui abaissent le point de congélation de l'eau, comme des acides aminés, des sucres ou du glycérol. Ces substances agissent donc comme antigels. Les conifères comme les pins ou les épicéas sont des arbres à feuilles persistantes ; leurs aiguilles contiennent ce type de substances protectrices contre le gel. Les feuillus, au contraire, n'investissent pas d'énergie pour la synthèse et l'accumulation de telles substances. Ils perdent leurs feuilles en automne et empêchent ainsi leur gel. Grâce à

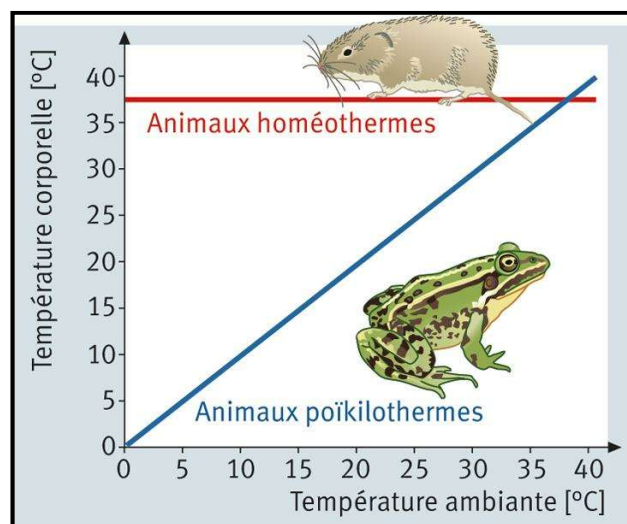


Figure 6 : T° corporelle en fonction de la T° ambiante

leur mobilité, les animaux peuvent chercher ou éviter des lieux trop chauds ou trop froids. Les oiseaux et les mammifères régulent leur température corporelle grâce à la chaleur produite par leur métabolisme. Les animaux dont la température corporelle est constante ont été appelés animaux à sang chaud ou **homéothermes**. Les animaux dont la température corporelle varie

en fonction de la température de l'environnement ont été appelés animaux à sang froid ou **poïkilotherme** (figure 6).

Selon la provenance de la chaleur corporelle, on distingue les **endothermes**, qui produisent eux-mêmes leur chaleur corporelle, et les **ectothermes**, qui dépendent principalement de sources de chaleur externes. Les poissons, les amphibiens et les reptiles sont des poïkilothermes ectothermes, les oiseaux et les mammifères sont au contraire des homéothermes endothermes.

Le maintien de la température corporelle à une valeur constante nécessite un important investissement énergétique. C'est pourquoi en hiver, lorsque la température baisse et l'offre de nourriture diminue, plusieurs endothermes, comme la marmotte ou le hérisson, entrent en **hibernation**. Leur température corporelle baisse et leur métabolisme est fortement ralenti, en conséquence de quoi ils utilisent beaucoup moins d'énergie. D'autres mammifères comme l'ours ou certains écureuils tombent en **hivernation**, état de somnolence duquel ils peuvent sortir pour manger ou uriner. Leur métabolisme ralentit légèrement et leur température corporelle ne baisse que de quelques degrés. Les ectothermes entrent en **léthargie** lorsque la température baisse suffisamment. Certains, comme les coccinelles, survivent aux périodes de gel grâce à la synthèse de glycérol qui abaisse le point de congélation de fluides corporels.

Le zoologiste Carl BERGMANN a noté chez différents homéothermes que les individus d'une même espèce ou d'une même famille sont plus grands dans les régions froides que dans les régions chaudes. La **règle de BERGMANN** s'explique par le fait que le rapport surface/volume est plus petit chez les grands animaux que chez les petits animaux, ce qui est avantageux pour l'équilibre thermique. En effet, le volume, qui dépend du cube des dimensions, croît plus vite que la surface, qui dépend du carré des dimensions. Or le nombre des cellules qui produisent la chaleur métabolique est proportionnel au volume, alors que les pertes de chaleur sont proportionnelles à la surface. Un gros animal aura donc moins de pertes de chaleur par rapport à son volume qu'un petit animal. Ce dernier devra donc compenser ces pertes par un métabolisme plus intense. En conséquence, un gros animal a besoin de moins de moins de nourriture par kilo de masse corporelle qu'un petit animal. Du fait que la quantité de réserves alimentaires stockées par l'organisme est proportionnelle au volume, un gros animal aura une autonomie supérieure à celle d'un petit animal, qui aura donc besoin de se nourrir plus souvent. La règle de BERGMANN se comprend aussi en termes (figure 7).

