

Interactions

Milieu (ou **biotope**) ensemble des facteurs qui se passent autour d'un individu.

Milieu Ressource ↔ organisme ↔ Autres organismes (toile du vivant)
Caractéristique des interactions entre les êtres vivants

Réciproque	Non réciproque
Type symbiose	↑ des proies = ↑ des prédateurs

Fitness nbre de descendants viables/fertiles produit par un individu.

Habitat portion où l'on trouve une espèce. Les types d'espèces en fonction de leur habitat

Endémique	Cosmopolite
-----------	-------------

Écosystème

Écosystème ensemble des interactions qu'entretient un organisme.

Un organisme cherche à capter les ressources pour notamment de produire l'énergie pour

Survivre	Se développer	Se reproduire
----------	---------------	---------------

Écologie consiste à construire une base des connaissances

Approche	Holistique $1+1>2$ (vs réductionniste $1+1=2$)	
Obs. méthode d'expé	Sans motif	Avec motif

L'écologie à différentes échelles spatiales et temporelles écosystémiques

Organisation du vivant

<ul style="list-style-type: none">BiosphèreBiomeÉcosystème		
<ul style="list-style-type: none">Communauté	<ul style="list-style-type: none">Synécologie	(Plusieurs espèces)

<ul style="list-style-type: none">PopulationOrganisme	<ul style="list-style-type: none">DémécologieAutécologie	
--	---	--

Avec différentes échelles

Lexique

Conditions variables physico-chimiques qui permettent la vie d'un organisme.

Diversité quantité de variabilité dans un certain système.

Facteurs écologiques et réponses des organismes

Facteurs écologiques

Facteurs écologiques ensemble des éléments du milieu susceptible d'agir sur les organismes vivants pendant leur développement ou leur vie.

Ces facteurs peuvent être classés en catégorie :

Abiotique (Non-vivant vivant)	Biotique (Vivant vivant)
Condition physico chimique	Interactions appelées aussi composantes biologiques

Une autre classification des facteurs

Indépendants de la densité	Dépendants de la densité
----------------------------	--------------------------

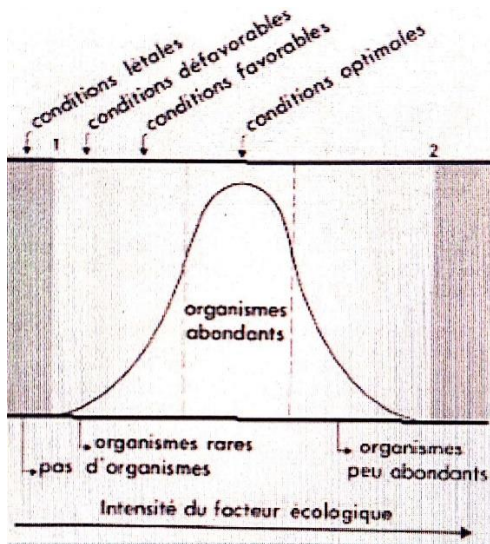
Facteurs abiotiques

Conditions	Ressources
Tous ce qui n'est pas consommable.	<ul style="list-style-type: none">QuantitéRéduite ou consommée par les organismes.

Relation entre facteur et organisme(s)

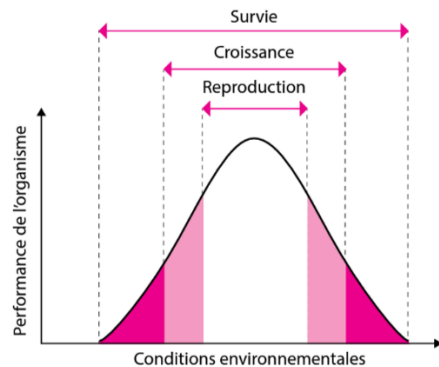
Pour une espèce

La performance des organismes est directement liée l'intensité d'un facteur.



Pour un organisme

Sa présence et sa performance en un endroit donné sont strictement liées à sa compatibilité avec les conditions du milieu.



Conditions optimales lorsque les valeurs des facteurs permettent à un individu d'atteindre le fitness maximum.

Aire de répartition biogéographique zone délimitant la répartition géographique d'une espèce. Elle est directement liée aux conditions du milieu.

Valence

Valence capacité à tolérer les variations d'un facteur.

Intensité des variations	Faible	Moyenne	Fort
	Sténoèce	Mesoèce	Euryèce

Sténothermes (opposition **eurytherme**) organismes qui ont évolués dans des conditions de température stables.

