

Chapitre I Introduction à l'écologie scientifique

Le terme d'écologie a été créé par Haeckel (1866) à partir du mot grec oïkos (= habitat ou maison) et désigne à l'origine l'étude des habitats naturels des êtres vivants.

1. NOTION DE SYSTEME

L'habitat comprend :

1. un environnement physico-chimique = biotope, favorable à la survie et à la reproduction des espèces qui l'occupent.
2. un environnement biologique constitué de nombreuses autres espèces.

Toutes les espèces d'un même milieu interagissent entre elles et l'ensemble de ces interactions constituent un réseau **compliqué, adaptatif et évolutif**. De plus, chaque espèce modifie son environnement physico-chimique et biologique d'une façon qui lui est propre. Toute modification d'une espèce répercute sur la totalité du peuplement en modifiant l'intensité ou la nature des interactions.

⇒ En conséquence l'écologie ne peut être celle d'une espèce. L'analyse est donc orientée vers la compréhension de **systèmes**.

Définition d'un système: collection d'entités (=éléments) caractérisés par des attributs (poids, âge, taille ...) et des activités (croissance, reproduction etc.) en interaction. Il existe un grand nombre de systèmes: système d'équations, systèmes physiques (solaire...), mécaniques (machines), biologiques, etc.

Les plus intéressants sont évidemment ceux qui ne sont pas statiques (systèmes minéraux par ex.) mais *dynamiques*.

II. NOTION D'ECOSYSTEME

Dans l'ensemble de la biosphère on peut identifier une très grande quantité de systèmes. Tous ont la particularité d'être soit en interaction avec des systèmes homologues (de rangs hiérarchiques identiques) mais aussi en interaction au sein d'une hiérarchie. Ex: une cellule (bactérie) est un système. Elle est en relation avec d'autres organismes homologues: autres cellules, mais aussi avec d'autres organismes et structures hiérarchiquement supérieurs: macrofaune du sol, tube digestif d'un lombric, horizons du sol et qui constituent autant de systèmes qui eux même sont en relation avec des systèmes homologues, mais aussi avec... etc.

Définition d'un écosystème: Plusieurs définitions sont en concurrence (polycop). 3 mots-clé :

unité fonctionnelle, interactions complexes, autorégulation

L'écosystème est l'objet - et le concept - majeur de l'écologie. Il se caractérise par une structuration horizontale (répartition spatiale des structures), verticale (stratification) et temporelle (phénophases saisonnières). (polycop)

Il est la somme (*au sens de la somme des interactions*) du biotope et de la biocénose:

$$\text{ECOSYSTEME} = \text{BIOTOPE} + \text{BIOCENOSE}$$

Cependant, identifier un écosystème revient à le délimiter spatialement (polycop). Cette opération impose ipso-facto la **fermeture** du système qui est normalement « ouvert » (thermodynamiquement parlant). Ceci n'est acceptable que sur un très court laps de temps (celui de l'observation / expérimentation), mais c'est une simplification.

III. CARACTERISTIQUES ET PROPRIETES DES ECOSYSTEMES

Ces systèmes (ou écosystèmes) sont organisés pour persister, évoluer et s'adapter. Ils sont des niveaux particuliers d'organisation du monde vivant, intermédiaires entre la population (structure génétique et démographique) et celui du paysage (complexe d'écosystèmes).

Les écosystèmes sont caractérisés par un ensemble de propriétés:

P1. Interaction avec un environnement (= milieu extérieur).

P2. Association étroite entre structure et fonction.

P3. « Finalité » vers un objectif lié à la structure. Cette structure est « finalisée » pour l'auto-organisation : évoluer et s'adapter.

P4. Autonomie de l'ensemble.

P5. Stabilité de l'ensemble. Le système est reconnaissable au cours du temps mais non immuable. Le système évolue au cours du temps et une quantité importante d'information est héritée des temps précédents. Mathématiquement ce sont des dynamiques non linéaires.

De cet ensemble de propriétés, il ressort que les écosystèmes présentent le caractère d'**émergence**: propriété globale et nouvelle non déductible des propriétés des parties (le tout est **plus** que la simple somme des parties). Trois principes généraux (S. Frontier, 1999) :

- Dépendance interactive. Les éléments sont des unités fonctionnelles du système. Aucun d'eux n'est isolable car on le dénature. On ne peut agir sur aucun d'entre eux sans répercussion sur les autres, car il y a des effets en cascades, voire un retour sur l'élément initial par effet feed-back.
- Émergence d'une entité globale. Le «tout» (le système) se comporte comme une entité unique globale et interactive avec son environnement. En particulier les dynamiques élémentaires sont intégrées dans la dynamique globale différente d'une simple somme.

