

Chapitre IV : Diversité biologique et fonctionnement des systèmes écologiques

Les écologistes étudient trois grands types de processus mettant enjeu le monde vivant à l'intérieur des écosystèmes au travers:

- des liens de dépendance alimentaire entre groupes d'organismes (chaînes alimentaires ou réseaux trophiques);
- du rôle des espèces dans la dynamique des cycles biogéochimiques;
- et de la production biologique, c'est-à-dire la capacité à produire de la matière vivante et donc à accumuler de l'énergie au sein d'un écosystème.

IV.1. Fonctions des espèces dans les écosystèmes

Les espèces diffèrent les unes des autres dans la manière dont elles utilisent et transforment les ressources, dans leur impact sur l'environnement physico-chimique, et dans leurs interactions avec les autres espèces. On les caractérise par leur *niche écologique*.

IV.1.1 Les espèces clé :

Certaines espèces sont plus importantes que d'autres dans le réseau des interactions des écosystèmes, celle dont la perte provoquerait des changements importants dans la structure et le fonctionnement d'un écosystème est une espèce clé. Lorsqu'une espèce clé disparaît, un écosystème peut subir un important déclin, même si l'espèce en question avait un effet faible ou une productivité faible, il ne s'agit pas nécessairement d'une espèce de grande taille, mais d'une espèce qui structure son écosystème « les prédateurs clés, mutualisme clé »
Ex : Espèces pollinisateurs (les abeilles).

IV.1.2. Les organismes ingénieurs

Ce sont des organismes qui contrôlent directement ou indirectement la disponibilité des ressources pour les autres espèces en provoquant des changements dans l'état physique de leur environnement. Les ingénieurs autogènes modifient l'environnement du fait de leur propre structure physique. C'est le cas des arbres et des coraux qui, du fait de leurs structures physiques, créent des habitats pour d'autres espèces. Les ingénieurs allogènes modifient l'environnement en transformant sa structure. Ainsi, le castor, en coupant des arbres pour construire des barrages, modifie l'hydrologie et l'écologie des rivières. Exemples d'ingénieurs allogènes sont les termites, les fourmis et les vers de terre qui creusent et mélangent les sols, modifient leur composition organique et minérale, ainsi que le cycle des éléments nutritifs et le drainage.

IV.1.3. Groupes fonctionnels

On appelle «groupes fonctionnels» des ensembles d'espèces exerçant une action comparable sur un processus déterminé ou répondant de manière similaire à des changements des contraintes externes. C'est par exemple l'ensemble des espèces qui exploitent la même catégorie de ressources alimentaires, ou l'ensemble des espèces intervenant sur certains grands cycles biogéochimiques (azote, carbone, etc.).

IV.1.4. Espèces rares

Il existe dans tout écosystème des espèces rares que l'on observe occasionnellement. Le terme « rare » qualifie en général des espèces qui vérifient au moins une des deux caractéristiques suivantes : de faibles effectifs et une aire de distribution relativement restreinte. Les causes de la rareté des espèces en dehors de l'action anthropique se résument dans les points suivants :

- La grande taille des espèces nécessite une grande surface vitale.
- Exigence spécifiques des espèces à l'échelle édaphique et climatique.
- Variabilité interannuelle dans les facteurs abiotique.
- Des espèces en voie d'extinction.

IV.1.5. Hypothèses concernant le rôle des espèces dans le fonctionnement des écosystèmes

Pour comprendre la contribution des espèces dans les flux de matières et d'énergie les scientifiques ont comparé de différents écosystèmes, cette comparaison montre que les espèces présentent des similarités sur le plan fonctionnement. Ex : le phytoplancton et les plantes photosynthétiques assure la même fonction dans deux écosystèmes différents aquatiques et terrestre.

Divers Hypothèses d'explication de relation entre la nature et la richesse des espèces.

IV.1.5.1 L'hypothèse diversité-stabilité

Selon cette hypothèse le flux d'énergie dans des réseaux trophiques se maintiendra d'autant mieux qu'il y aura un grand nombre de liaisons interspécifiques. Si certaines liaisons sont rompues suite à la disparition d'une ou plusieurs espèces, d'autres liaisons pourront s'établir et se substituer à celles qui ont disparu. Le corollaire est que les fonctions écologiques des différentes espèces se chevauchent de telle sorte que si une espèce disparaît, la fonction qu'elle assumait peut être compensée par d'autres.