Facteur limitant

Le facteur le proche d'un extremum est appelé **facteur limitant**.

Loi de tolérance de Shelford	Chaque être vivant se situe dans sa zone de tolérance (et d'optimum écologique).
Loi du minimum de Liebig	Les ressources déficitaires conditionnent la croissance.
Loi de Bartholomew	Une espèce est contrôlée par ses plus petites limites de tolérance.

Élimination lorsque les facteurs écologiques s'approchent ou déplacent des limites de tolérance et que cela entraîne une diminution importante de l'effectif.

Les interactions entre les facteurs

La présence et la performance d'un organisme dans un lieu donné dépend :

Conditions physico chimiques	Ressources accessibles
Appelées aussi contraintes	

Les réponses des organismes aux modifications du milieu

L'adaptation des organismes est observable à deux échelles temporelles :

Réponses aux changements survenant durant la vie	Adaptation évolutive par la sélection naturelle
--	---

Qui se manifeste chez les organismes par des modifications

Morphologiques	Physiologiques	Comportementales
----------------	----------------	------------------

Fonctionnement local càd au niveau d'un organe	Fonctionnement global	
---	--------------------------	--

Adaptations liées à la température

Homéotherme organisme qui conserve une température interne constante c'est-à-dire indépendante du milieu extérieur (vs **poïkilothermes**).

Les règles de la température

Bergman	Pour les groupes taxinomiques homéotherme, les animaux les + grands vivent dans les régions froides (surface/volume).
Allen	Les mammifères des régions froides montrent une réduction importante de la surface des oreilles, de la queue et des pattes, ainsi qu'une forme plus trapue.

Adaptation physiologique

Endotherme	Hétérothermes
Produit de la chaleur à l'intérieur de leur corps	Utilise des sources de chaleur extérieures

Les stratégies pour conserver la chaleur : l'homéostasie thermique.

Elles peuvent être classées en trois groupes :

Isolation thermique	Vie de groupe	Exposition au soleil
---------------------	---------------	----------------------

Les organismes et les ressources

Ressources composantes d'un milieu dont les quantités peuvent être réduites, épuisées ou consommées par les organismes.

Les ressources sont distribuées (souvent de manière hétérogène) :

Temps	Espace	En quantité	En qualité
-------	--------	-------------	------------

NB : Chaque espèce exploite une gamme spécifique de ressources.

Exemples de ressources : cachettes, territoires, femelles, ... Une ressource universelle l'eau.

Les stratégies d'exploitation des ressources

Le caractère limité des ressources contraint les individus à adopter des **stratégies** c'est-à-dire un ensemble de règles de décisions appelées aussi choix. Elles sont le résultat du processus évolutif.

Théorie de l'approvisionnement optimal

Deux exemples de stratégies présentes dans le monde vivant :

- Les préférences alimentaires.
- Le ratio entre développement du réseau racinaire et aérien chez les plantes.

Stratégie optimale la stratégie qui maximise le rapport entre acquisition des ressources et dépense énergétique.

Les besoins en eaux

Hygrophile	Mésophiles	Xérophile
Qui vit dans des milieux humides	Dont les besoins en eau sont modérés.	Qui vit dans des lieux secs en permanence

Compétition

Compétition rivalité entre des organismes pour accaparer l'accès aux ressources (partagées et limitées).

La compétition se traduit par des adaptations :

Comportement et de stratégie	Physiologie et morphologique
------------------------------	------------------------------

Habitat

Habitat ensemble des caractéristiques du milieu où les individus d'une espèce peuvent se développer et se reproduire.

Niche écologique

Niche écologique ensembles des intervalles de variations des facteurs écologiques (contraintes, ressources et interactions) dans lequel un organisme vit et se perpétue.

Niche potentielle Niche écologique réalisée en absence des autres organismes.

Mathématiquement c'est un hypervolume.

Les variables peuvent être classées :

Milieu	Relations avec les autres espèces
Variables physico chimiques	Variables biologiques
Ressources	Ressources

Une autre classification possible :

Ressources	Conditions	Interactions biotiques
------------	------------	------------------------

Gilde écologique ensemble d'espèces qui exploitent une ressource commune.

Équivalent écologique lorsque 2 espèces exploitent la même gamme de ressources dans des endroits ou à des moments différents.

L'amplitude de la niche trophique

Amplitude de la niche permet de déterminer le niveau de spécialisation d'un organisme.

