

# EEDD QUELQUES ASPECTS SCIENTIFIQUES

Conférence de Gérard Bonhure, IGEN sciences de la vie et de la Terre

Grenoble, vendredi 20 janvier 2006

## I – L'ÉCOLOGIE AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le terme d'**écologie** (grec *oikos* : maison, habitat – *logos* : science, discours) est proposé pour la première fois par E. Haeckel en 1866. Il en propose plusieurs définitions entre 1866 et 1874 ; la plus célèbre étant « *par œcologie, nous entendons la totalité de la science des relations avec l'environnement, comprenant, au sens large, toutes les conditions d'existence* » (Genelle Morphologie der Organismen, vol II, 1868).

Tendance actuelle : l'écologie porte son attention sur plusieurs niveaux d'organisation du vivant : les organismes, les populations et les peuplements, les biocénoses et les écosystèmes et l'ensemble de la biosphère (Dajoz, Précis d'écologie, 2000).

Classiquement, on distingue l'autécologie et la synécologie :

L'**autécologie** désigne l'étude des espèces au sein de leur milieu, ainsi seront envisagées les relations d'une ou plusieurs espèces avec les facteurs biologiques ou abiotiques du milieu. Il s'agit donc d'une approche centrée sur l'espèce, mais elle a tout de même un caractère systémique, puisque l'espèce est vue au travers de ses relations avec son milieu de vie.

La **synécologie** concerne l'analyse des rapports entre des individus d'espèces différentes au sein d'une biocénose. L'écosystème est donc pris en compte dans sa globalité. Les approches descriptives et fonctionnelles se complètent et se situent à l'échelle de la population (évolution temporelle, transferts de matière et d'énergie,...), ce qui est en concordance avec l'évolution actuelle de la définition de l'espèce (ndlr).

### 1. Interactions entre espèces et facteurs physico-chimiques du milieu

a) – Connaître pour mieux gérer

- *A l'échelle de l'organisme* : espèces sciaphiles (*Oxalis sp*) et héliophiles (*Nasturtium sp*) :

Importance du génotype (efficacité photosynthétique) et plasticité du phénotype (adaptation – pomme de terre et lumière). La connaissance de l'espèce permet de la gérer (plantation) ou la connaissance des conditions physico-chimiques du milieu permet de comprendre sa répartition et donc son implantation dans un milieu donné.

☐ Programmes de 6<sup>ème</sup> (peuplement des milieux) – 1<sup>ères</sup> L, ES, S (relations génotype, phénotype et environnement).

- *A l'échelle de la population* : succession temporelle (centaine d'années) chênaie → hêtraie
- Le chêne est héliophile, alors que le hêtre est sciaphile. La hêtraie ne peut être considérée comme le stade ultime de végétation ou climax, car ce stade n'est qu'un état d'équilibre à un moment donné dans un contexte donné. En réalité, l'état d'une hêtraie est un état d'équilibre dynamique (arbre ⇔ forêt), puisque de nombreux autres facteurs interviennent dans l'évolution de la forêt (maladie, incendie, coupe, élagage naturel, ...). La notion de climax est dépassée : c'était une notion déterministe considérant que l'intégration de tous les facteurs donnait un point d'arrivée stable et idéal, il n'existe pas d'idéal écologique local « en soi ».

b) – Multiplicité des facteurs à prendre en compte pour la gestion d'un milieu : évolution de la forêt

Facteurs en jeu : les différentes espèces, leurs exigences, leur tolérance – le cortège d'espèces et leurs interactions, le sol et sa chimie, les interventions humaines et accidentelles.

La gestion d'un milieu nécessite la prise en compte de leur multiplicité, de leurs interactions et de l'intervention de l'Homme.

Intervention de l'Homme dans la gestion d'un milieu : amendements des sols, coupes dans une forêt et son entretien, conservation des milieux ouverts, utilisation des indicateurs pour connaître les variations du milieu (lichens et pollution). Les choix en terme de gestion à long terme d'un milieu relèvent de l'aménagement du territoire et du développement durable.

