

Avant-propos

L'ouvrage d'Olivier Schlumberger et Pierre Élie arrive à point nommé. Nous sommes en effet de plus en plus nombreux à faire part de nos inquiétudes concernant l'évolution des milieux naturels en fonction des changements globaux dont nous sommes responsables et qui s'expriment tant au niveau planétaire que régional ou local.

Depuis son origine, il y a 3,8 milliards d'années, la vie sur notre planète a été marquée par cinq grandes extinctions massives d'espèces, provoquées par des cataclysmes naturels (activité volcanique intense, collision avec des météorites volumineux...). Alarmés par la vitesse à laquelle s'opère actuellement l'érosion de la biodiversité, de plus en plus de scientifiques adhèrent à l'idée émise par J.J. Sepkoski (1986) et largement popularisée par E.O. Wilson (2000) qu'une nouvelle extinction massive, la sixième, se prépare. En revanche, fait nouveau, elle ne sera pas causée par une catastrophe naturelle comme les précédentes, mais due à l'action d'une espèce particulière, répandue sur tous les continents : *Homo sapiens*, espèce dont la population devrait atteindre les neuf milliards d'individus en 2050. Clairement en effet, le déclin actuel de la biodiversité mondiale résulte de l'expansion démographique (un milliard en 1800, trois milliards en 1960, six milliards en 2000) de notre espèce aux fortes exigences énergétiques et spatiales. Est-il besoin de rappeler, comme le faisait Bourlière dès 1963 que « *notre survie dépend toujours au siècle de l'atome comme à celui de la pierre taillée, de l'absorption quotidienne d'aliments produits par des espèces végétales et des espèces animales* ». De fait, nous dépendons pour notre développement et celui des générations futures de l'ensemble des écosystèmes de la planète, qu'ils soient marins ou continentaux et, pour ces derniers, terrestres ou aquatiques, écosystèmes qui constituent la trame fonctionnelle de la diversité du vivant (Teyssèdre, A., 2004. Vers une sixième grande crise d'extinction ? pp. 25-36. In : Barbault, R. et Chevassus-au-Louis, B. (eds.) *Biodiversité et changements climatiques* Adpf).

C'est ce qu'a parfaitement compris Kofi Annan, secrétaire général de l'Organisation des Nations unies, en réclamant en l'an 2000 une évaluation des conséquences de l'évolution des écosystèmes sur le bien-être de l'homme. Le rapport final, publié en 2005 (plus de 1 000 pages, 1 360 experts scientifiques mobilisés issus de 95 pays), est accablant : en 50 ans, l'homme a généré des modifications au niveau des écosystèmes de manière plus rapide et plus intensive que sur aucune autre période comparable de l'histoire de l'humanité... Environ 60 % des services écologiques « gratuits » sont en cours de dégradation, ce qui explique tout ou partie des difficultés d'accès à l'eau, l'effondrement des ressources halieutiques, la dégradation de la qualité des sols, de l'air, de l'eau, etc. Une grande partie de ces pertes de services rendus expliquent l'accentuation de la pauvreté et l'augmentation du fossé séparant les pays riches du reste du monde.

On comprend mieux, dans ces conditions, pourquoi il est urgent de parfaire l'inventaire des espèces végétales et animales qui peuplent notre globe, d'évaluer en permanence le statut de leurs populations, les taux d'extinction des espèces milieu par milieu, d'analyser les conséquences de leur disparition ou de leur raréfaction sur la structure

et le fonctionnement des écosystèmes, d'identifier les changements globaux dus à nos activités qui perturbent la dynamique des écosystèmes et modifient les transferts et les échanges entre les écosystèmes...

C'est dans ce contexte qu'Olivier Schlumberger et Pierre Élie nous proposent – en ciblant sur des écosystèmes, **les lacs naturels**, qui, comme nous le verrons plus loin, devraient être chers au cœur des écologues – de nous faire évaluer au moyen du modèle « poissons », l'importance des changements qui ont affecté et affecteront ces importantes étendues d'eau douce continentales, souvent profondes, que sont les systèmes lacustres. Il est devenu nécessaire pour demain d'apprécier la situation au regard de l'histoire passée de nos milieux naturels, de porter un diagnostic pour s'adapter aux circonstances nouvelles que nous créons pour tenter d'y remédier en préparant une gestion qui garantisse la conservation des espèces et les modalités de fonctionnement de ces écosystèmes qui composent la biosphère. Nous avons le plus grand besoin de ce type de synthèse et je suis particulièrement heureux de voir deux spécialistes des poissons réunir dans un même ouvrage des données indispensables sur l'écologie des espèces, si on veut comprendre comment se structurent et s'organisent des communautés, en préalable aux connaissances actuelles sur l'évolution des populations et des peuplements des lacs naturels français. Je suis d'autant plus heureux que j'ai fait partie depuis longtemps de ceux qui ont déploré le trop faible développement de la science halieutique dans nos organismes de recherche et dans nos universités.