- 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 le système. Les interactions qu'il entretient avec les autres éléments le brident. Ex: expériences de Walter 1962.

De tout ceci, il résulte que l'étude des écosystèmes est ardue par impossibilité d'expérimenter: isoler un fragment d'un système le dénature, l'approche réductionniste est dès lors un échec.

Il s'agit de systèmes dits complexes, ce qui est différent de compliqué : *on peut décomposer un système compliqué pour le comprendre, mais pas un système complexe car la décomposition le dénature.*

Propriétés des systèmes complexes:

- **Organisation pour une fonction collective**, ce qui implique une forte cohésion de l'ensemble ainsi que des mécanismes de contrôle mutuels des éléments constitutifs. Pour cette raison, on observe dans de tels systèmes une forte diversité des types d'interactions et aussi des éléments en interaction.
- **Organisation hiérarchique obligatoire.** La hiérarchie assure la stabilité de l'ensemble ainsi que sa persistance. Si on altère la hiérarchie, le système se détruit. En réalité, on observe bien des *systèmes de systèmes*:

MACROMOLECULE <...< ECOSYSTEME < ECOCOMPLEXE < ...

sont autant de niveaux emboîtés. L'environnement des systèmes est lui aussi hiérarchisé. Ex :

- Environnement d'une population de poisson = écosystème étang
- Environnement de l'étang = bassin versant
- Environnement du bassin versant = système régional

En réalité, plusieurs hiérarchies sont croisées et enchevêtrées dans l'espace et le temps. Chaque organisation naturelle complexe comprend toujours plusieurs fonctions distinctes interactives mais hiérarchisées séparément:

Ex1 : Une fonction physiologique implique l'activité de plusieurs organes. Mais les organes sont impliqués différemment dans diverses fonctions et participent donc à plusieurs hiérarchies.

EX2 : En sociologie, une personne peut appartenir à des titres différents à une hiérarchie professionnelle, mais aussi politique, ou encore associative, etc.

EX3 : Une espèce peut être impliquée dans le cycle de l'N, du C, du S à des échelles spatio-temporelles différentes ou identiques ...

On note généralement que les systèmes de niveaux inférieurs ont des constantes de temps inférieures à celles des systèmes de niveaux supérieurs. Ex : le métabolisme de la cellule est plus rapide que celui de l'organe qui la contient et que l'individu tout entier ...

- **Existence de stratégies de reproduction.** Ex : pour la reproduction d'une espèce, face au risque d'extinction, on note 2 types de réactions: soit l'espèce augmente son taux de natalité (*stratégie r*) soit elle améliore la survie des descendants (*stratégies K*). Ex: cas des espèces éphémérophytes (*r*) et de *Cupressus dupreziana* au Tassili (*K*).
- **Existence de stratégies adaptatives** (Tillman, 82). Chez les végétaux l'allocation de carbone peut être réorientée de façon dynamique en fonction des conditions environnementales de l'instant : réaction à l'herbivorie, à la diminution de la ressource lumineuse, etc.
- **Principe d'évolution.** Le maintien d'un système à l'identique est très rare (sauf cas quasi pathologiques). En l'absence de perturbation, l'écosystème tend à se complexifier et tend à un perfectionnement fonctionnel. La diversité globale augmente au point de vue des éléments (mais certaines classes d'éléments peuvent perdre en diversité pendant que d'autres augmentent), des sous-systèmes, des stratégies, des structures verticales, horizontales et temporelles. C'est un processus spontané d'auto-organisation. En cas de perturbation, la réaction au stress est la destruction (plus ou moins partielle) puis la réadaptation aux nouvelles conditions (changement climatique par ex.) ou bien, si elles restent inchangées (après incendie), la restructuration à l'identique.

Illustrations (polycopié) :

1. Passage du milieu minéral au climax par les stades intermédiaires (série progressive) et les régressions naturelles et artificielles. (2 figures).
 2. Les agrosystèmes : systèmes maintenus artificiellement dans un état juvénile.
Le maintien dans cet état implique un investissement énergétique fort (une figure et un tableau)
 3. Le système de production est un super système (cf le phénomène d'emboîtement) cohérent mais non autonome. Les interactions avec les milieux socio économique et climatique l'orientent et le modifient.
-