

Science des écosystèmes et gestion de la nature

Michel Khalanski

Rédacteur en chef de la revue Hydroécologie

Appliquée. <http://www.hydroecologie.org/>

Dans une première partie, nous esquisserons un historique sommaire de l'écologie scientifique à partir de quelques concepts et termes qui ont marqué son évolution. Nous traiterons ensuite de la question de la scientificité de l'écologie et de son statut dans les sciences de l'environnement. L'écologie scientifique est en rapport étroit avec les sciences et techniques de l'environnement avec lesquelles elle échange des connaissances et des concepts et par là-même avec les sciences humaines et sociales. Un aperçu sera donné sur le développement de l'ingénierie écologique, sur ses méthodes de gestion de la nature par la société, qui découlent en partie de l'écologie scientifique. Pour terminer nous aborderons la question de la valeur de la nature à l'origine de désaccords entre l'écologie scientifique et deux objectifs du développement durable qui s'est imposé comme l'idéologie écologiste institutionnelle.

1- Le déjà long parcours de l'écologie scientifique

C'est Haeckel, un biologiste spécialisé en anatomie comparée qui a forgé le terme Ecologie en 1866. Dans son livre de 559 pages sur la morphologie général des organismes¹, « oecologie » n'a que deux occurrences, dont une fois en note de bas de page. Il voyait dans l'écologie une « physiologie des organismes en relation avec le monde extérieur ». Cette définition très floue va s'enrichir progressivement par l'apport de notions de plus en plus pertinentes et précises : la biosphère en 1875 par Eduard Suess², la dynamique des populations avec un modèle mathématique des relations prédateurs-proies par Lotka³ en 1925, suivi par Volterra⁴ en 1926, la même année les cycles biogéochimiques par Vernadsky⁵.

1 Haeckel E. 1866. Generelle Morphologie der Organismen (Morphologie générale des organismes). Druck und verlag Georg Reimer. Berlin

2 Suess, E., 1875. Die Entstehung Der Alpen [L'origine des Alpes]. Vienna: W. Braunmuller

3 Lotka, A.J., 1925. Elements of Physical Biology, [Williams and Wilkins](#).

4 Volterra, V., 1926. Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi, [Mem. Acad. Lincei Roma](#), 2, 31-113

En 1935, Arthur George Tansley publie un article⁶ qui marque une rupture dans l'écologie jusqu'alors centrée sur les communautés biologiques en introduisant la notion d'écosystème. Enfin, Peut-être peut-on dater la transformation de l'écologie en science des écosystèmes avec de la publication du traité d'Eugen Odum en 1953: *Fundamentals of Ecology*⁷.

Si l'écosystème est désormais un ensemble d'éléments en interaction dynamique parcouru par des flux de matière et d'énergie, il véhicule aussi de l'information ; Ramon Margalef, établit en 1958 un lien entre la quantité d'information d'un écosystème et sa diversité biologique⁸, point de départ vers le développement considérable des méthodes mathématiques de quantification de la diversité biologique⁹. Les années 1960 sont marquées par le constat des dommages causés par les pollutions chimiques avec en 1962 *Le printemps silencieux* de Rachel Carson¹⁰ qui décrit les ravages causés, notamment, aux populations d'oiseaux, par l'usage massif du DDT. En 1969, René Truhaut¹¹ créé le terme écotoxicologie pour définir une discipline qui s'imposera dans les sciences de l'environnement. Un dernier mot mérite d'être mentionné : *biodiversité* ; il fut créé en 1985 par le biologiste W.G. Rosen par contraction de l'expression *diversité biologique*. En 1992, la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique définira la biodiversité comme ayant trois composantes : la diversité intraspécifique, la

5 Vernadsky V. 1926. Биосфера. Leningrad. Réédition française : La Biosphère 2002. Paris, Seuil, coll. « Points/Science ».

6 Tansley, A. G. 1935. The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. *Ecology*. Vol. 16, No. 3 (Jul., 1935), pp. 284-307

7 Odum, E., 1953: *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders, Philadelphia, PA.

8 Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *General Systematics*. 3: 36-71.

9 Marcon E., 2015. Mesures de la biodiversité. http://www.researchgate.net/profile/Eric_Marcon2/publication/266409788_Mesures_de_la_Biodiversit/links/5540c360cf2718618daae21.pdf

10 Rachel Carson, 1962. *Silent Spring*. Série de trois articles dans *The New Yorker* des 16 juin, 23 juin et 30 juin 1962.

11 René Truhaut proposa le terme *Ecotoxicologie* lors d'une réunion du Comité du Conseil International des Unions scientifiques (I.C.S.U) tenue en 1969 à Stockholm.

diversité interspécifique et la diversité des écosystèmes.

Pour clore ce tour d'horizon évidemment incomplet des grandes étapes qui ont jalonné le parcours de la science écologique, il faut mentionner l'étude commandée par l'ONU sur l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire (*Millennium Ecosystem Assessment*). Cette étude internationale qui a duré quatre ans, réalisée par 1360 experts de 95 pays, a produit en 2005 une douzaine de rapports sectoriels¹². L'évaluation des écosystèmes pour le millénaire met en avant un concept qui prendra rapidement une importance majeure, celui de « services écosystémiques » ainsi défini dans le rapport sur le bien-être humain: « *Les bénéfiques que les écosystèmes procurent aux hommes.* »¹³

En France, ce n'est qu'à la fin des années 1960 que l'écologie va se dégager très progressivement de la biologie et des « sciences exactes ». La Société Française d'Ecologie, fondée en 1968, marque le début de cette évolution. Au cours des décennies suivantes, quelques grands auteurs publient des traités qui faisaient défaut en langue française. En 1972 paraît le *Précis d'écologie* de Roger Dajoz, en 1977 François Ramade publie un traité d'écotoxicologie qui sera suivi d'une longue série de mises au point sur les grands sujets de l'écologie. Paul Duvigneaud produit une nouvelle somme en 1980 : *La synthèse écologique*. Au Muséum National d'Histoire Naturelle, la protection de la nature va au-delà d'une conviction purement scientifique comme l'attestent l'engagement d'un Jean Dorst dès 1965 dans *Avant que nature meure* et le savant plaidoyer pour la biodiversité de Robert Barbaut dans *Un éléphant dans un jeu de quilles - L'homme et la biodiversité* paru en 2006.

