

1. Notions d'écologie

Le mot « écologie » vient du grec *oikos* (maison, habitat) et *logos* (discours, science) : c'est donc littéralement la science de l'habitat. L'écologie a d'abord été abordée comme une « économie de la nature » (Linné), une science à la croisée de la démarche naturaliste de classification de la nature et de l'analyse économique de son utilité. Diverses définitions du terme écologie ont ensuite été données, mais on retient en général celle proposée par Roger Dajos, enseignant-chercheur, dans son livre *Précis d'écologie* (1983) : « *L'écologie est la science*

qui étudie les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toutes sortes qui existent entre ces êtres vivants et le milieu dans lequel ils vivent. »

L'écologie fait appel à des disciplines aussi diverses que la biologie, la génétique des populations, la climatologie, la science du paysage, la toxicologie, du niveau le plus simple (individu) au plus complexe (biosphère). De l'écophysiologie à l'écologie évolutive, il existe de très nombreuses spécialisations de l'écologie, parmi lesquelles l'agroécologie.

1.1. PRINCIPALES COMPOSANTES DE L'ENVIRONNEMENT

À l'origine, le terme « environnement » est un anglicisme désignant le milieu terrestre ou aquatique dans lequel évolue un organisme vivant. Actuellement, ce terme désigne très souvent la composante écologique du cadre de vie de l'homme. Il est associé aux problèmes de dégradation de la biosphère par suite de l'action humaine (action anthropique) : pollution, accumulation de gaz à effet de serre, surexploitation des ressources naturelles, mauvaise gestion des déchets, désertification, déforestation... Les sciences de l'environnement intègrent des disciplines aussi diverses que l'écologie, la physique, la chimie, l'économie, l'éthique, la santé et la politique.

Toutes les espèces vivant dans un même environnement interagissent en constituant un réseau complexe et évolutif. La composition de l'atmosphère terrestre, la température, la lumière, les ressources en eau et en nourriture sont des paramètres très importants pour la survie des organismes vivant sur Terre. Chaque espèce modifie son environnement physico-chimique (abiotique) et biologique (biotique) d'une façon qui lui est propre, et toute modification se répercute sur la totalité du peuplement en faisant évoluer la nature et/ou l'intensité des interactions. Les individus qui survivent (qui sont naturellement sélectionnés) sont les plus aptes à se reproduire car les mieux adaptés à un environnement changeant.

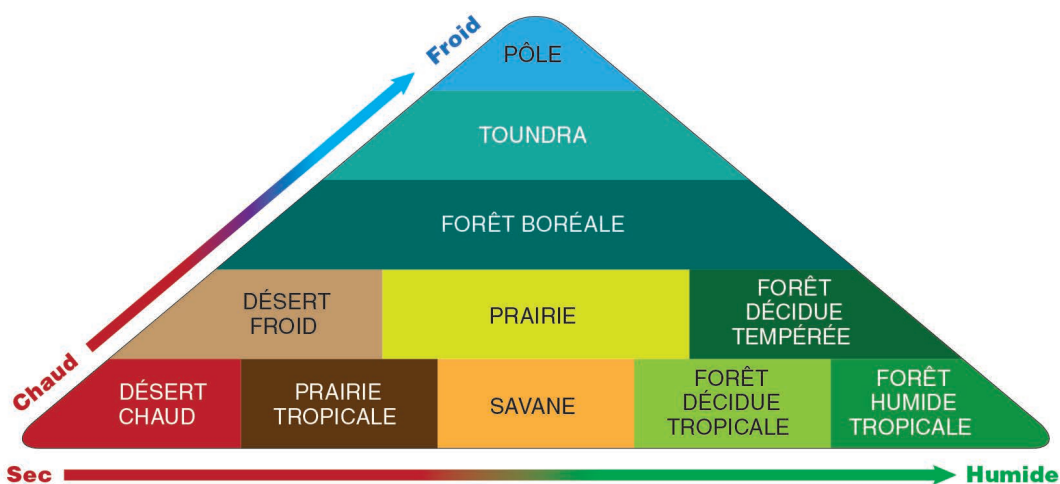


Figure 1. Les principaux biomes. La constitution d'un biome dépend principalement de la température et des ressources en eau.