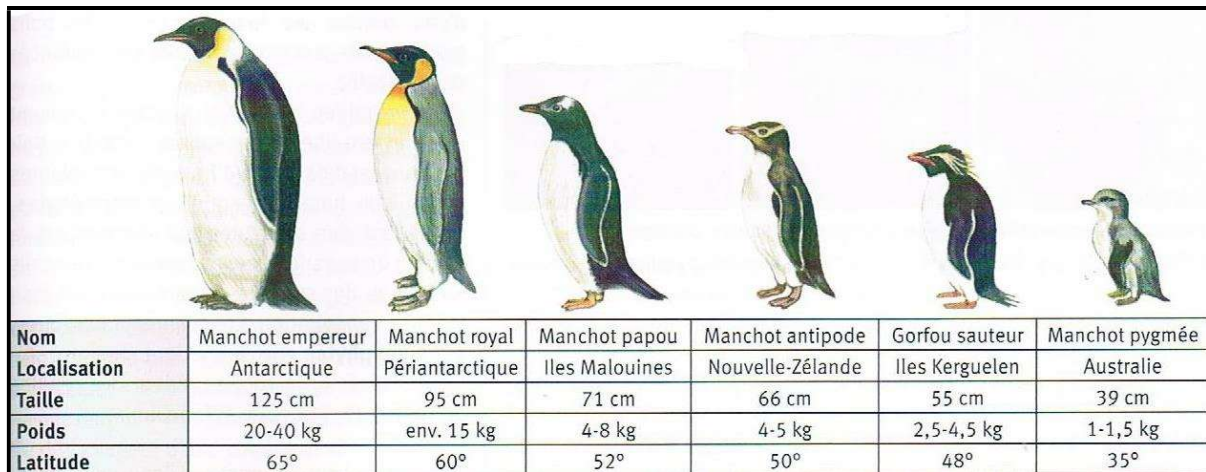
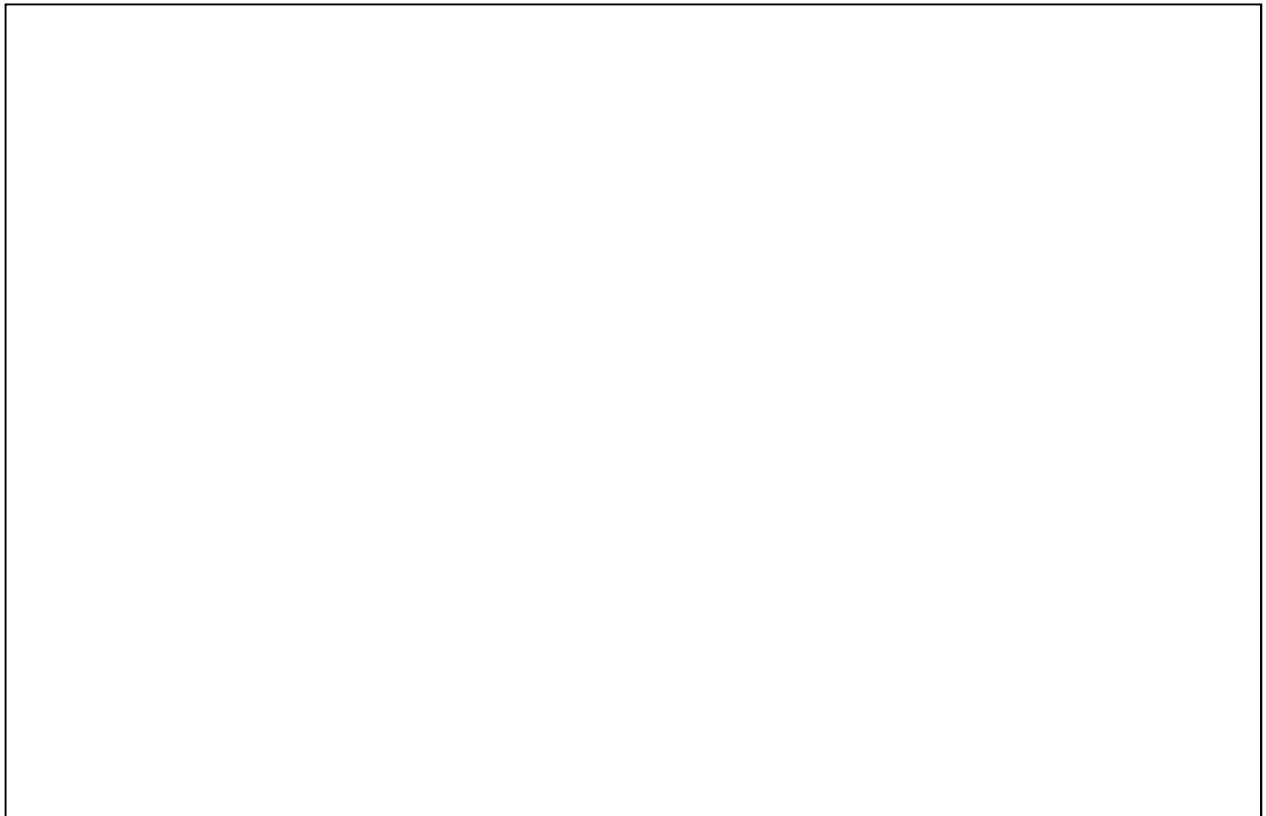


Figure 7 : Taille et masse corporelle des manchots en fonction de la latitude

Calculs règle de Bergmann :



La **règle d'ALLEN**, qui affirme que les appendices corporels, par exemple les oreilles, sont plus petits chez les homéothermes des régions froides que des régions chaudes, se comprends dans le même contexte.

1.4 Facteurs biotiques

1.4.1 Concurrence

Les relations entre les êtres vivants sont variées. La **concurrence** apparaît lorsqu'ils ont besoin des mêmes ressources et que celles-ci sont restreintes. Contrairement aux facteurs abiotiques comme la température l'humidité de l'air, la nourriture utilisée par des êtres vivants n'est plus disponible pour d'autres. On caractérise l'interdépendance de deux organismes avec un + pour les effets positifs et avec un – pour les effets négatifs. Pour la concurrence, l'interdépendance est négative.

Par exemple, la concurrence pour la nourriture entre les individus d'une population d'écureuils est particulièrement rude durant les années pauvres en glands. La concurrence à l'intérieur de la même espèce est appelée **concurrence intraspécifique**. Mais les geais des chênes ou les souris mangent aussi les glands. Les écureuils sont donc aussi en concurrence avec d'autres espèces. La concurrence entre espèces différentes est appelée **concurrence interspécifique**. La concurrence ne concerne pas seulement la nourriture, mais aussi l'espace, par exemple les lieux de nidification, les cachettes, les territoires de chasse, ainsi que les partenaires sexuels.

La concurrence intraspécifique pour les ressources a conduit à l'évolution de la **territorialité**. L'espace dans lequel un animal est actif est son **domaine vital**. Les individus des espèces territoriales s'approprient une partie de leur domaine vital, le **territoire**, et le défendent contre leurs congénères.

Ils s'assurent ainsi l'accès exclusif aux ressources disponibles à cet endroit. Les animaux marquent les frontières de leur territoire par des cris, de chants, des odeurs ou des comportements menaçants. Certains individus restés sans territoire peuvent très vite occuper le territoire dont le propriétaire aurait été tué. Du fait que les territoires ne se multiplient pas, la population est maintenue à un niveau supportable ; la territorialité régule la concurrence intraspécifique. La mise en place d'une hiérarchie chez les animaux qui vivent en harde est un autre moyen de régulation de la concurrence intraspécifique.

1.4.2 Relation prédateur – proie

Une musaraigne de quatre grammes doit absorber chaque jour une quantité de nourriture correspondant plus ou moins à sa masse corporelle. Cela représente environ 20 gros insectes ou araignées. Comme tous les êtres vivants, elle utilise des composés organiques pour obtenir l'énergie et les molécules nécessaires à la construction de ses propres biomolécules. Seuls les végétaux, les algues et les cyanobactéries, sont capables de produire des substances riches en énergie grâce à la lumière du soleil ; tous les autres êtres vivants doivent combler leurs besoins énergétiques en se nourrissant d'autres organismes : ils sont hétérotrophes. Les contraintes liées à l'hétérotrophie peuvent conduire à la **prédation**. Les **relations prédateur-proie** ont des répercussions majeures sur la stabilité et la diversité des écosystèmes.

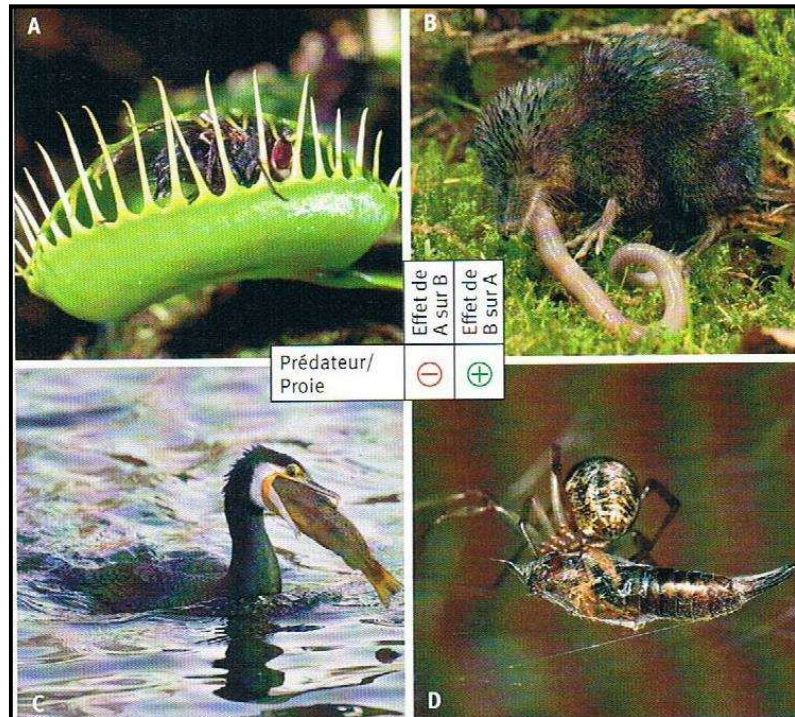


Figure 8 : **Relations prédateur –proie.** A Dionée attrape-mouche avec une mouche B Musaraigne avec un ver de terre C Cormoran avec un poisson D Araignée avec un perce-oreille