### 2. Biologie de la reproduction et dynamique des populations

a) – Outils pour analyser la dynamique des populations

Modèles de croissance des populations :

- croissance géométrique (fonction exponentielle) : illusoire, ne décrit que la croissance de populations bactériennes.
- croissance logistique mais avec des dynamiques différentes : stratégies r (ex. : moules) et K (ex. : Mammifères).

b) – Facteurs agissant sur la population : exemple : *Melospiza melodia* (Colombie britannique, Canada)

Etude de courbes suggérant l'existence d'une corrélation entre la fécondité et les ressources alimentaires.

c) – De la connaissance à la gestion : exemple : gestion d'une pêcherie

Site de l'IFREMER : [http://www.ifremer.fr/drvrhlr/programmes/gvp\\_gerez1.htm](http://www.ifremer.fr/drvrhlr/programmes/gvp_gerez1.htm) Ici, la gestion n'est pas une gestion du milieu, mais une gestion du prélèvement opéré dans le milieu.

Importance des modèles pour évaluer l'incidence de choix (exemple : réduction du diamètre des mailles de filets de pêche).

☒ Programmes de 6<sup>ème</sup> (peuplement des milieux) - 5<sup>ème</sup> (reproduction) - 1<sup>ères</sup> L, ES, S (génétique - évolution).

### 3. Niche écologique : une synthèse entre l'espèce et son environnement

Exemple des sternes des îles Christmas : 5 espèces voisines, occupant des niches écologiques différentes, ce qui limite la concurrence entre elles.

Le concept de niche écologique est évolutif. Trois acceptions différentes peuvent être entendues :

- la niche écologique est l'ensemble des besoins et des aptitudes autécologiques de l'espèce ; la niche devient synonyme du tempérament écologique,
- la niche écologique est la place qu'occupe une espèce ou une population dans une biocénose ; elle acquiert une dimension purement synécologique,
- la niche est l'ensemble des biotopes où l'on rencontre l'espèce ; elle est alors synonyme d'habitat.

**La niche écologique** se rapporte souvent aux exigences écologiques d'une espèce. Chaque espèce occupe une niche qui lui est propre. Au facteur spatial (aire de répartition), viennent s'ajouter des facteurs temporels, heures d'activité, moment et durée de la reproduction, ainsi que de nombreux paramètres environnementaux (type de nourriture, coutumes alimentaires, relations avec les autres espèces : prédateurs, commensalisme, parasitisme). Elle peut être considérée comme la projection objective, matérielle, des possibilités offertes à l'espèce par son patrimoine héréditaire : c'est la réalisation de ses potentialités génétiques.

Elle peut être analysée comme un espace à n dimensions, dont les dimensions peuvent être analysées de façon indépendante ou bien 2 à 2, voire plus – Les différents compartiments d'une niche.

L'intérêt du concept de niche écologique est de permettre de porter un autre regard sur la notion de compétition. Les plus gros compétiteurs sont les individus de la même espèce (compétition intraspécifique), ils ont la même niche (un des intérêts du développement indirect, la larve avec un milieu mode de vie différent n'est pas en compétition avec l'adulte, et réciproquement).

Des **interactions** existent entre les niches écologiques :

- oscillations proies – prédateurs,
- compétition interspécifique dans le même milieu (*Paramecium aurelia* et *Paramecium caudatum*) il ne s'agit pas d'une lutte pour la niche écologique, mais d'une compétition pour une ressource alimentaire commune aux deux niches ; lorsque celle-ci devient un facteur limitant, c'est le plus grand consommateur qui va dominer.
- adaptabilité des populations, fonction des adaptabilités individuelles (génotype) et de l'adaptabilité de la population potentielle (pool génétique),

Intérêt de la connaissance de l'existence de plusieurs niches écologiques pour une même espèce si on veut pouvoir agir dessus (ex. : moustique).

La **diversité**, un paradigme fondamental : plus un écosystème est diversifié, plus il offre de niches et plus les possibilités de diversification du vivant sont importantes. La richesse en niches écologiques favorise la biodiversité. Inversement l'appauvrissement en niches abaisse le nombre d'espèces (ex. : écosystèmes appauvris, agrosystèmes).

Les espèces invasives : Caulerpe, Elodée du Canada, Jussie, écrevisse américaine, perche du Nil, silure,... Elles sont caractérisées par :

- o un fort pouvoir de multiplication (reproduction asexuée chez les végétaux),
- o quelquefois une toxicité qui élimine les autres espèces ⇒ les relations entre les êtres vivants ne peuvent être réduites à des échanges de matière et d'énergie, il y a également des échanges d'information.