1.2. NIVEAUX D'ORGANISATION

En écologie, on considère divers niveaux d'organisation, du plus global, la biosphère, au plus réduit, l'individu. Ces différents niveaux sont imbriqués les uns dans les autres et interagissent, sauf en cas d'isolement géographique (îles, chaînes de montagnes...).

- *La biosphère* : elle représente l'ensemble des organismes vivants et leurs milieux de vie, mais ce terme est aussi utilisé pour désigner le processus évolutif qui se déroule sur Terre depuis que la vie y est apparue, il y a environ 4 milliards d'années. La présence d'eau puis la photosynthèse ont été déterminantes pour l'évolution de la biosphère vers une immense biodiversité. L'ensemble du processus évolutif est basé sur la production et les échanges d'énergie par et entre les organismes vivants, de manière de plus en plus complexe et interactive grâce à l'apparition de nouvelles espèces. Les composantes principales de la biosphère sont la lithosphère, l'hydrosphère et une partie de l'atmosphère. En biologie et en écologie, on utilise aussi le terme d'« écosphère » comme synonyme de biosphère.

- *Le biome* : aussi appelé macro-écosystème, écozone ou écorégion, un biome est un ensemble d'écosystèmes, typique d'une région géographique et caractérisé par son climat (température, précipitations), son sol, son altitude, mais aussi par les espèces végétales (flore) et animales (faune) qui y prédominent. À l'échelle de la planète, on a déterminé de grands biomes (**figure 1**), comme la savane, la forêt tropicale dense, la steppe, la forêt décidue tempérée ou mixte et la toundra, mais il existe de nombreuses appellations régionales pour désigner le même biome. Les différents types de biomes sont répertoriés dans des bases de données

comme l'EUNIS (European Union Nature Information System). On distingue les biomes terrestres, subdivisés en arctiques/subarctiques, tempérés, tropicaux/subtropicaux, azonaux (déserts, prairies alpines...), des biomes aquatiques d'eau douce (ruisseaux, étangs, lacs...) ou d'eau salée (mers, océans, récifs coralliens, lacs salés...).

- *Les écosystèmes* : ils sont organisés pour persister, évoluer et s'adapter. Ce sont des niveaux particuliers d'organisation du monde vivant, intermédiaires entre la population (structure génétique et démographique) et le biome (complexe d'écosystèmes). Les écosystèmes sont caractérisés par les propriétés suivantes :

- interaction avec un environnement ;
- association étroite entre structure et fonction ;
- structuration qui doit optimiser l'auto-organisation ;
- autonomie de l'ensemble ;
- stabilité de l'ensemble (un écosystème est reconnaissable au cours du temps mais il évolue continuellement à partir d'une quantité importante d'informations héritées des temps précédents).

L'ensemble des propriétés de chaque partie d'un écosystème induit de nouvelles propriétés globales non directement déductibles de celles des parties (le tout est plus que la simple somme des parties).

Tout écosystème regroupe des *communautés* d'espèces vivantes, des *populations* pour chacune des espèces représentées, chaque population étant constituée d'*individus* de la même espèce, se reproduisant entre eux différemment en fonction de l'éloignement géographique et de l'hétérogénéité de l'habitat.

Qu'est-ce que l'agroécologie ?

C'est l'étude des aspects agronomiques, écologiques et socio-économiques liés à la production agricole ; l'agroécologie implique la résolution de problématiques environnementales telles que le stockage des récoltes, le traitement des déchets agricoles, la conservation des sols, la gestion des fertilisants, des pesticides et de l'eau. Elle se préoccupe de la réorganisation des agrosystèmes, par exemple grâce à l'association des cultures, mais aussi au contrôle des adventices dans les cultures. C'est une nouvelle discipline intégrative, constituant la base d'une agriculture durable.

Développer l'agroécologie, c'est permettre la mise en place

de systèmes de production à long terme, sans dégradation des ressources naturelles, en appliquant des technologies à faibles intrants qui améliorent la fertilité du sol, exploitent mieux les ressources hydriques, augmentent le recyclage, encouragent la lutte biologique, diversifient la production... La plupart des recherches en agroécologie sont axées sur la compréhension des interactions biotiques et abiotiques au sein des agrosystèmes. Au niveau européen, l'agroécologie commence à être prise en compte avec un soutien financier de programmes de recherche et l'indexation des indemnités compensatrices versées aux agriculteurs à l'amélioration des pratiques culturales.