Généraliste	Spécialisé
-------------	------------

Partager une niche écologie

Coexiste/compétition c'est lorsque deux espèces exploitent les mêmes ressources dans des conditions équivalentes (i.e. dans le même habitat et au même moment).

Exclusion compétitive (Principe de Gause)

Deux espèces ayant des exigences écologiques identiques ne peuvent coexister indéfiniment dans un milieu stable et homogène. Celle qui est la plus compétitive finira par éliminer l'autre.

L'exclusion a lieu lorsque la niche réalisée d'un des compétiteurs est supérieure la niche potentielle de l'autre espèce.

Le corollaire : si deux espèces écologiquement semblables coexistent, c'est qu'elles ont nécessairement réalisé une différenciation de niches (au moins sur un axe).

Les facteurs biotiques

Les facteurs biotiques peuvent être classés en deux catégories :

Intraspécifique (même espèce)		Interspécifique	
		Effets de l'espèce A sur B	
		+	0
Effets de l'espèce B sur A	+	++ mutualisme altruisme	- + predation/parasitisme 0 + commensalisme
	-	-- compétition 0 - amensalisme	
	0	0 0 neutralisme	

Type de relations interspécifiques

Neutralisme	Cohabite sans relation évidente	
Amensalisme	Espèce a un effet négatif une autre espèce sans en retirer un avantage.	
	Phorésie=transport	Inquilinisme=abris
Commensalisme	Bénéfice non réciproque	
Mutualisme	Bénéfice réciproque	
	Trophique	Nettoyage
	Protection	Locomotion
Coopération	Non nécessaire (aussi intra espèce)	
Compétition	Même ressource ou concurrence	
	Compétition par interférence	
	Action direct (combat)	Allélopathie
	Compétition par exploitation (indirecte)	
Prédation	Met à mort des proies	
Parasitisme	Organisme qui vit au dépend d'un autre en diminuant le fitness de son hôte.	

Altruisme	Avantage sans contre parti (marmottes)
-----------	--

Prédation

Les types de prédateurs

Généraliste	Spécialistes
-------------	--------------

Super-prédateurs prédateurs qui ne sont la proie d'aucune espèce.

Cannibalisme

Cannibalisme prédation intraspécifique.

Il peut être :

De survie	Parental ou filial	Intra-utérin	Sexuel
-----------	--------------------	--------------	--------

Trois grands types d'adaptation des prédateurs

Dentition	Venin	Vitesse
-----------	-------	---------

Adaptation des proies

Armure	Développement de comportement de défense (et des organes de défenses)
--------	---

Aposématisme avertissement visuel, sonore ou chimique pour prévenir que le prédateur présente un danger de toxicité

Adaptation des prédateurs et des proies

Mimétisme

On distingue :

Homochromie (couleur)	Homotypie (forme)
-----------------------	-------------------

Automimétisme imite seulement une partie d'un prédateur ou de son propre corps

Camouflage imite les objets inanimés de l'environnement.

Mimétisme batésien une proie inoffensive prend l'apparence d'un aposématisme.

Parasitismes

Parasite organisme qui tire profit d'un autre en se nourrissant, s'abritant ou se reproduisant aux dépens de son hôte et ceci sans le tuer.

On distingue deux types de parasitismes :

Intraspécifique	Interspécifique
-----------------	-----------------

Parasitoïde les organismes qui tuent leur hôte au cours de leur développement.

Les parasites sont classés en fonction de :

- Leur position sur l'hôte : Ectoparasite à extérieur (vs Endoparasite).
- Leur dimension et de leur vitesse de croissance.

Micro parasites	Macro parasites
Bactéries et protozoaire, rapide	Grande taille et croissance lente

Classification des parasitismes chez les plantes :

Total	Partiel ou hémiparasite
-------	-------------------------

Dentition des herbivores chez les mammifères

Brouteurs	Rongeurs
-----------	----------

Population

Les caractéristiques d'une population

Indicateurs	
Distribution	
Dans l'espace	Cosmopolite/ponctuelle/endémique
Densité	
Effectif	Estimer par échantillonnage
Aire de répartition	Groupé/uniforme/aléatoire
Démographie = +natalité/immigration -mortalité/émigration	
Indicateur	Effectif
Statistiques descriptives	Par âge, par sexe

Les mécanismes des populations

Les mécanismes qui impactent directement et indirectement (territoires/ressources) une population.