On nomme **prédateurs** les êtres vivants qui en capturent d'autres et les tuent immédiatement ou peu après. Ils réduisent ainsi le nombre d'individus de la population de leurs proies. Au contraire, les **herbivores** ne tuent généralement pas les plantes dont ils se nourrissent.

Les plantes carnivores sont aussi des prédateurs. La dionée attrape-mouche possède des feuilles modifiées en forme de piège qui se ferment en un éclair lorsqu'un insecte effleure les poils sensibles. La proie est ensuite décomposée par les enzymes digestives ; seuls les composés azotés sont absorbés par les cellules foliaires, ce qui permet aux plantes carnivores, qui restent autotrophes par ailleurs, de coloniser des lieux pauvres en minéraux azotés (figure 8).

Au cours de l'évolution, une adaptation mutuelle entre prédateurs et proies s'est développée. On parle de **coévolution** (figure 9). Au fur et à mesure que les techniques de chasse s'amélioraient chez les prédateurs, des **mécanismes de protection** se développaient chez les proies : camouflage, vitesse de fuite, cornes, sabots, carapace, épines, toxines. Les animaux venimeux signalent souvent leur dangerosité par des motifs bien visibles, comme chez les guêpes : c'est la stratégie d'avertissement. D'autres animaux inoffensifs ont imité ces motifs, comme le syrphe, qui ressemble aux guêpes, mais n'a ni aiguillon ni toxine. Cette stratégie est qualifiée de **mimétisme**. Ces deux stratégies sont un autre cas de coévolution.

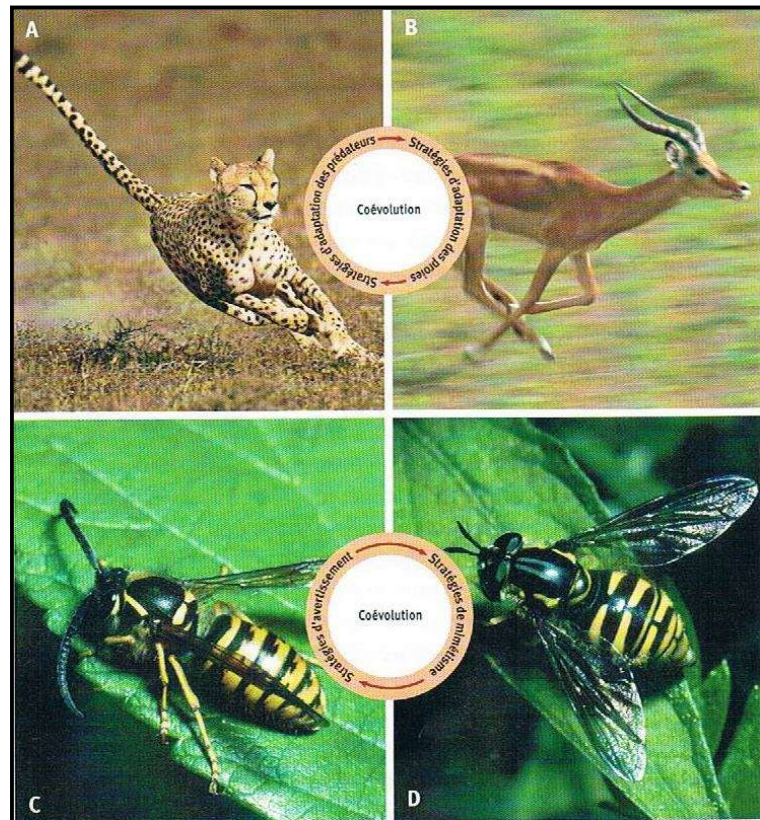


Figure 9 : **Coévolution**. **A et B** Adaptation des prédateurs et des proies **A** Guépard : vitesse. **B** Antilope : coups de sabots **C et D** Mécanismes de défense contre la prédation **C** Guêpe : avertissement **D** Syrphe : mimétisme

1.4.3 Parasitisme

De nombreuses espèces vivent à la surface ou à l'intérieur d'autres organismes et leur causent des dommages en leur soutirant des substances nutritives. On nomme **parasites** les organismes qui profitent d'autres organismes en leur nuisant et **hôtes** les organismes victimes de cette relation. Du fait que le parasite vit en étroite relation avec son hôte, on peut qualifier le parasitisme de symbiose parasitaire. Contrairement aux prédateurs, le parasite ne tue pas son hôte ou seulement après un certain temps. Les parasitoïdes représentent une forme transitoire de parasitisme. Ils se développent dans un hôte à partir des œufs ou des larves de celui-ci. Une fois le développement du parasitoïde assuré, l'hôte meurt. Les ichneumons (guêpes parasitoïdes) pondent leurs œufs dans des chenilles. Après l'éclosion, les larves mangent la chenille de l'intérieur en respectant ses organes essentiels, ce qui la maintient en vie suffisamment longtemps pour garantir le développement des larves du parasitoïde.

En général, les parasites sont spécifiques de leur hôte, pour lequel ils ont développé des adaptations spéciales. On distingue les **ectoparasites**, qui vivent constamment ou occasionnellement à la surface de l'hôte, des **endoparasites**, qui vivent à l'intérieur du tube digestif ou des tissus de l'hôte. Les poux et les tiques sont des ectoparasites qui se nourrissent des protéines de la peau et du sang de leur hôte, respectivement. Des pattes en forme de pinces, un corps aplati, l'absence d'ailes et des pièces buccales spécialisées leur autorisent ce mode de vie. On observe souvent une régression de certains organes chez les endoparasites. Chez les vers solitaires, par exemple, le tube digestif est absent. Ils absorbent les substances nutritives dissoutes dans l'intestin de leur hôte par voie cutanée. L'échinocoque est un ver parasite qui présente un cycle de développement avec **alternance de générations** et d'**hôtes**. Ses œufs se développent en larves dans les tissus de l'hôte intermédiaire, un rongeur. Lorsque le rongeur est mangé par un prédateur, les formes adultes de l'échinocoque se développent dans son tube digestif.