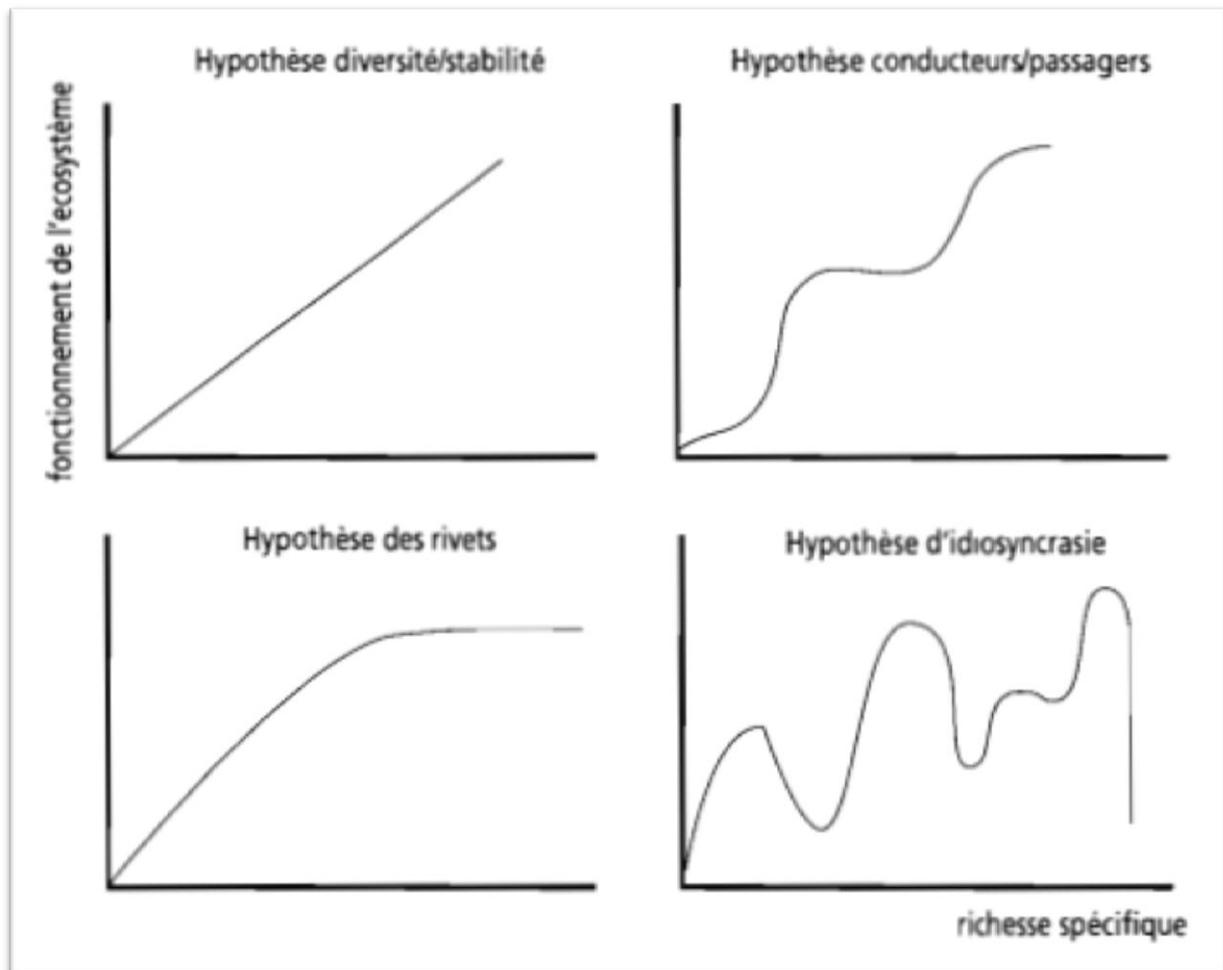


Figure 9 : exemple de quelques hypothèses concernant les relations entre diversité et fonction des écosystèmes.