1.3. PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT D'UN ÉCOSYSTÈME

1.3.1 Composition et propriétés d'un écosystème

Un écosystème se compose :

- d'une biocénose, qui regroupe tous les organismes vivant dans cet écosystème : on parle aussi de composantes biotiques ;

- d'un biotope, qui regroupe tous les éléments non vivants, appelés aussi composantes abiotiques. Il s'agit principalement de composantes climatiques comme la lumière, la température, l'altitude, les précipitations, et de composantes du milieu de vie soit aquatique (salinité, pH, profondeur, pollution, oxygénation) soit terrestre (nature et composition du sol, pH, pollution).

Il existe trois principes généraux déterminant le fonctionnement d'un écosystème :

- la dépendance interactive. Tous les éléments présents sont des unités fonctionnelles de l'écosystème : on ne peut agir sur aucun d'entre eux sans répercussions sur les autres (effets en cascade) ;

- l'émergence d'une entité globale. Le « tout » se comporte comme une entité unique globale et interactive avec son environnement ;

- le principe d'un effet en retour du tout sur les parties. Un élément ne présente pas le même comportement dynamique s'il est isolé ou intégré dans l'écosystème.

Les principales propriétés des écosystèmes sont :

- l'organisation pour une fonction collective. Cela implique une forte cohésion de l'ensemble, ainsi que des mécanismes de contrôle mutuels des éléments constitutifs de l'écosystème ;

- l'organisation hiérarchique obligatoire. La hiérarchie assure la stabilité de l'ensemble ainsi que sa persistance. Si on altère la hiérarchie, le système se détruit plus ou moins rapidement. Les différents niveaux d'un écosystème sont emboîtés et fonctionnent en interactions hiérarchi-

sées complexes : par exemple une population de lapins dans l'écosystème garenne, lui-même dans un environnement prairie, elle-même dans un environnement périurbain, etc.

Les principales caractéristiques des écosystèmes sont :

- l'existence de stratégies de reproduction : par exemple, pour la reproduction d'une espèce, face au risque d'extinction, l'espèce augmente son taux de natalité (stratégie r), et/ou améliore la survie des descendants (stratégie K), par exemple en contrôlant la natalité et en répartissant mieux les ressources ;

- l'existence de stratégies adaptatives : par exemple, chez les végétaux, les ressources en carbone peuvent être réorientées en fonction des conditions environnementales de l'instant : réaction à la diminution de la ressource lumineuse, à l'herbivorie, etc. ;

- le principe d'évolution : le maintien d'un système à l'identique est très rare car en l'absence de perturbation, l'écosystème se complexifie et tend à un perfectionnement fonctionnel. La diversité globale augmente : éléments, stratégies, structures verticales, horizontales et temporelles. En cas de perturbation, la réaction au stress est la destruction (plus ou moins partielle) puis la réadaptation aux nouvelles conditions (changements climatiques, par exemple) ou bien, si elles restent inchangées (après un incendie par exemple), la restructuration progressive à l'identique.

Les agrosystèmes (**figure 2**) sont des écosystèmes maintenus artificiellement par l'homme dans un état juvénile (non équilibré), ce qui implique un énorme investissement énergétique (apports en tous genres) pour en maintenir la productivité.

1.3.2. Chaînes et réseaux trophiques, flux de matière et d'énergie

Dans un écosystème, tous les organismes vivants doivent se nourrir pour vivre et se reproduire. Dans une chaîne alimentaire, aussi appelée chaîne trophique (**figure 3**), les consommateurs de différents niveaux (niveaux trophiques) se nourrissent directement ou indirectement des producteurs primaires, les végétaux, qui sont autotrophes grâce à la pho-

tosynthèse : les herbivores (vertébrés) et les phytophages (invertébrés) consomment les végétaux, les carnivores de premier ordre consomment les herbivores, les carnivores de deuxième ordre mangent de petits carnivores, et ainsi de suite. Les décomposeurs interviennent dans la chaîne en se nourrissant des déchets végétaux et des cadavres d'animaux.

La nourriture prélevée par les consommateurs est transformée en énergie cinétique et mécanique (mouvements et activités), ou en énergie thermique (animaux à sang chaud surtout). Cette énergie, qui

provient à l'origine du soleil, est indispensable à tous les consommateurs pour se maintenir en vie, se déplacer et se reproduire : les consommateurs sont donc hétérotrophes.