L'humain est un hôte accidentel. S'il ingère les œufs par hasard, les larves peuvent parvenir dans le foie, le cerveau ou les poumons et créer des dommages importants.

Alors que le parasitisme est largement répandu dans le règne animal, il est plutôt rare chez les plantes. La cuscute est un parasite sans chlorophylle qui obtient les nutriments nécessaires à partir des tissus conducteurs de la plante hôte. Les plantes parasites comme le gui, qui sont capables de photosynthèse et n'obtiennent que de l'eau et des sels minéraux de la plante hôte, sont des **hémiparasites** (figure 10).

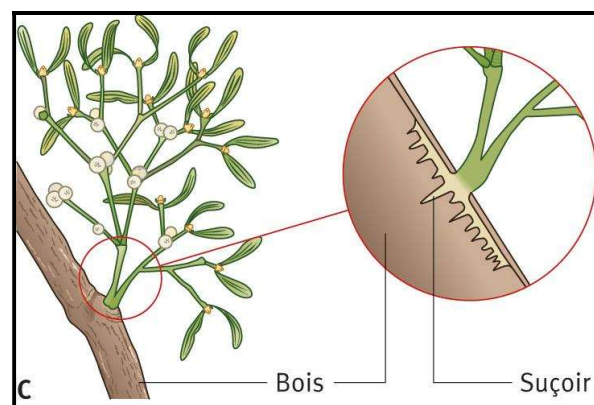
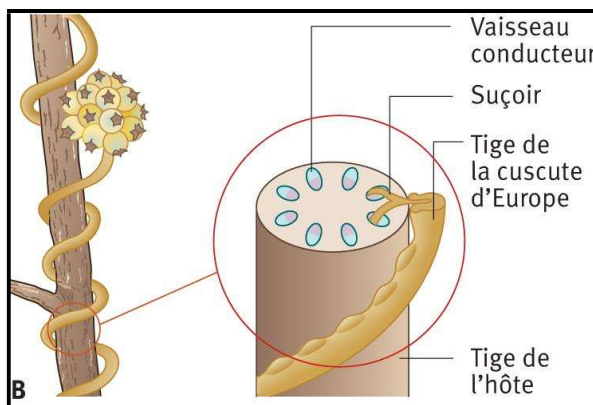
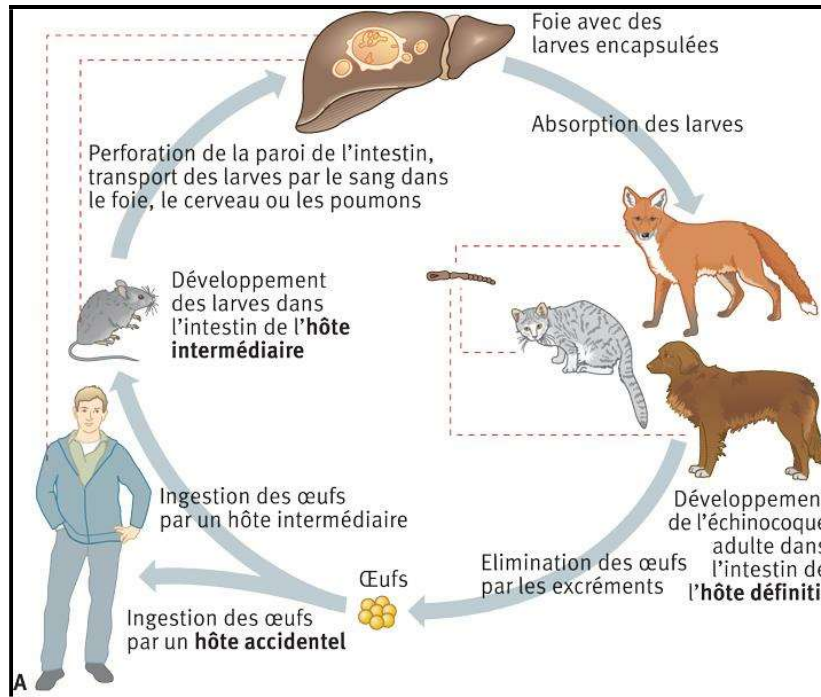


Figure 10 : Parasites. A Cycle de développement de l'échinocoque B Cuscute d'Europe, un parasite sans chlorophylle C Gui, un hémiparasite

1.4.4 Symbiose mutualiste

De nombreuses plantes à fleurs attirent les insectes grâce aux couleurs, aux odeurs ou au nectar qu'elles produisent afin d'assurer la pollinisation, en vue de la reproduction. Les insectes utilisent le nectar sucré et le pollen riche en protéines et en acides gras comme source de nourriture. Beaucoup de plantes ont, au cours de l'évolution, développé des formes de fleur spéciales pour que le nectar ne puisse être atteint que par certains insectes. Ainsi, les pollinisateurs ciblent les fleurs de la même espèce végétale, augmentant les probabilités de fécondation.

On appelle **symbiose mutualiste** une relation où les deux espèces bénéficient d'un avantage réciproque. Elle n'a pas toujours la même intensité. Alors que de nombreuses plantes à fleurs ne se reproduisent pas sans leurs pollinisateurs attirés, les partenaires d'une symbiose de nettoyage peuvent aussi vivre seuls. Dans ce type de symbiose, l'un des partenaires se nourrit des parasites de l'autre. Citons comme exemple les pique-bœufs et les buffles ou les labres nettoyeurs et les mérious.

Le **lichen** est un cas particulier d'une symbiose mutualiste obligatoire entre un champignon et une algue. Grâce à son mycélium, le champignon protège l'algue contre le lessivage et lui procure l'eau et des minéraux. En retour, l'algue le nourrit des produits de la photosynthèse. L'association algue et champignon dans le lichen présente des capacités que les partenaires isolés n'auraient pas. Grâce à cela, les lichens colonisent des sites extrêmement défavorables. Sur un rocher nu, le substrat organique manquerait au champignon et le danger de sécheresse au soleil ou de lessivage par la pluie serait bien trop élevé pour l'algue (*figure 11*).

Les **fabacées** (autrefois appelées **légumineuses**) comme le lupin, le trèfle, le soya ou les pois sont capables, grâce à leur symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote, de coloniser des sols pauvres en azote. En début de croissance, des bactéries du sol du genre *Rhizobium* infectent les racines des fabacées ; en réponse, ces dernières forment des nodosités dans lesquels les bactéries peuvent se multiplier. Les bactéries sont capables de fixer l'azote de l'air (N_2) et de le rendre disponible pour la plante sous forme ammoniacale (NH_4^+). En contrepartie, elles obtiennent des produits de la photosynthèse.