IV.1.5.2 L'hypothèse des «rivets»

Selon une autre image développée par Paul Ehrlich la biodiversité est comparée à un rivet d'un avion. Perdre quelques rivets est sans conséquence pour l'avion et ses passagers, mais au-delà d'un certain nombre de rivets manquants, les autres sautent à leur tour. L'effet de tensions mécaniques ; l'avion perd ses équilibres et s'explode en vol. L'importance de la biodiversité est primordiale, les conséquences sont catastrophique au-delà d'un certain déclin. La capacité d'un écosystème à absorber des modifications de la richesse spécifique décroît au fur et à mesure que certaines espèces disparaissent, même si les performances de l'écosystème demeurent en apparence inchangées. Selon cette hypothèse chaque espèce joue un rôle dans l'écosystème, et chaque disparition affaiblit progressivement l'intégrité du système. À partir d'un certain seuil, il y a altération significative du fonctionnement de l'écosystème.

IV.1.5.3 L'hypothèse «conducteurs et passagers»

Est une alternative à la précédente qui part du principe que toutes les espèces ne jouent pas un rôle équivalent. De nombreuses espèces sont superflues (les passagers) alors que quelques-unes seulement (les conducteurs) jouent un rôle essentiel pour maintenir l'intégrité de l'écosystème. Ces espèces qui ont une fonction écologique plus importante que d'autres sont par exemple des ingénieurs écologiques ou des espèces clés. C'est leur présence ou leur absence qui détermine la stabilité d'une fonction écologique.

IV.1.5.4 L'hypothèse (dite d'idiosyncrasie)

Une dernière hypothèse qui considère la possibilité d'absence de relation entre la composition spécifique et les fonctions de l'écosystème. Ces dernières changent quand la diversité biologique change, mais l'importance et la direction de ces changements ne sont pas prévisibles, car le rôle de chacune des espèces ne l'est pas et peut varier d'un milieu à l'autre.

IV.2 Diversité des espèces et production biologique

Les milieux pauvres en espèces comme le désert ou la toundra présentent une faible production biologique. Les milieux riches en espèces comme les forêts tropicales ou humides présentent une forte production biologique. A l'opposé des deux exemples précédents les systèmes agricoles caractérisés par une monoculture présentent une forte production biologique. Une forte productivité n'est donc pas nécessairement associée à une grande diversité biologique.

Trois conclusions générales se dessinent à la suite des différentes recherches expérimentales menées en vue de comprendre la relation entre la richesse en espèces et la productivité des écosystèmes:

- Une plus grande richesse en espèces constitue une forme d'assurance qu'on peut appeler un système de compensation.
- Les types de fonctionnalités et les traits biologiques sont deux facteurs plus importants pour la production biologique que la richesse en espèces.
- Les interactions entre espèces peuvent générer des effets rétroactifs positifs ou négatifs dont les réactions sont très compliquées à comprendre.

IV.3 Diversité biologique et stabilité des écosystèmes

Le terme stabilité est souvent contesté, mais ils reposent sur l'idée qu'un écosystème possède une structure et un fonctionnement qui se perpétuent dans le temps.

On utilise parfois les termes persistance ou permanence pour qualifier les systèmes écologiques qui se maintiennent ainsi sans modifications notables. Le terme résilience (ou homéostasie) quant à lui traduit la capacité d'un écosystème à retrouver sa structure primitive après avoir subi une perturbation.

La diversité maintient la stabilité et la permanence des écosystèmes et conduit à une diversification biologique.

IV.4 Rôle de la diversité biologique dans les cycles biogéochimiques

La productivité des écosystèmes dépend étroitement de la disponibilité en ressources nutritives qui contrôle la production primaire à la base des chaînes trophiques et la circulation des éléments nutritifs est sous le double contrôle de processus de la nature chimiques et des composantes biologiques des écosystèmes (présences et utilisation).

IV.4.1 La fixation biologique d'azote

La fixation biologique d'azote est ainsi le mécanisme principal permettant d'introduire l'azote dans la biosphère.

En milieu marin, seules les Cyanobactéries ont la capacité d'utiliser le diazote pour satisfaire leurs besoins métaboliques.