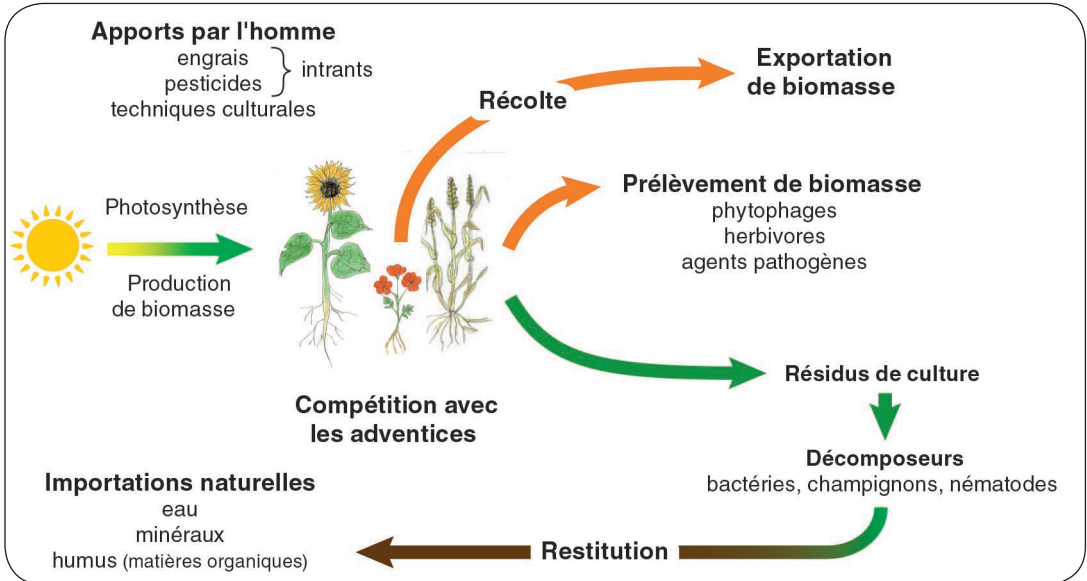


Figure 2. Schéma simplifié d'un agrosystème (ici des cultures). Un agrosystème est un écosystème créé et géré par l'homme : des matières végétales et animales y sont produites et prélevées afin de satisfaire des besoins alimentaires, industriels ou énergétiques. Les techniques culturales comme la maintenance d'un élevage sont très coûteuses en énergie.

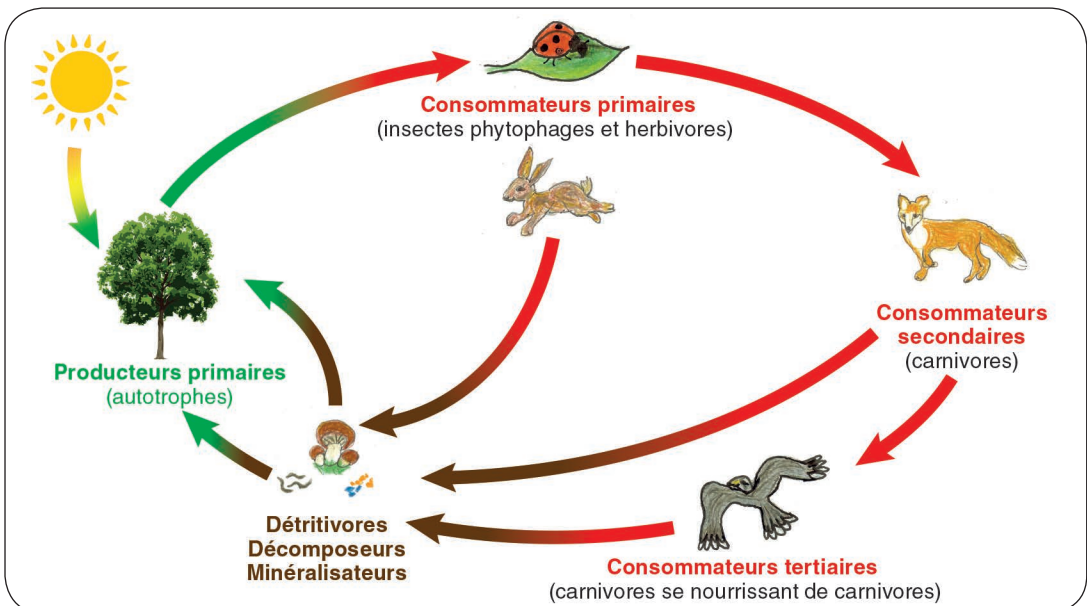


Figure 3. Chaîne alimentaire de base dans un écosystème.