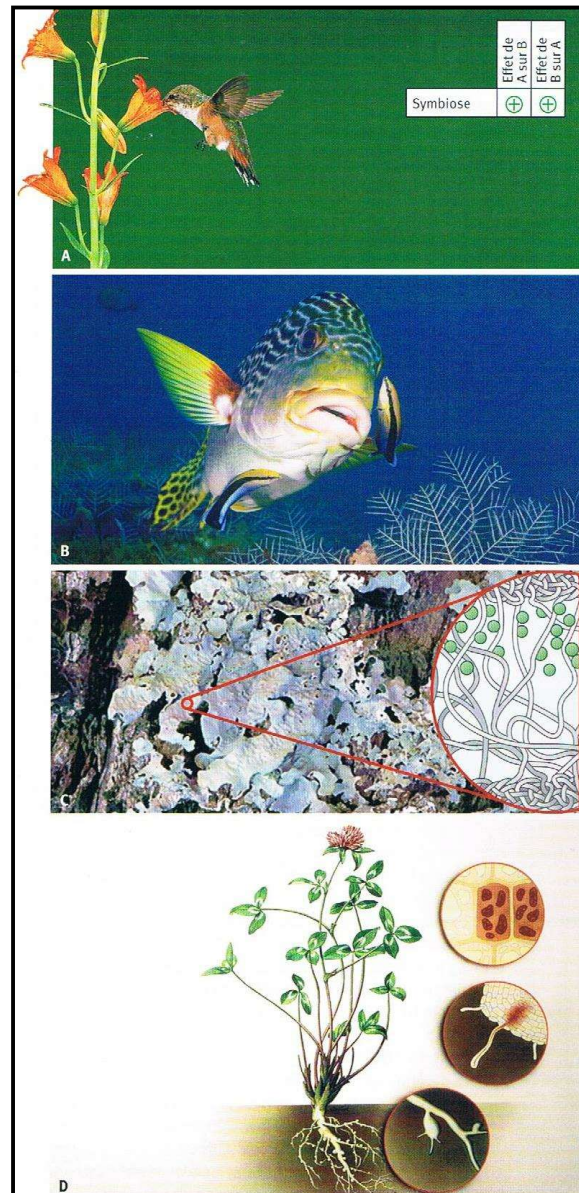


Figure 11 : **Symbiose mutualiste.** A Pollinisation des fleurs par un colibri B Symbiose de nettoyage C Lichen D Racines de trèfle avec des nodosités

1.5 Niche écologique

En Europe, dans une forêt de hêtres, on trouve plus de 7600 espèces végétales et animales. Pour chacune de ces espèces, les conditions requises pour sa survie sont remplies : nourriture en quantité suffisante, conditions climatiques favorables, concurrents et prédateurs pas trop nombreux. On appelle

niche écologique l'ensemble des exigences d'une espèce quant aux facteurs environnementaux biotiques et abiotiques. L'habitat ne constitue qu'une partie de la niche. Une forêt, par exemple, n'est pas en soi une niche écologique, mais elle offre un ensemble de facteurs biotiques et abiotiques, dont les combinaisons peuvent être propices à une espèce. Ce n'est que lorsqu'une espèce est installée dans une certaine configuration de ces facteurs que la niche est réalisée.

Les rapports complexes entre espèces et conditions environnementales peuvent être représentés dans un diagramme, le modèle spatial de la niche. Pour des raisons de clarté, les diagrammes sont réduits à deux ou trois dimensions. Si l'on considère uniquement le potentiel physiologique d'une espèce, on obtient sa **niche fondamentale**. En situation de concurrence, la niche fondamentale peut être réduite à la **niche réalisée**, qui est par conséquent plus petite.

L'écureuil roux et l'écureuil gris, introduit en 1870 en Angleterre, ont une niche fondamentale semblable. Or, l'écureuil gris peut mieux utiliser certains facteurs environnementaux, en l'occurrence les ressources nutritives, que l'écureuil roux ; sa niche réalisée est en conséquence plus grande que celle de l'écureuil roux, sur laquelle elle empiète.

Deux espèces concurrentes ne peuvent coexister sur une longue durée que si elles se différencient par leur niche réalisée. Si deux espèces possèdent la même niche écologique en un lieu donné, la concurrence interspécifique conduit à l'extinction d'une des deux espèces – principe de l'exclusion compétitive – ou à la modification des niches des espèces concurrentes au cours de l'évolution. Cela signifie que les exigences environnementales des espèces concurrentes deviennent plus spécifiques grâce à des adaptations et qu'elles se différencient toujours plus. C'est le phénomène de **différenciation de niche** (figure 12).

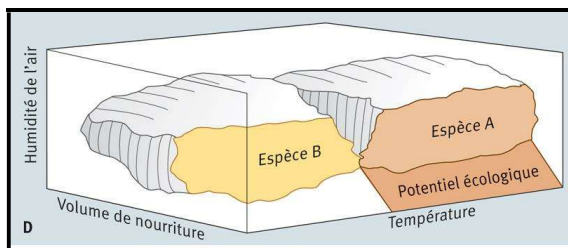
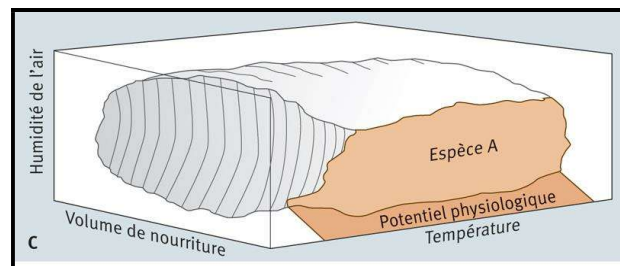
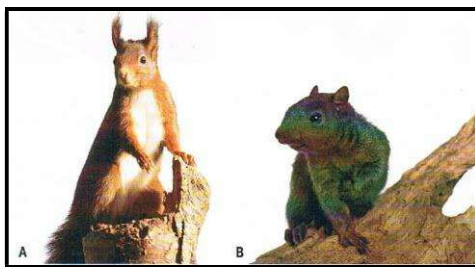


Figure 12 : **Modèle spatial d'une niche à trois variables.** A Ecureuil roux (espèce A) B Ecureuil gris (espèce B) C Niche fondamentale de l'espèce A D Niche réalisée de l'espèce A en concurrence avec l'espèce B

1.6 Ecologie des populations

1.6.1 Croissance des populations

Les lapins de garenne de l'île St-Pierre, dans le lac de Bièvre, introduits par Jean-Jacques Rousseau et disparus tout récemment, faisaient partie de la même **population**. On entend par là des individus d'une même espèce qui vivent dans la même zone de distribution et se reproduisent effectivement entre eux. Le nombre d'individus d'une population au cours du temps, la **taille de la population**, est sujet à des fluctuations constantes, qu'on appelle la **croissance de la population**, même s'il s'agit parfois de décroissance.

La croissance d'une population qui double en un temps donné peut être représentée par le modèle mathématique de la **croissance exponentielle (E)** (figure 13). Ce type de croissance est caractérisé par un taux de reproduction élevé, conséquence d'un taux de natalité élevé et d'un faible taux de mortalité avant la reproduction. La croissance exponentielle n'est pas possible que sur une **durée limitée**, dans des **conditions idéales** et avec des **ressources illimitées** ; on peut l'obtenir en laboratoire sur plusieurs générations de microorganismes, et on peut l'observer sur quelques générations dans la nature, lors de la conquête de nouveaux habitats par une population animale, par exemple. Dans des conditions naturelles, en effet, différents facteurs conduisent à une diminution rapide de la croissance des populations. Ainsi, la disponibilité restreinte des ressources conduit à une augmentation de la pression de concurrence, et les prédateurs ou la propagation de maladies augmentent le taux de mortalité et diminuent le taux de natalité.