☒ Programmes de 6<sup>ème</sup> (peuplement des milieux).

L'autécologie est un pari impossible : on ne peut pas penser l'espèce seule dans un contexte écologique ; il faut travailler à l'échelle du système, donc de l'écosystème.

### 4. Analyse de l'écosystème : passage de l'autécologie à la synécologie

Deux pistes pour les décrire :

- *L'analyse des différents systèmes* : cas des relations trophiques :
  - chaîne alimentaire courte / chaînes alimentaires longues et rendements énergétiques – conséquences pour l'alimentation humaine,
  - complexité des réseaux trophiques :
    - ① une moindre interdépendance des espèces (un point clé de la biodiversité), une résilience forte,
    - ② le rôle central du sol (immobilisation de la matière organique).
  - intérêt de la connaissance des transferts de matière : concentration des polluants le long des chaînes alimentaires.

☒ Programmes de 6<sup>ème</sup> (origine de la matière des êtres vivants) - 1<sup>ère</sup> L (alimentation et environnement).

- *L'analyse des flux de matière et d'énergie pour la gestion des écosystèmes* : cas de la forêt :
  - Immobilisation du carbone dans un végétal et dans les sols,
  - % fixation / immobilisation,
  - Une forêt en équilibre n'est pas le poumon de la Terre.
- *Cycle du carbone à l'échelle de la biosphère* : réservoirs, flux, **temps de résidence** (= réservoirs / flux).

Dans le cadre du développement durable, on se basera sur le temps de résidence, en ne considérant que les aspects dynamiques du cycle (le réservoir des carbonates caractérisé par un temps de résidence de l'ordre de 100 Ma sera négligé).

☞ Programme de 2<sup>nde</sup> (la planète Terre et son environnement).

## II – LA BIODIVERSITE : DE LA MOLECULE A LA RESSOURCE

### 1. Les différents niveaux de la biodiversité et leurs intérêts dans une optique DD

a) – Diversité des molécules

- If : végétal toxique et mortel, utilisé pour la fabrication d'arcs, mais produit le taxol, un anticancéreux.
  - 2 causes possibles pour sa disparition : sa toxicité, sa surexploitation,
  - un intérêt de conserver la biodiversité : un réservoir potentiel de molécules utiles,
  - if américain / if européen : l'if européen produit une molécule, qui peut être transformée en taxol facilement (réaction plus simple que la synthèse totale).
- Importance du métabolisme secondaire. Unité du vivant : des molécules actives sur des êtres vivants particuliers le sont aussi sur les autres.
- // Diversité des molécules, diversité génétique ⇒ valeur de quasi-option : préservation d'un actif en vue d'un usage futur probable ou la possibilité d'usages non encore identifiés.

☞ Programmes de 6<sup>ème</sup> (unité du vivant) – 2<sup>nde</sup> (unité du vivant).

b) – Diversité des individus d'une espèce

Phalène du bouleau : adaptabilité – ressources de gènes ⇒ diversité et adaptabilités individuelles et de la population (Cf. plus haut).

☞ Programmes de 1<sup>ères</sup>L et ES (évolution) – T<sup>ales</sup> (génotype – phénotype – polymorphisme des individus).

c) – Diversité des individus dans un écosystème

Une espèce est dite **espèce pivot** quand elle joue dans l'écosystème un rôle disproportionné par rapport à son abondance. Son importance est souvent attribuable à la niche écologique qu'elle occupe et au fait que ses interactions avec les autres espèces exercent un impact sur le système dans son ensemble, pas seulement sur les espèces avec lesquelles elle est en relation directe. La disparition ou l'arrivée d'une espèce pivot peut avoir des conséquences majeures pour les autres espèces et donc, induire des changements considérables dans la communauté. La cascade d'interactions qui en découle peut même produire un effet très marqué sur l'écosystème dans son ensemble.