Au jeu du « qui mange qui » (producteurs, consommateurs, décomposeurs), on distingue différents types de chaînes alimentaires qui coexistent au sein d'un même écosystème. Chaque niveau trophique comporte un nombre d'individus donné et, le plus souvent, ce nombre décroît lorsqu'on remonte des producteurs vers les consommateurs de rang élevé : c'est pour cela que l'on parle aussi de pyramide alimentaire pour chaque écosystème. En général, la baisse du nombre est compensée par l'augmentation de la taille des individus, associée à une réduction de la reproduction.

Un réseau trophique se définit donc comme un ensemble de chaînes alimentaires cohabitant et s'entrecroisant au sein d'un écosystème, où elles font circuler l'énergie et la matière : flux de carbone et d'azote entre les différents niveaux de chaîne alimentaire, échanges de carbone organique entre les végétaux autotrophes et les consommateurs hétérotrophes...

Dans un écosystème, la structure des réseaux trophiques influence fortement la quantité, la diversité, la stabilité et la qualité de la biomasse et de la matière organique résiduelle (excrétions, nécromasse) produites par cet écosystème. Ainsi, la qualité d'un réseau trophique et de ses interactions a un lien direct avec la stabilité des populations qui en font partie.

À l'échelle humaine de temps, la structure d'un écosystème peut sembler en équilibre. Il s'agit en fait d'un équilibre instable maintenu dynamiquement par le jeu de deux grands types de contrôles : les relations *top-down* (régulation des ressources par leurs consommateurs) et *bottom-up* (rétroactions des ressources sur leurs consommateurs).

Pour évaluer et quantifier le fonctionnement d'un écosystème, on utilise les paramètres suivants :

- *La biomasse (B)* : quantité de matière organique vivante d'un écosystème, en général rapportée à une unité de surface ou de volume. Elle représente le stock de matière vivante et d'énergie contenue à un moment donné : 99,8 % de la biomasse est végétale.

- *La production primaire brute (PPB)* : quantité de matière végétale produite par unité de temps et de surface (ou de volume). Elle mesure l'activité photosynthétique brute mais les organismes autotrophes utilisent aussi de l'énergie pour leur

métabolisme au cours de la respiration. La quantité de matière et d'énergie réellement disponible pour les herbivores est la production primaire nette (PPN) qui est égale à la différence entre la production brute et la respiration.

- *La productivité primaire (appelée aussi rendement)* : rapport entre la production primaire nette pendant une unité de temps et la biomasse présente. On peut la ramener au pourcentage de biomasse produite par unité de temps. L'inverse donne le turn-over de la biomasse. Exprimé en unités de temps, il reflète le temps nécessaire au remplacement de toute la biomasse présente dans l'écosystème.

Selon la complexité et l'intrication des différents niveaux trophiques, les flux d'énergie sont aussi plus ou moins complexes : ils sont résumés de manière simplifiée dans la **figure 4**. Chaque réseau est caractérisé par des équilibres dynamiques complexes, fortement influencés par les paramètres biotiques mais aussi abiotiques (température, pH, disponibilité en lumière, oxygène et nutriments, morcellement des paysages). Tout déséquilibre écologique, tel qu'une pollution ou l'arrivée d'une espèce invasive (en particulier phytophage), peut priver le milieu de ses ressources et conduire à un phénomène de zone morte, c'est-à-dire un espace où le nombre d'espèces vivantes tend vers zéro.

Lorsqu'un facteur environnemental devient particulièrement contraignant de façon durable, deux réactions peuvent se produire :

- la population s'adapte ou meurt. L'adaptation peut se traduire par des modifications physiologiques ou morphologiques réversibles ou par des modifications génétiques durables et transmissibles de génération en génération, donnant lieu à l'apparition de nouveaux écotypes dans une population. Les principaux mécanismes d'adaptation font l'objet du chapitre 6. En l'absence d'adaptation, la population décline puis disparaît ;

- la population se déplace (migrations). Cela se produit quand un écosystème est en déficit d'énergie ou que ses éléments abiotiques sont trop modifiés pour permettre une adaptation sur place. Des individus ou des populations peuvent migrer vers un autre écosystème plus favorable : on parle alors de flux migratoires. Le cas le plus connu de flux migratoires est celui des oiseaux migrateurs qui vont régulièrement chercher de la nourriture et

de meilleures conditions climatiques sur d'autres territoires, parfois très lointains.