Un modèle qui rend mieux compte de la réalité des populations naturelles est celui de la **croissance logistique (L)**. Lorsque les taux de natalité et de mortalité s'équilibrent, le nombre d'individus reste constant, à un niveau correspondant à la **capacité limite (K)** du milieu. Celle-ci dépend de la disponibilité des ressources et est donc variable. Dans les conditions naturelles, il est rare qu'une population se stabilise directement sur cette limite. Bien souvent, les populations croissent, dans un premier temps, au-dessus de cette limite. La pénurie des ressources qui en résulte mène soit à un effondrement total de la population (L2), soit à des fluctuations autour de la capacité limite (L1).

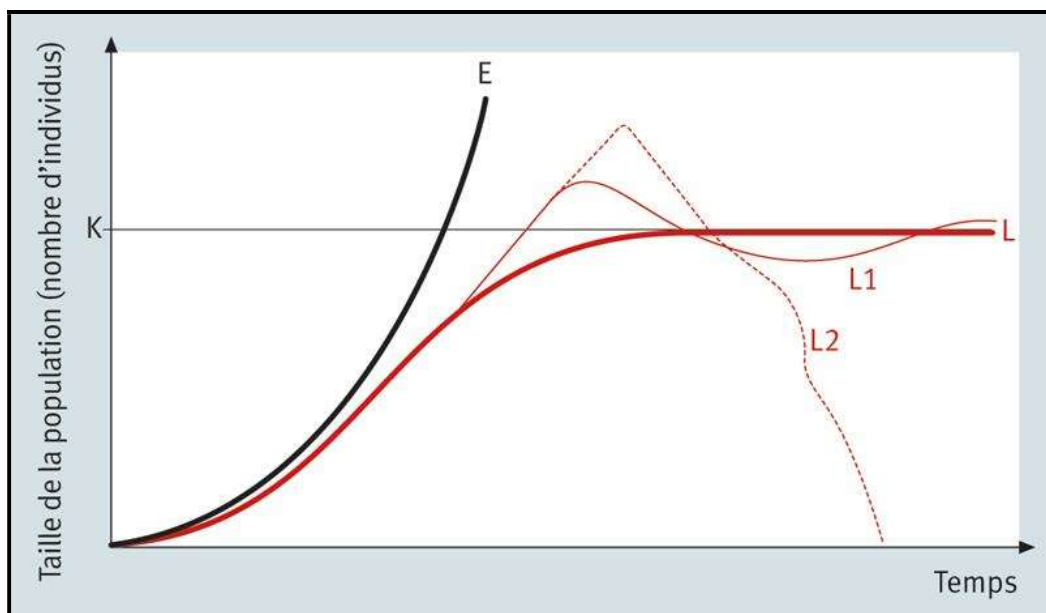


Figure 13 : Courbes de croissance

1.6.2 Régulation de la densité de population

Si l'on suit le développement de la population des phoques de la côte allemande de la mer du Nord entre 1977 et 2009, on s'aperçoit que la croissance n'est pas continue, mais qu'elle s'effondre deux fois à la suite des phases de croissance exponentielle (figure 14). Le nombre d'individus de la population, aussi appelé **densité de population**, oscille souvent de façon périodique. Il est régulé par divers facteurs, comme la propagation des

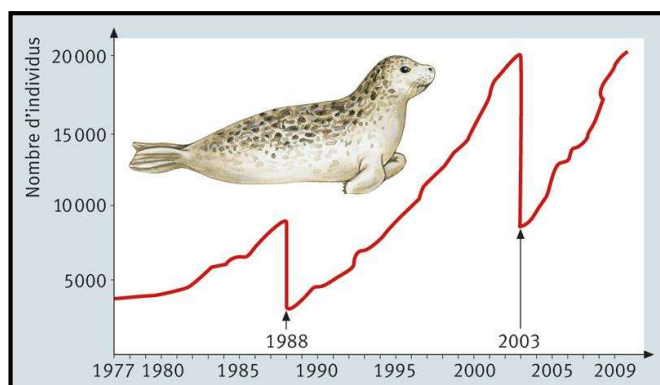


Figure 14 : Croissance des populations de phoques

maladies infectieuses. Citons comme exemple les deux infections virales (maladie de Carré des phoques) qui ont causé l'effondrement de la population de phoques en 1988 et en 2003.

De nombreux agents infectieux, virus ou bactéries, sont transmis par les contacts corporels. De ce fait, le danger d'infection augmente avec la densité de population. La maladie de Carré compte parmi les **facteurs dépendant de la densité**. Son influence sur le taux de mortalité dépend de la densité de population. De même, la disponibilité des ressources, comme la nourriture et l'espace ou la densité de la population des prédateurs spécifiques à l'espèce sont aussi des facteurs dépendant de la densité. L'influence de ces facteurs sur la population aboutit à un rétrocontrôle négatif ; plus la densité de la population est grande, plus sa croissance est restreinte par le manque croissant de nourriture et d'espace. En conséquence, le taux de natalité diminue et le taux de mortalité augmente (figure 16). D'autres facteurs, comme la température, la pollution de l'eau, ou les toxines dans la nourriture, agissent sur tous les individus de la population, indépendamment de sa densité. Ce sont les **facteurs indépendants de la densité**.

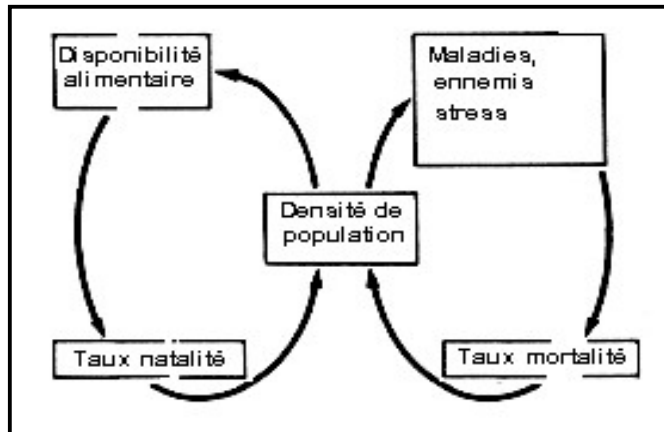


Figure 15 : Régulation de la densité par des facteurs dépendants de la densité

En conséquence, le taux de natalité diminue et le taux de mortalité augmente (figure 16). D'autres facteurs, comme la température, la pollution de l'eau, ou les toxines dans la nourriture, agissent sur tous les individus de la population, indépendamment de sa densité. Ce sont les **facteurs indépendants de la densité**.



Figure 16 : Facteurs régulateurs de la densité de la population

1.7 Questionnaires sur la vidéo « les lapins en Australie »

Quelles sont les conditions qui ont permis une croissance exponentielle des lapins ?