Mécanismes	
Externe	
Facteurs abiotiques	Conséquences naturelles
Prédation	Létal Individus tués Non létal entraîne du stress
Reproduction	
Maladies	
Espèces envahissant	
Activités humaines	
Interne	
Type de reproduction	Sémelpares/itéropares
Sexe ratio	
Compétition intra	

Communautés

Communauté est un groupe d'espèces (au moins deux), appelé aussi pool d'espèces, qui partage et interagisse au même endroit et au même moment.

Étude des communautés étude des interactions interspécifiques dans le temps et l'espace. Elle s'intéresse notamment

Composition	Structure	Dynamique
-------------	-----------	-----------

L'étude des communautés s'intéresse particulièrement à :

- Aux interactions entre les populations
- Aux variations en richesse spécifiques dans l'espace
- La dynamique dans le temps
- La structure et le fonctionnement des réseaux trophiques.

La présence d'un groupe d'espèces (ou pool d'espèces) est liée :

- Au potentiel de dispersion des espèces.
- Aux conditions et ressources appropriées.
- Aux taux de compétition et prédation tolérables.

Le paradoxe de Gause

Chez le phytoplancton la fluctuation des facteur abiotiques modifie la dominance entre les espèces. Cela permet à plusieurs espèces de partager une même niche écologique.

Coexistence et les interactions compétitions/prédatons

Réseau trophique ensemble des relations alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème par lesquelles circulent l'énergie et la matière.

Autotrophe (vs hétérotrophe) organisme qui se nourrit uniquement d'éléments non organiques.

Il existe deux types de stratégie pour contrôler les communautés :

Bottom-up	Top down
En modifiant la base de la pyramide	Modifier la pyramide par la présence de prédateurs

Décrire une communauté

Structure

Les espèces présentes ainsi que l'abondance et la biomasse relative.

Distribution dans l'espace et dynamique au cours du temps

Forme de relations entre les espèces notamment par la structure trophique.

Richesse spécifique

Richesse totale nbre d'espèces total pour une aire géographiques données.

Richesse moyenne moyenne du nombre d'espèces dans les échantillons.

Outil utilisé : Courbe espèces-aire. Elle permet :

- Caractériser un milieu ou une communauté.
- Comparer deux communautés.

Diversité

Indice de diversité mesure qualitative qui quantifie l'équipartition des espèces. L'indice augmente lorsque les espèces sont présentes dans les mêmes proportions. Il atteint un maximum lorsque les espèces autant abondantes.

Par exemple, l'indice de Shannon $H' = -\sum p_i \times \log p_i$

Où p_i correspond à l'effectif d'une espèce.

La distribution des communautés dans l'espace

Analyse du gradient	Théorie communautaire	Théorie individualiste
---------------------	-----------------------	------------------------

L'apparition et l'établissement des communautés

Successions écologiques les changements que subissent les communautés au cours du temps.

La succession écologique est un processus naturel de développement d'une communauté qui aboutit à un état de stable appelé climacique (climax).

Établissement des communautés

On distingue deux cas :

- **Succession primaire** établissement de la vie dans un substrat vierge. Les premiers organismes qui colonisent le milieu sont appelés **espèces ou communauté pionnière**.

- **Succession secondaire** établissement d'une communauté dans une parcelle ayant déjà accueilli la vie. C'est un espace où la communauté a subi perturbation écologique.

Une succession se déroule en 3 phases :

Installation	Espèces pionnières adoptent souvent une stratégie R avec une croissance rapide.
Facilitation	Phase de transition
Inhibition	Espèces dominantes à croissance lente et descendance peu nombreuse Stratégie K.

Climax état d'équilibre

Intermediate Disturbance Hypothesis (IDH) énonce que la diversité des espèces locales est maximale quand les perturbations ne sont pas trop rares, ni trop fréquentes.

Perturbation détérioration souvent provisoire du milieu ou d'un écosystème.

Trop de perturbations	Pas de perturbation
	Les espèces sont menacées d'extinction dominance compétitive.

Les perturbations peuvent être d'origine

Naturelle	Non-naturelle
-----------	---------------

Stabilité d'une communauté

Resistance capacité d'un système à l'opposer au changement.

Résilience capacité d'un système de revenir aux conditions initiales.

Biodiversité, espèces et espace

Mesurer la biodiversité

Indicateur de biodiversité :

- **Richesse spécifique** nombre d'espèces dans une communauté.
- **Abondance** (nombre d'individus)
 - Absolue le nombre d'individus.
 - Relative le nombre d'individus par espèce.
- **Équipartition** niveau d'uniformité des abondances dans une communauté.