Mieux comprendre toutes ces interactions est un des enjeux de l'écologie, car elles sont fortement affectées par les impacts en cascade des

activités humaines (chasse, pêche, agriculture, industrie), qui diminuent fortement le nombre et la biomasse des espèces de haut niveau trophique, tout en perturbant les apports et les cycles de nutriments.

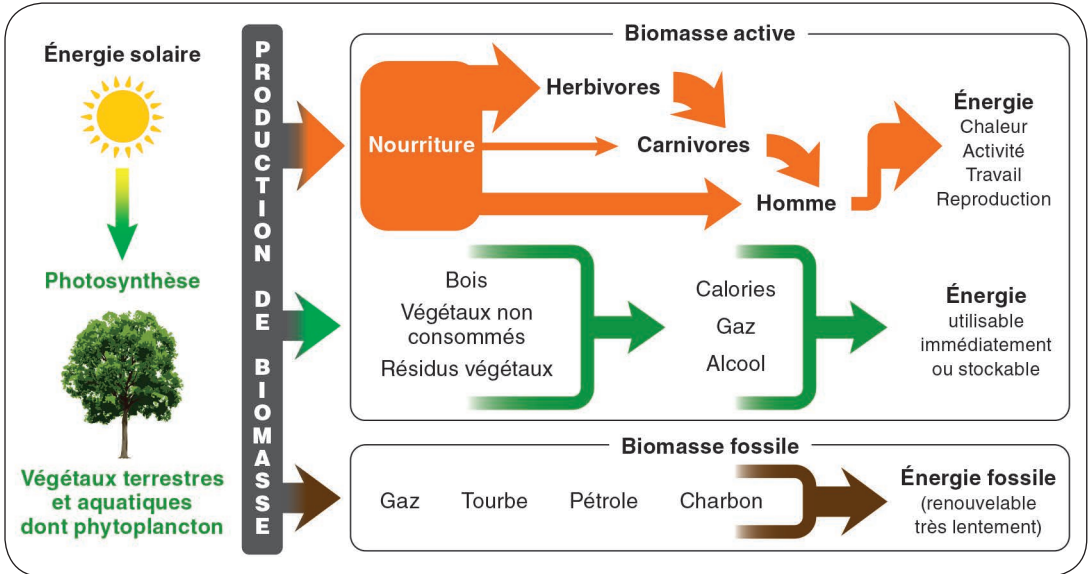


Figure 4. Récapitulation des principaux transferts d'énergie dans un écosystème. (L'épaisseur des flèches est approximativement proportionnelle à la quantité d'énergie transférée.)

À RETENIR

- L'écologie étudie les conditions d'existence des organismes vivants et les interactions entre ces organismes et le milieu dans lequel ils vivent. L'agroécologie en est une spécialité qui prend en compte tous les aspects agronomiques, socio-économiques et écologiques liés à la production agricole.
- Les différents niveaux d'organisation écologique sont :
 - la biosphère, ensemble des organismes vivants sur Terre et des milieux dans lesquels ils vivent ;
 - le biome, région géographique caractérisée par un climat, une faune et une flore ;
 - l'écosystème, ensemble formé par une biocénose (association d'organismes vivants) et un biotope (milieu dans lequel ils vivent) ;
 - la communauté, organismes vivant en interaction dans un environnement commun ;
 - la population, ensemble d'individus de la même espèce vivant dans un même lieu.
- Un écosystème est une unité écologique fonctionnelle : elle présente une organisation hiérarchique apte à maintenir un équilibre évolutif permettant à tous les membres de la biocénose de survivre et de se reproduire.
- Les végétaux sont indispensables au maintien de cet équilibre car, étant autotrophes grâce à la photosynthèse, ils forment la base de toutes les chaînes alimentaires composant les réseaux trophiques de chaque écosystème.
- Le bon fonctionnement d'un écosystème est caractérisé par une grande biodiversité, une importante production de biomasse et une intense circulation de l'énergie.