Quelles sont les conséquences de cette croissance sur l'écosystème australien ?

Quelles sont les conséquences de cette croissance sur les activités humaines ?

Quels moyens ont été développés pour lutter contre cette croissance et avec quel succès ?

1.8 Structure et fonctionnement des écosystèmes

1.8.1 La biosphère et ses constituants

Biosphère signifie, littéralement, sphère de la vie, c'est-à-dire l'ensemble de la vie terrestre. Les êtres vivants sont localisés sur une couche étroite à la surface de la Terre. Celle-ci comprend la basse atmosphère, les océans, mers, lacs et cours d'eau que l'on regroupe sous le nom d'hydrosphère et la mince pellicule superficielle des terres émergées appelés lithosphère (*figure 17*).

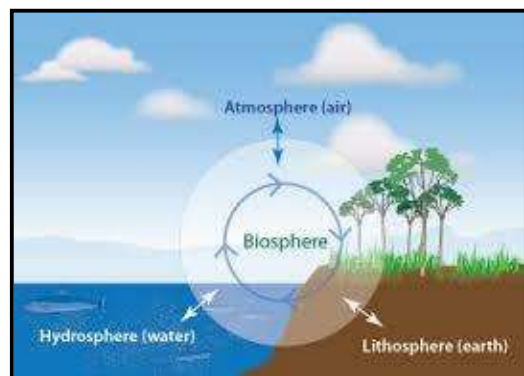


Figure 17 : Structure de la biosphère

L'épaisseur de la biosphère varie considérablement d'un point à un autre puisque la vie pénètre jusque dans les fosses océaniques au-delà de 10 000 m de profondeur 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 la raréfaction de l'oxygène, les êtres vivants se font plus rares avec l'altitude et vivent rarement à plus de 10 000 m.

par suite de la raréfaction de l'oxygène, les êtres vivants se font plus rares avec l'altitude et vivent rarement à plus de 10 000 m.

La **source majeure d'énergie** dans la biosphère est le **soleil**. L'autre source importante est l'énergie géothermique. Grâce à la photosynthèse, les plantes transforment l'énergie solaire en énergie chimique, et les animaux en mangeant ces plantes ou en se mangeant entre eux, la récupèrent.

1.8.2 Organisation de la biosphère (chaîne trophique)

Le niveau le plus élémentaire d'organisation du vivant est la **cellule**. Celle-ci est intégrée dans l'**individu** qui s'intègre dans une **population**. La population fait partie d'une communauté ou **biocénose**. La biocénose s'intègre à son tour dans l'**écosystème**. L'ensemble des écosystèmes forment la **biosphère** qui est le niveau le plus élevé du vivant.

Un **écosystème** est constitué par l'ensemble des êtres vivants (**biocénose**) et du milieu dans lequel ils vivent (**biotope**).

Le biotope fournit l'énergie, la matière organique et inorganique d'origine abiotique. La biocénose comporte trois catégories d'organismes (figure 18) :

- Les producteurs

Ce sont les **végétaux autotrophes photosynthétiques** (plantes vertes, phytoplancton : cyanobactéries ou algues bleus : organisme procaryote). Ayant le statut de producteurs primaires, ils constituent le premier niveau trophique de l'écosystème. En effet, grâce à la **photosynthèse** ils élaborent la **matière organique** à partir de matières strictement minérales fournies par le milieu extérieur abiotique.

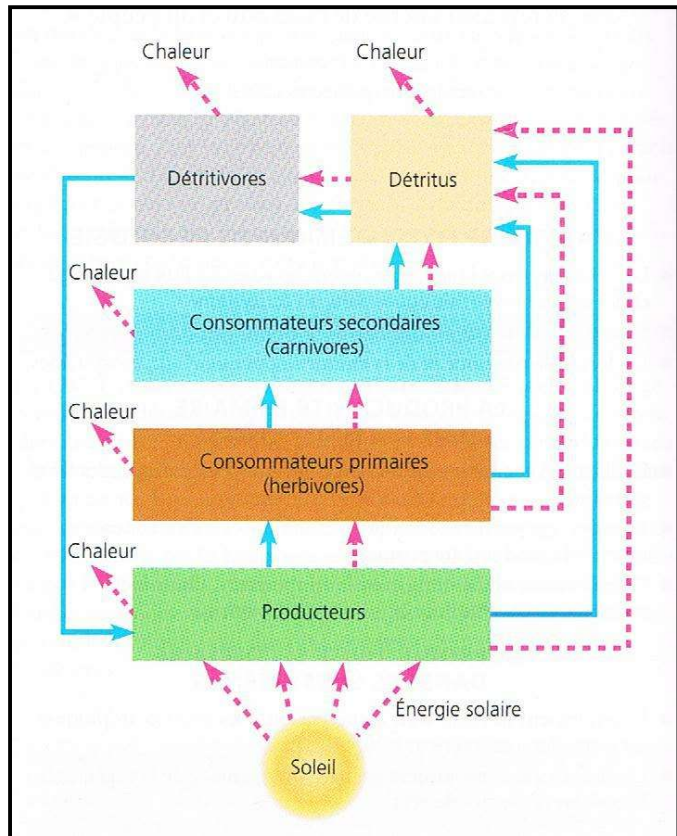


Figure 18 : La dynamique des écosystèmes

- Les consommateurs :

Il s'agit d'êtres vivants, dits **hétérotrophes**, qui se nourrissent des **matières organiques complexes** déjà élaborées qu'ils prélèvent sur d'autres êtres vivants. Les consommateurs occupent un niveau trophique différent en fonction de leur régime alimentaire. On distingue les consommateurs de matière fraîche et les consommateurs de cadavres.

A. Les consommateurs de **matière fraîche** :

- **Consommateurs primaires (C1)** : ce sont les **phytophages** qui mangent les producteurs. Ce sont en général des animaux, appelés **herbivores** (mammifères herbivores, insectes, crustacés : crevette, ...).
- **Consommateurs secondaires (C2)** : prédateurs de C1. Il s'agit de **carnivores** se nourrissant d'herbivores (mammifères carnassiers, rapaces, insectes, ...).
- **Consommateurs tertiaires (C3)** : prédateurs de C2. Ce sont donc des **carnivores** qui se nourrissent de carnivores (oiseaux insectivores, rapaces, insectes, ...).

Le plus souvent, un consommateur est omnivore et appartient donc à plusieurs niveaux trophiques. Les C₂ et les C₃ sont soit des prédateurs qui capturent leurs proies, soit des parasites d'animaux.

B. Les consommateurs de **cadavres d'animaux** :

Les **charognards** désignent les espèces qui se nourrissent des cadavres d'animaux frais ou décomposés. Ils terminent souvent le travail des carnivores (chacal, vautour, ...)