En milieu terrestre il existe deux groupes principaux de bactéries fixatrices d'azote associées aux plantes supérieures:

- le vaste groupe des *Rhizobium*, associés à des légumineuses (familles des Papilionacées, Mimosacées, Césalpiniacées);
- les *Frankia*, bactéries filamenteuses sporulantes (actinomycètes) associées à des arbres et des arbustes des genres *Alnus*, *Casuarina*, etc.

La bactérie *Nitrobacter* assurerait à elle seule la fonction de nitrification dans les sols.

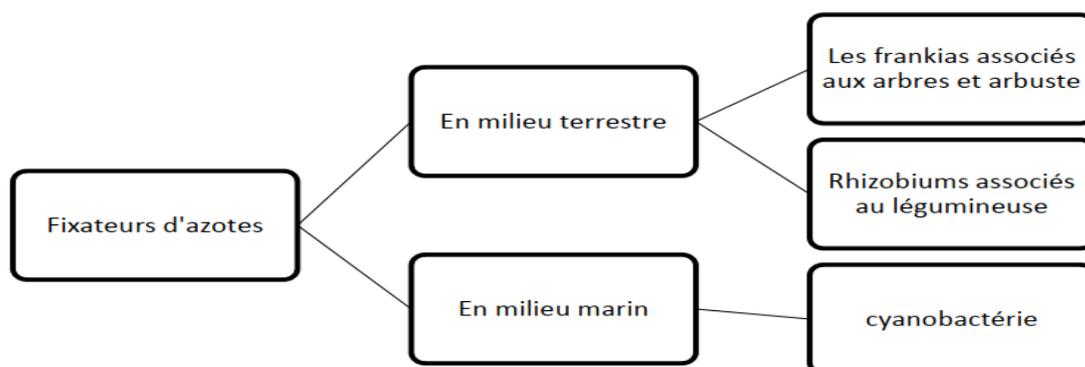


Figure 10 : la fixation d'azote par les bactéries dans le milieu terrestre et marin.

IV.4.2 Minéralisation de la matière organique

Les procaryotes jouent un rôle fondamental dans les cycles biogéochimiques en décomposant la matière organique détritiques pour libérer les éléments inorganiques qui serviront à synthétiser de nouvelle molécule organiques.

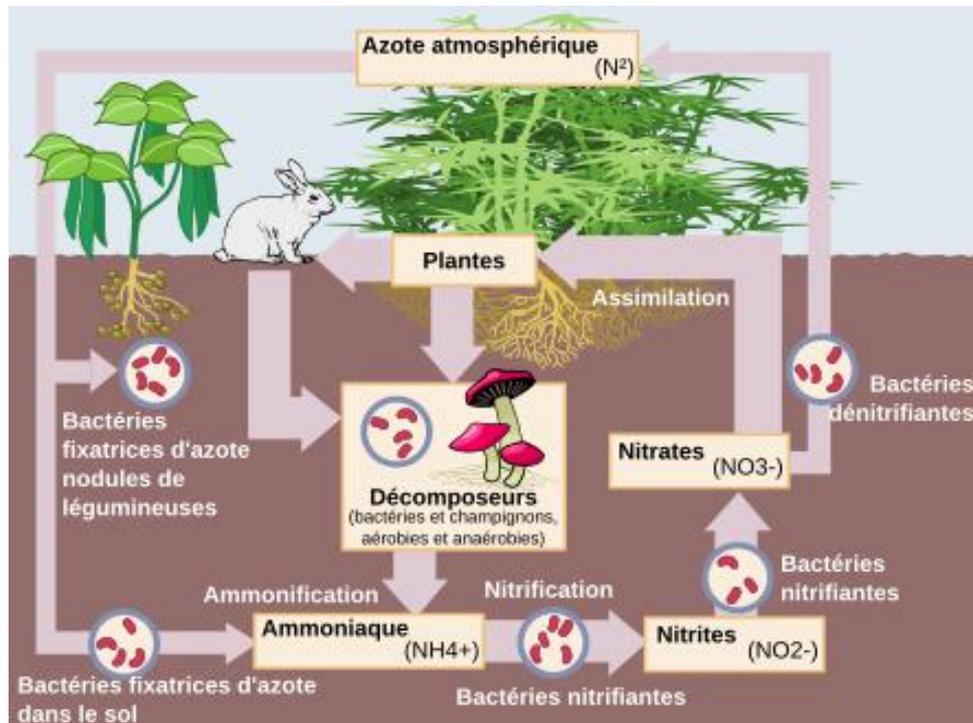


Figure 11 : Représentation simplifiée de transformation d'azote sous le contrôle des Bactérie.