La méthode utilisée sur le terrain est l'échantillonnage.

Biodiversité et espace

Diversité ponctuelle nombre d'espèces présent dans les échantillons récoltés d'habitats homogènes.

Échelle	Habitat équivalent	Habitats différents
Milieu	Alpha-diversité	
Régionale	Gamma-diversité	Beta-diversité
Inter régionale	Epsilon-diversité	Delta-diversité
Global	Oméga-diversité	

Pour les habitats différents, on mesure la variation des espèces entre les habitats c'est-à-dire la dissimilarité.

Les hotspots de biodiversité

Point chaud de biodiversité zone possédant une grande richesse de biodiversité particulièrement menacée par l'activité humaine.

La classification en hotspot présente des limites :

- Ne prend pas en compte que les critères de richesse.
- Se limite uniquement au passé. Seul les zones qui ont été menacées sont prises en compte.

La majorité de la biodiversité de la planète se concentre dans un espace restreint. 44% des espèces de plantes et 35% des vertébrés dans 1,4% surface des continents.

Forêt primaire forêt intacte préserver des activités humaines.

Interacteurs

Interacteurs espèces qui ont un impact fort dans une communauté.

Deux types :

Espèces clefs affecte la communauté en fonction de son abondance ou de sa biomasse.

Espèces clefs de voûte espèce qui a un effet disproportionné sur les communautés par rapport à son effectif ou sa biomasse.

La disparition d'une espèce considérée comme clé de voûte entraîne une dégradation importante de l'écosystème.

Biodiversité, espèces et temps

Le nombre d'espèces est le résultat d'un processus évolutif c'est-à-dire la succession d'événements de migration, d'extinction et de spécialisation des espèces.

Évènements	Causes
Apparition	Migration, spécialisation
Disparition	Compétitions, perturbations éco.
Spécialisation	Sélection naturelle

Modes de spéciation

Spéciation allopatrique

Allopatrique l'isolement géographique conduit deux populations interfécondes à évoluer en espèces distinctes.

L'allopatrie peut résulter deux causes :

- L'apparition d'une barrière géographique

Vicariante une barrière géographique coupe l'air de répartition d'une espèce

- Migration d'individus vers une nouvelle région

Péripatrique ou par effet fondateur un petit nombre d'individus fonde une nouvelle population en marge de l'aire de répartition.

Spéciation parapatrique

Les populations ne sont pas totalement isolées géographiquement mais la zone de contact est étroite. On y trouve fréquemment des hybrides.

Spéciation sympatrique

Deux populations non isolées qui évoluent en espèces distinctes. Ce phénomène est plutôt rare.

La Terre, la biosphère et la biodiversité au cours du temps (long terme)

Les grands événements qui modifient la distribution des espèces

- La dérive des continents a séparé des zones initialement réunies.
- Les variations climatiques
- Extinction de masse. Elles sont généralement suivies de brèves périodes de diversification puis d'une explosion radiative.

La persistance d'une espèce s'explique par sa capacité à s'adapter ou à résister aux changements. Elle dépend notamment de :

- L'intensité et la taille de l'impact.
- Des caractéristiques biologiques.
- Temps nécessaire à (éventuellement) s'adapter.

Les effets des grands événements sur les espèces :

Dérive des continents	Sélection, extinction, migration.
Glaciations et autres changements climatiques	Séparation, extinction ou sélection, spécialisation jusqu'à la spéciation.
Catastrophes majeures	Extinctions sans sélection naturelle.

Type d'évolution

Évolution convergente plusieurs espèces développent séparément une adaptation analogue c'est-à-dire une même réponse fonctionnelle à un problème adaptatif.

Simplésiomorphie similarité due à un ancêtre commun.

Évolution parallèle deux espèces développent en même temps dans des régions semblables des caractéristiques similaires.

Coévolution transformations qui se produisent entre plusieurs espèces suites à leurs influences réciproques.

Les écosystèmes

La Terre est un système

Fermé chimiquement	Ouvert énergiquement
	Gain et perte par le rayonnement

Interactions transformations de la matière et de l'énergie entre les organismes.

Les interactions peuvent être classées en :

Biotope	Biocénose
Conditions physico-chimiques	Entre les organismes

La matière cycle biogéochimique

Cycle du Carbone et de l'Eau

Évapotranspiration l'évaporation des végétaux participe aux cycles de l'eau.