Un peu d'histoire en forme d'hommage

J'ai, en son temps, applaudi à la création du GRECO « Lacs » qui, dirigé par R. Pourriot entre 1985 et 1989 puis par J. Devaux, a réuni plusieurs équipes de recherche travaillant sur des plans d'eau aussi divers que le lac de Créteil, le lac volcanique de cratère de Pavin, la retenue d'eau de Chambon sur la Romanche ou un grand lac comme le Léman, dépendant d'un grand fleuve, le Rhône. Hélas notre pays a du mal, malgré un environnement changeant qui influe sans cesse sur la dynamique, sur l'évolution de nos écosystèmes, à investir dans une recherche à long terme. Ce GIP, comme beaucoup de beaux et bons projets fédérateurs et novateurs, a vécu ce que vivent les roses... l'espace d'un instant. Je suis sûr qu'un jour ou l'autre, en fonction des modifications sans précédent des bassins versants, de l'eutrophisation de nos milieux aquatiques, de l'arrivée d'espèces envahissantes, des changements climatiques, il y aura quelqu'un pour regretter que l'on n'ait pu suivre, dans l'espace et dans le temps, les modifications fonctionnelles induites au niveau de nos lacs par tout ou partie de ces phénomènes. On s'apercevra de plus que les gestionnaires ont l'obligation de traiter chaque lac comme une entité individuelle, compte tenu de la diversité de situation admise par ce GIP pour poursuivre la recherche des règles générales qui fondent l'originalité du fonctionnement des écosystèmes lacustres, tout en mettant l'accent sur les différences (origine, état des bassins versants, stade d'évolution,...). Allons, soyons heureux : il reste en France au moins une station, la station de l'Inra de Thonon située sur les bords du Léman (centre alpin de recherches sur les réseaux trophiques des écosystèmes limniques : CARRTEL) qui a réussi à maintenir au fil des années ses recherches sur l'écologie des lacs subalpins et qui s'investit encore pleinement sur l'étude du fonctionnement et de l'évolution de ce lac franco-suisse qui a vu naître la limnologie.

Une grande chance pour la science, car les écologues modernes ont un peu trop tendance à ignorer le rôle essentiel joué par les spécialistes des milieux lacustres dans la création et le développement de l'écologie théorique et surtout du concept d'écosystème qui fonde la science écologique. Certes, lorsqu'on s'intéresse à cette science, on a

tout de suite tendance à faire référence à son inventeur, Ernest Haeckel (1866) qui estime que « *par écologie, nous entendons la totalité de la science des relations de l'organisme avec son environnement, comprenant au sens large toutes les conditions d'existence* ». Une définition en forme de défi lancé par ce jeune biologiste allemand de 32 ans qui a osé mettre en avant ce terme fédérateur d'écologie. C'était le prélude à une recherche holistique sur les systèmes complexes, dans le contexte d'une époque marquée par Auguste Comte qui, trente ans plus tôt, proposait une classification de la science organisant une ségrégation des disciplines qui allait conduire au réductionnisme.

Mais on ne peut négliger dans l'histoire de l'écologie le rôle joué par Karl Möbius, spécialiste du milieu marin, initiateur de l'écologie benthique, inventeur du concept de communauté vivante, qui en créant le terme de biocénose (1877), mettra l'accent sur un niveau d'intégration du vivant qui a son propre mode de régulation (Deléage, 1992) : « *toute modification d'un des facteurs déterminant d'une biocénose a pour conséquence des modifications d'autres facteurs de celle-ci. Si l'une quelconque des conditions extérieures de vie s'écarte pendant longtemps de sa moyenne précédente, c'est toute la biocénose qui se transforme...* ». Quelle magnifique intuition ! Une intuition qui rappelle que pendant le même temps, un spécialiste des lacs, Alphonse Forel, inventeur du mot limnologie, développait depuis 1871 un projet de recherche totalement novateur sur les lacs. Dans ce projet, il portait autant d'attention aux facteurs physiques et chimiques de l'environnement de ces vastes étendues d'eau douce qu'à l'analyse très précise des espèces qui les peuplent et de leurs relations réciproques. Les résultats de plus de 20 ans de recherche seront publiés à partir de 1892. La science des lacs était née et, avec elle, la notion d'ensemble fonctionnel qui, entre temps, sera amplifiée par la publication en 1887 de l'Américain A. Forbes *The lake as a microcosm*, soulignant fortement l'importance des interrelations entre organismes et entre organismes et milieu, dans des systèmes complexes comme les lacs de l'Illinois auxquels il s'est intéressé. Il confortait largement les travaux de Möbius en transposant la définition de la biocénose, conçue sur des exemples marins, aux systèmes lacustres, ouvrant ainsi la voie en montrant la généralité de certaines idées sur le fonctionnement des systèmes vivants à ce qui allait devenir l'objet même de la science écologique, le concept d'écosystème.