IV.4.3 Stockage à long terme des éléments minéraux

Les cycles biogéochimiques faisant intervenir les organismes vivant conduisant également à l'accumulation de formation sédimentaires importante dont la conséquence est le stockage à long terme de certains éléments qui échappent pour un temps souvent fort long aux cycle biogéochimiques. L'exemple le plus représentatifs est les formes combustibles fossiles (lignite, houille, pétrole... etc.) conséquence d'une interruption de processus de reminéralisations des végétaux et des animaux.

IV.4.4 Recyclage et transport des éléments nutritifs par les consommateurs

En raison de leurs capacités de déplacement, les consommateurs peuvent également transporter les éléments nutritifs en divers endroits du système considéré. EX : Saumons du pacifique (*Oncorhynchus kisutch*) qui reviennent pondre et mourir dans les hauts cours des rivières après avoir grossi en mer.

IV.5 Rôle des communautés biologiques

Si certaines espèces jouent un rôle déterminant dans le fonctionnement des écosystèmes, les communautés dans leur ensemble constituent un autre niveau d'intégration de la hiérarchie du monde vivant et remplissent également certaines fonctions.

IV.5.1. Importance des microorganismes dans la structure et le fonctionnement des réseaux trophiques pélagiques des milieux aquatiques

La conception traditionnelle de la chaîne trophique, nous savons maintenant que ces microorganismes peuvent contrôler de manière significative les principaux flux d'énergie et de nutriments. Une part importante de la production primaire (parfois plus de 50%) est ainsi détournée vers la boucle microbienne grâce à laquelle les nutriments sont rapidement reminéralisés et réintégrés dans le stock de substances inorganiques dissoutes. Par ce processus de recyclage rapide et de reminéralisation, la boucle microbienne assure le renouvellement en permanence des éléments nutritifs nécessaires à la croissance du phytoplancton.