Cycle de l'azote

L'azote est un composant essentiel pour fabriquer les protéines et les acides nucléiques.

Diazotrophe procaryotes qui synthétisent de l'ammoniac et du nitrate à partir de l'azote présent dans l'air.

On parle de :

Fixation de l'azote	Nitrification
N_2 transformé en NH_3^+	NH_4^+ vers NO_3^-

Cycle du phosphate

Consommateur organisme qui prélève les molécules dont il a besoin en consommant d'autres organismes.

Energie

L'énergie est présente sous différentes formes comme par exemple :

Lumière	Chaleur	Chimique	Mouvement
---------	---------	----------	-----------

Les organismes sont incapables de transformer la chaleur

Autotrophes (opposition **Hétérotrophes**) organisme qui est capable de synthétiser ses constituants et l'énergie dont il a besoin à partir de matières inorganiques.

Production de l'énergie dans l'écosystème

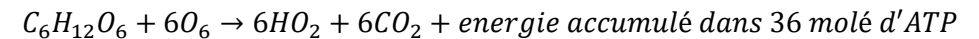
Les organismes autotrophes transforment l'énergie minérale en organique par deux processus :

Photosynthèse	Chimiosynthèse
---------------	----------------

Photosynthèse : $6CO_2 + 6H_2O + \text{soleil} \rightarrow C_6H_{12}O_6(\text{glucose}) + 6O_2$

Les consommateurs décomposent notamment la matière pour produire de l'énergie sous la forme d'ATP.

Dans les milieux oxygénés, les consommateurs dégradent les molécules organiques par oxydation :



NB : L'énergie diminue à chaque transfert. Une partie d'elle étant dissipée sous forme de chaleur.

Energie disponible

L'énergie disponible à chaque niveau trophique est liée notamment à

Production primaire nette	Rendement
---------------------------	-----------

Typiquement entre 5 et 20%, on estime qu'environ 10% du niveau inférieur est présent à celui supérieur.

Temps moyen de résidence de l'énergie	$\frac{\text{biomasse (g/m}^2\text{)}}{\text{productivité nette (g/m}^2\text{/an)}}$
---------------------------------------	--

Les biomes aquatiques

Pour les biomes aquatiques, les facteurs abiotiques sont extrêmement importants : lumière température, salinité, la concentration, d'oxygène, le trophisme (sels nutritifs azote et phosphore)

On distingue les biomes aquatiques en fonction de la salinité :

Eaux douces (2% surface terrestre)	Eaux marines (71%)
------------------------------------	--------------------

En eau douce, les macro-organismes primaires dépendent des matières organiques terrestres.

Concentration d'oxygène

Au maximum 5% de la concentration en oxygène de l'air peut se dissoudre dans l'eau. Ainsi, l'oxygène présent dans l'eau est essentiellement dû à la photosynthèse et aux échanges avec la surface

NB : La concentration d'oxygène diminue généralement avec la profondeur.

D'autres facteurs dépendent de la profondeur comme la lumière. Cela donne lieu à une stratification thermique plus ou moins

Zone euphotique profondeur à laquelle la lumière ne pénètre plus.

Eaux douces

Généralement les eaux douces sont de type :

	Oligotrophe	Eutrophe
Biomasse végétale	Faible	Abondante
Nutriments	Pauvre	Riche
Oxygène	Élevé	Faible

Eaux marines

Milieu paralique zone de transition entre eaux marines et eaux douces. Elle varie dans le temps et l'espace.

Région d'upwelling zone de remontée des eaux profondes chargées en éléments nutritifs.

Les biomes terrestres

Biome ensemble d'écosystèmes caractéristiques d'une aire biogéographique.

Le biome est souvent caractérisé par :

Température	Précipitation
-------------	---------------

On considère qu'il existe 14 biomes sur Terre. Ceux qui sont les plus présents sur Terre sont :

- La forêt tropicale dense,
- La savane,
- La prairie tempérée,
- La forêt tempérée décidue (ou mixte),
- La taïga

- La toundra
- Le biome méditerranéen

Ils ont une répartition zonale (entre deux latitudes).

Remarque : L'altitude et la latitude ont la même influence sur les biomes.

Les biomes sont classés essentiellement en fonction des formes de la végétation dominante qui les peuplent :

Arborescentes	Arbustives/buissons	Herbacées
---------------	---------------------	-----------

Écotone zone de transition entre deux écosystèmes. C'est souvent une zone où vivent une grande diversité d'espèces.

Écologie et l'économie