Exemple de la loutre, espèce pivot → fiche Yann Arthus-Bertrand. Elle vit dans les eaux qui bordent la côte ouest du Canada, où vit aussi l'oursin, l'une de ses proies. Les oursins se nourrissent d'algues, et notamment de varech. En endiguant l'essor de la population d'oursins, la loutre de mer aide donc le varech à proliférer ou, à tout le moins, à survivre. Or, tout accroissement de la masse de varech entraîne une baisse du nombre des balanes, des moules et des chitons. Par contre, l'effectif des espèces de poissons qui peuvent se servir du varech pour se cacher et se protéger augmente, ainsi que celui des autres espèces qui tirent avantage de cette structure environnementale. Ainsi, les lingues de roche, les phoques communs et les aigles à tête blanche sont plus nombreux dans les régions qui abritent des loutres marines. Dans certaines régions, la disparition de ces loutres a permis aux oursins et autres herbivores de s'attaquer massivement au varech et d'en faire baisser grandement les lits, laissant ainsi aux balanes et aux moules le champ libre pour prospérer au détriment d'autres espèces.

Les différentes valeurs de la biodiversité :

- biodiversité et intérêt pour l'Homme : valeur d'usage direct, valeur d'usages potentiel,
- biodiversité et résilience (robustesse) des écosystèmes : valeur d'usages directs, moindre sensibilité aux perturbations,
- biodiversité et productivité des écosystèmes (agrosystèmes),
- biodiversité et affect : valeur de legs.

### 2. L'origine de la biodiversité

- Origine de la biodiversité : les mutations,
- Son maintien : par le mécanisme de la reproduction sexuée (loi de Hardy-Weinberg) et polymorphisme des populations,
- Un crible : la sélection.

### 3. La biodiversité d'hier à aujourd'hui – est-elle en péril ?

a) – Des hauts et des bas historiques : notion de crises – explosion cambrienne.

b) – Devenir de la biodiversité

Elle augmente par les mutations, mais elle diminue par les sélections. A l'échelle des écosystèmes, elle sera fonction des pressions sélectives (agrosystème, gestion de la prairie).

Des questions en suspens : pourquoi l'action de l'Homme est-elle aussi forte ? Va-t-on vers une 6<sup>ème</sup> crise biologique ?

c) – Gestion de la biodiversité pour demain

Deux stratégies possibles : la préservation (sanctuarisation) – la conservation.

Ressources : Fiche EEDD EDUSCOL La biodiversité en danger  
Réserves de biosphère (programme MAB lancé par l'UNESCO : Man And Biosphere)  
<http://www.mab-france.org/index.php>

"Dossier spécial Biodiversité", *La Recherche*, juillet - août 2000, n° 333.

### III – LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : DES SCIENCES A L'EEDD

Effet de serre : un sujet fédérateur, pluriel et d'actualité.

#### 1. Les changements climatiques, une longue histoire

- Arguments biologiques et géologiques.
- Possibilité de retracer cette histoire : les archives.
- Analyser les causes : astronomiques – planétaire (géodynamique interne et externe).  
↳ Les modèles : modélisation du cycle du carbone et ses impacts climatiques – INRP Orléans-Tours.

#### 2. L'Homme et le changement climatique

- a) – Caractériser un changement climatique d'origine anthropique
    - un réchauffement qui coïncide,
    - En quoi l'Homme est-il responsable ? modèle INRP, il permet de montrer que la représentation n'est pas fausse.
  - b) – Conséquence d'un réchauffement climatique
    - effets sur le niveau des mers, conséquences sur la zone littorale,
    - effets sur les saisons et météorologique,
    - effets sur la végétation, les paysages, les animaux,
    - effets sur la santé (ex. : épidémiologie du paludisme).
  - c) – Projections : de la science à la politique
- Scénarii du GIEC : options A et B.
- } recours aux modèles

Ressources : « Aborder les enjeux de l'environnement » Dossier de l'ingénierie éducative n°53, déc. 2005.

☰ Programmes de 2<sup>nde</sup> (la planète Terre et son environnement) - T<sup>ale</sup>S (du passé géologique à l'évolution future de la planète).

### CONCLUSION

Aborder les thèmes forts du développement durable, quelle méthode ?

- Enseigner la science et montrer à quoi elle sert,
- Partir du questionnement relatif au développement durable et intégrer les éléments scientifiques au fur et à mesure.

Faire les deux, car les deux aspects sont indissociables : concepts scientifiques et questionnement développement durable.

Stage : *EEDD – SVT, aspects scientifiques (fév. 2006)* – E. Lavis & M. Vial