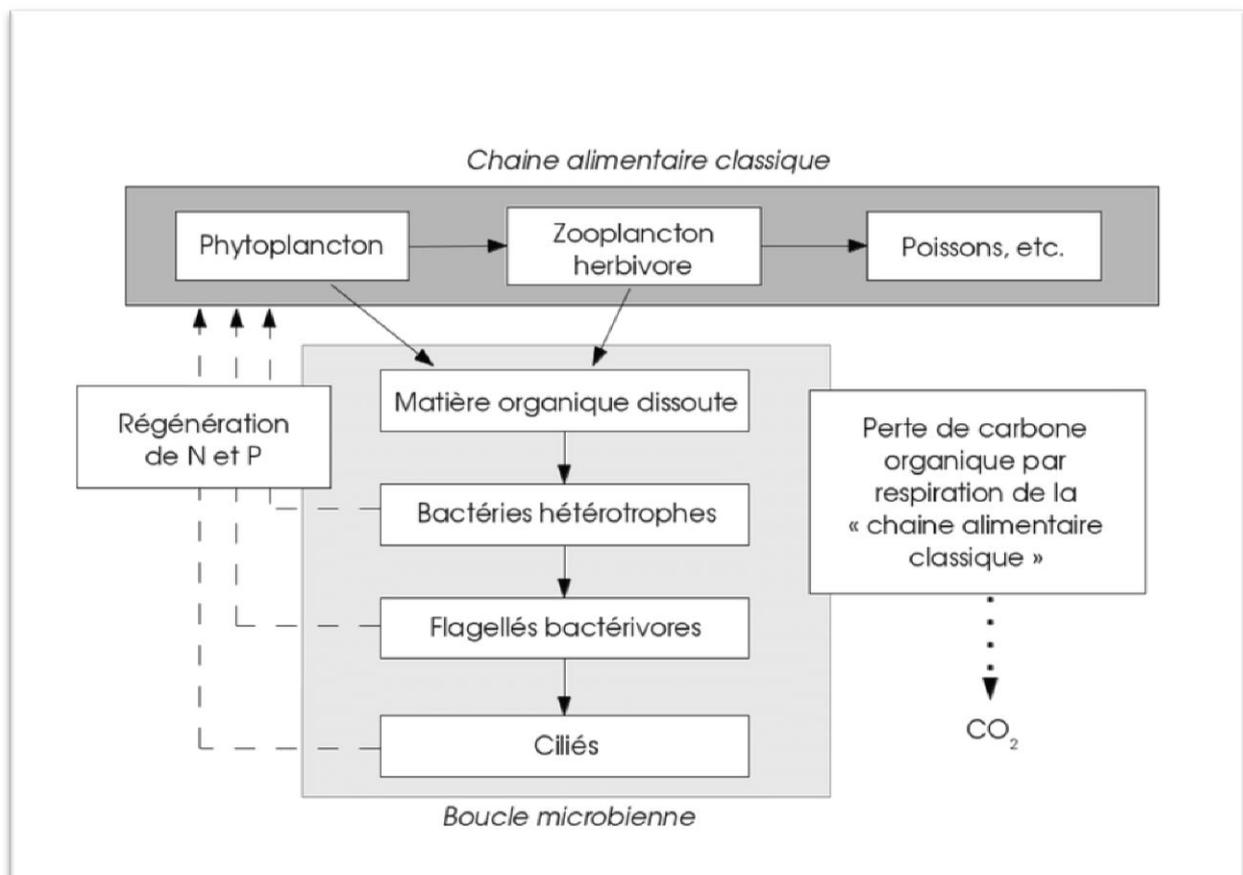


Figure 12 : La boucle microbienne en milieu lacustre.

IV.5.2. Les ripisylves et le fonctionnement des cours d'eau

Les formations végétales arborées riveraines (ou ripisylves) jouent plusieurs rôles en matière de fonctionnement écologique:

- **Stabilisation des berges:** les racines de nombreuses espèces arborées (saules, aulnes, etc.) ou arbustives créent un maillage biologique qui retient les sédiments et retarde l'érosion des berges;
- **Prévention des inondations:** la végétation influe sur les écoulements. Les parties aériennes des herbes, arbustes, buissons, réduisent la vitesse du courant et freinent la propagation des crues.
- **Création et diversification d'habitats:** les troncs et les bois morts issus de la ripisylve ont longtemps été considérés comme une entrave à l'écoulement des eaux et un risque potentiel pour les activités riveraines et les ouvrages d'art. On s'est aperçu cependant que les débris ligneux grossiers (embâcles) jouaient un rôle dans l'équilibre écologique des cours d'eau, en favorisant la création et la diversification des habitats. La succession de chutes et de zones plus calmes (mouilles) due aux embâcles crée des microenvironnements qui sont favorables à l'installation de nombreuses espèces, ainsi qu'une hétérogénéité qui permet leur cohabitation. En outre la végétation riveraine sert d'habitat temporaire pour la reproduction, l'alimentation ou le refuge de nombreux animaux terrestres (amphibiens, oiseaux, mammifères).
- **Source de matière organique:** les ripisylves sont une source de matière organique allochtone (feuilles, tiges, animaux) pour le cours d'eau. Ces apports seront dégradés par les micro-organismes présents dans l'eau (champignons, bactéries, etc.). La qualité des apports varie avec la nature des espèces constitutives de la végétation.
- **Dénitrification et dépollution:** par leur système racinaire, les formations végétales arborées riveraines agissent également sur le cycle des nutriments et participent à l'élimination des pollutions diffuses d'origine agricole.

IV.5.3. Rôle des communautés des sols

L'une des fonctions essentielles des organismes des sols est de participer au recyclage des éléments nutritifs contenus dans la matière organique.

Exemple : Les mycorhizes sont des associations symbiotiques entre les racines des végétaux et certains champignons du sol. Le mycélium colonise l'extérieur de la racine mais sans pénétrer dans les cellules. Les mycorhizes favorisent l'absorption des éléments minéraux par les racines et améliorent ainsi la nutrition de la plupart des espèces végétales.