- Les décomposeurs

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

Une chaîne trophique ou chaîne alimentaire est une succession d'organismes dont chacun vit au dépend du précédent (*figure 19*). Tout écosystème comporte un ensemble d'espèces animales et végétales qui peuvent être réparties en trois groupes : les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs

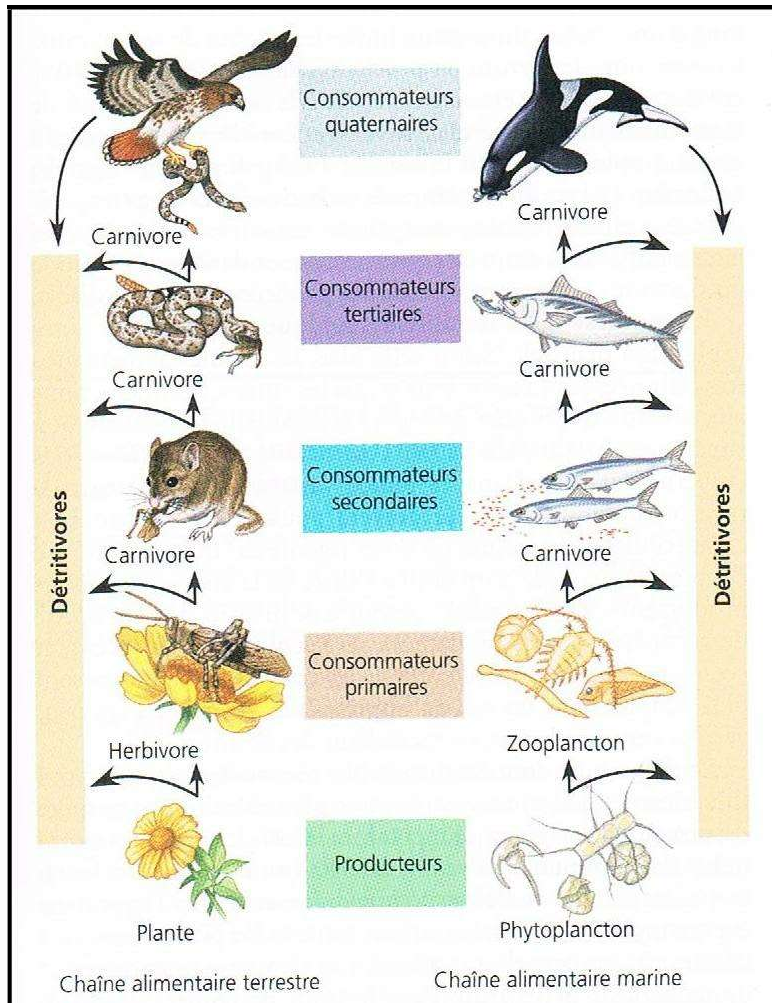


Figure 19 : chaîne trophique

1.8.2.1 Le réseau trophique

Le réseau trophique (*figure 20*) se définit comme un ensemble de chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème et par lesquelles l'énergie et la matière circulent. Il se définit également comme étant l'ensemble des relations trophiques existant à l'intérieur d'une biocénose entre les diverses catégories écologiques d'êtres vivants constituant cette dernière (producteurs, consommateurs et décomposeurs).

1.8.3 Le recyclage des éléments chimiques dans les écosystèmes

Si l'énergie solaire est inépuisable (du moins jusqu'à la mort du Soleil dans plusieurs milliards d'années), les réserves d'éléments chimiques sont limitées, car les météorites qui tombent occasionnellement sur la Terre représentent les seules sources extraterrestres de matière. Par conséquent, la vie sur la Terre repose sur le recyclage des éléments chimiques essentiels (*figure 21*). Presque toutes les réserves de substances chimiques d'un organisme, même vivant, sont renouvelées continuellement par l'absorption de nutriments et le rejet de déchets. Puis, quand l'organisme meurt, les détritivores dégradent ses molécules complexes et renvoient des composés simples dans l'atmosphère, l'eau ou le sol. La décomposition reconstitue les réserves de nutriments inorganiques que les Plantes et les autres autotrophes utilisent pour fabriquer de la nouvelle matière organique. Comme les cycles des nutriments font intervenir des composantes biotiques et abiotiques des écosystèmes, on les appelle aussi **cycles biogéochimiques** (par exemple le cycle du carbone).

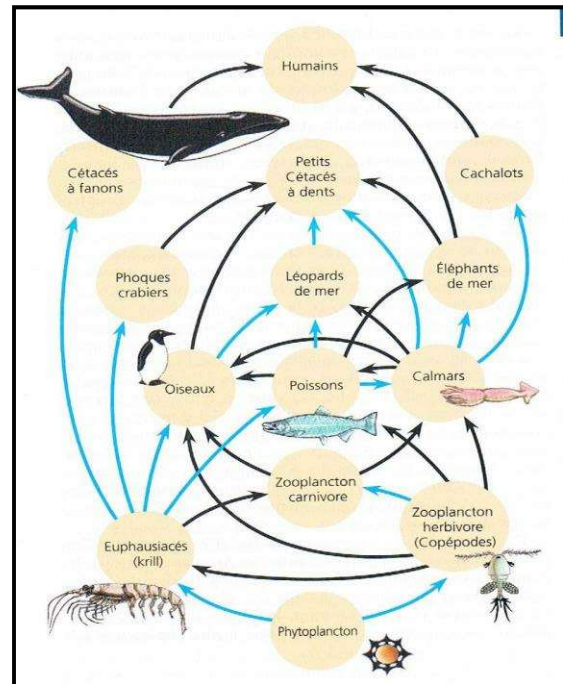


Figure 20 : Réseau alimentaire

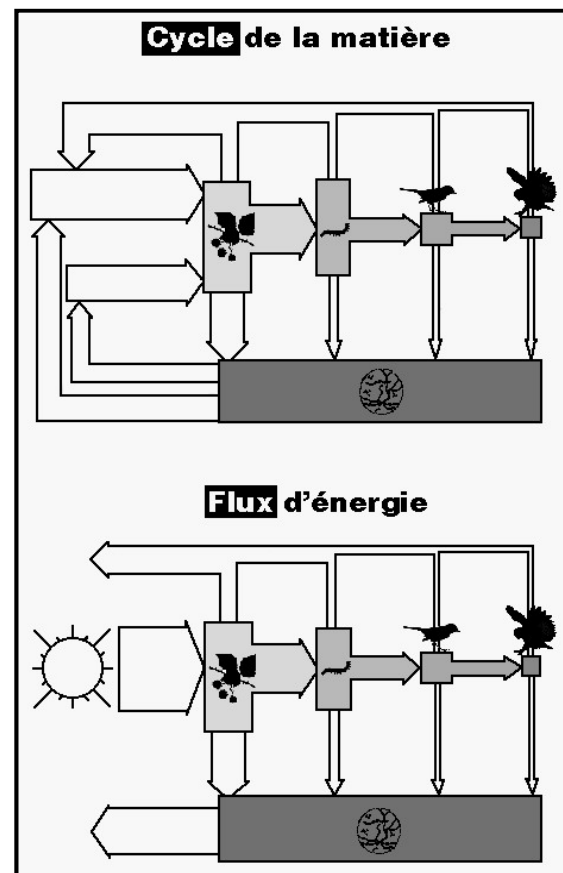


Figure 21 : Cycle de la matière et flux d'énergie