C'est lui qui écrira : « *Un lac forme un petit monde à lui tout seul, un microcosme dans lequel toutes les forces élémentaires de la vie sont à l'œuvre* ». Il précisera « *Nowhere can one see more clearly illustrated what may be called the sensibility of such an organic complex, expressed by the fact that whatever affects any species belonging to it, must have the influence of some sort upon the whole assemblage. He will thus be made to see the impossibility of studying completely any form out of relation to the other forms; the necessity for taking a comprehensive survey of the whole as a condition to a satisfactory understanding of any part* ». Certes, toute cette nouvelle conception d'un monde vivant formé d'espèces, de populations d'organismes en interaction, vivant en des lieux déterminés par leur environnement, telle qu'elle s'exprime à la fin du 19^e siècle, jointe à de nombreux travaux – comme, ceux de Clements, par exemple, sur les successions et de Vernadski (1929), promoteur du concept de biosphère inventé par Suess (1918) et père de l'écologie globale (Deléage, 1992) – aidera à la formalisation par Tansley (1935) du concept d'écosystème. Nous insistons sur ce point car dans l'esprit de ce scientifique, il s'agit bien d'une représentation mentale générale et abstraite d'un objet assemblant dans un seul système les organismes vivants et leur environnement physique. Comme le rappelle C. Lévêque (2001), « *l'approche systémique vise à rechercher des invariants, c'est-à-dire des principes généraux structurants et fonctionnels qui sont communs à des*

systèmes divers. Grâce à ces principes, il devient possible d'organiser les connaissances en modèles afin de faciliter la communication et de les utiliser comme support pour la réflexion et l'action (cf. Drouin J.M., 1992, Réinventer la nature. L'écologie et son histoire. Desclée de Brouwer, Paris, 208 p.). »

Pour ces raisons, on peut considérer que l'article de Lindeman publié à titre posthume en 1942 marque une étape majeure dans l'histoire de l'écologie. Lindeman affirme d'emblée l'originalité de sa démarche. Une grande partie de la démonstration repose sur les études de Juday (1940) sur le lac Mendota (Wisconsin) et sur ses travaux personnels conduits sur le *Cedar Bog lake* dans le Minnesota. Il se refuse d'emblée à étudier séparément les diverses communautés vivantes d'un lac et le milieu abiotique. La seule unité qui convienne est, selon lui, celle de l'écosystème. S'inspirant d'Hutchinson (1941), il entreprend de traiter la dynamique des êtres vivants en termes de transfert d'énergie. Il définit les **plantes autotrophes** comme des **producteurs** seuls en mesure de synthétiser la matière organique à partir des minéraux en utilisant l'énergie du rayonnement solaire, puis les **organismes hétérotrophes**, appartenant principalement au règne animal, comme **consommateurs** capables de s'approprier une partie de l'énergie potentielle accumulée par les producteurs. Enfin, comme ces deux types d'organismes libèrent de la matière organique non transformée (fèces) ainsi que des « débris » et sont condamnés à mourir, cette matière organique est utilisée par des saprophages, les **décomposeurs**, qui la ramènent à l'état minéral, bouclant de cette façon le cycle trophique. Chaque niveau trophique de l'écosystème est traité comme un système thermodynamique échangeant de l'énergie avec son environnement biotique et abiotique. L'écosystème apparaît maintenant, grâce à lui, comme l'unité d'excellence des échanges d'énergie dans la nature (C. Lévêque, 2001). Mais parallèlement, il met en place une notion fondamentale, celle du cycle trophique qui relie les producteurs primaires aux consommateurs et aux décomposeurs, assurant ainsi la circulation de la matière et de l'énergie dans les écosystèmes (cf. Odum, E. et Odum, H., 1953. *Fundamentals of ecology*. Saunders, Philadelphie).

Et aujourd'hui

Si j'ai insisté sur les travaux de Lindeman, c'est qu'ils sont toujours d'actualité. En effet, dans une thèse récente consacrée aux lacs alpins, Élodie Perga (2004) introduit son travail en faisant remarquer que « *qui mange qui et comment dans un écosystème est un os que les écologues ne se lassent pas de ronger* ». Elle insiste sur le fait que cette question d'apparence simple a trait, en fait, à la problématique complexe de la structure et du fonctionnement des réseaux trophiques dans les écosystèmes. Depuis Lindeman, cette approche trophodynamique a donné lieu à de nombreux développements dont elle en rappelle certains :

- le nombre de niveaux trophiques est considéré pour le rôle qu'ils jouent dans les fonctions clés de l'écosystème, tel le recyclage des nutriments, la productivité ou la bioaccumulation de contaminants ;
- la « connectance » entre les différents niveaux trophiques et son influence sur la réponse du système à l'enrichissement en nutriments ainsi que sur sa stabilité face aux perturbations.

Mais ce qui est le plus important et qui justifie pleinement l'ouvrage que vous allez lire, c'est que pour elle, « *les communautés piscicoles sont situées au sommet des chaînes trophiques. Cette position dans le réseau trophique lacustre leur confère, de ce fait, un rôle potentiel d'intégrateurs des processus sous-jacents, à l'échelle de l'écosystème* ».