Une étape majeure sur le chemin vers l'autonomie a été franchie par la recherche écologique française avec la création d'un Institut Ecologie Environnement (INEE)¹⁴ au sein du CNRS en 2009. Cet institut a été doté de moyens importants issus du regroupement des personnels et laboratoires auparavant dispersés : 2490 chercheurs, 1660 ingénieurs et techniciens, 1590 doctorants et

post-doctorants. Il a notamment pour mission de développer des connaissances pour répondre à une « *demande sociétale en matière d'ingénierie environnementale, d'expertise, d'aide à la remédiation et, plus largement, aux enjeux du développement durable* ». Des partenariats sont engagés en ce sens avec « *les collectivités régionales et territoriales, certains des grands services nationaux de l'Etat* ».

Que de chemin parcouru depuis la naissance d'un concept jusqu'à la science des écosystèmes et à la position éminente occupée par l'écologie dans les sciences de l'environnement.

2- L'écologie finalisée, partie prenante des sciences de l'environnement.

Si l'on se réfère aux principaux critères sur lesquels se fonde la méthode scientifique telle qu'elle s'est constituée à partir du XVIIème siècle en Europe, l'écologie est bien une science à part entière, et une science qui s'est « durcie ». L'écologie observe et expérimente avec des techniques qu'elle a adapté ou développé, elle conçoit des théories réfutables sans finalisme, elle utilise des méthodes mathématiques, elle publie ses résultats selon les règles communes aux autres sciences et elle produit des connaissances, des techniques et des applications.

A mesure que s'affirmaient ses spécificités au travers de sa production de concepts, de méthodes, de théories, elle a secrété une frontière la séparant des autres sciences. En même temps, elle s'est fragmentée en de multiples disciplines filles du fait de la spécialisation inhérente à l'approfondissement des connaissances et de la diversité considérable de ses objets d'étude. Il n'y a rien d'original dans ces traits qui sont communs à toutes les sciences.

Mais quels sont les rapports entre l'écologie et les sciences de l'environnement ?

Par définition, les sciences de l'environnement ont un caractère finalisé par le simple fait que toute problématique environnementale repose sur des interactions hommes-nature. Comme le rappelle le géographe Bertrand Lévy¹⁵, l'environnement n'est pas la nature ; il cite une formule éclairante de Pierre Lascoume¹⁶: « *Notre environnement est une*

12 Millennium Ecosystem assessment, 2005. <http://www.millenniumassessment.org/en/index.html>

13 <http://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html>
<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

14 INEE <http://www.cnrs.fr/inee/>

15 Lévy, B., 2014. Nature et environnement. Considérations épistémologiques. Communication au Festival International de Géographie Saint-Dié-des-Vosges. 3-5 octobre 2014.

16 Lascoume, P. 1994, L'éco-pouvoir. Environnements et politiques, Paris : La Découverte.

nature travaillée par la politique ». Il n'y a pas de ministère de la nature. Il faut donc se tourner vers les catégories « science fondamentale » et « science finalisée » pour envisager l'écologie scientifique sous ces deux modalités. Si, en mode finalisé, l'écologie appartient aux sciences de l'environnement, elle s'en distingue en mode fondamental. Là encore, il n'y a pas de spécificité par rapport aux autres sciences de l'environnement telles que la biologie, la chimie, la pédologie, la géologie, la géomorphologie, la géographie, la climatologie... Toutes mènent une existence souveraine à l'intérieur de leurs frontières, mais elles participent aussi, en mode finalisé, aux sciences de l'environnement.

Les sciences finalisées (ou appliquées) se constituent autour d'une demande sociétale, leur mission est de développer des instruments utiles à l'action en s'appuyant sur les acquis des sciences fondamentales. Agir requiert non seulement des méthodes mais aussi des moyens techniques mis en œuvre par des techniciens et des ingénieurs. L'ingénieur et le technicien ont une obligation de résultat, l'erreur n'est pas tolérée dans ces métiers, ce qui les distingue grandement des métiers de la recherche où, au contraire et dans certaines limites, le retour d'expérience après une erreur peut être un facteur de progrès.

Par rapport à l'ingénierie industrielle **l'ingénierie environnementale** traite des multiples sujets qui ne sont pas nécessairement centrés sur la nature, elle intègre entre autres des tâches bureaucratiques telles que celles de responsable des systèmes de management QSE (qualité, santé-sécurité au travail et environnement). La Fiche « ingénieur écologue » de l'Association française des ingénieurs écologues (AFIE) montre l'ampleur des compétences scientifiques et techniques exigées en **ingénierie écologique**:

- Diplômes requis : Bac+5. Ecologie scientifique (Conservation de la biodiversité, gestion des milieux naturels), diplômes en biologie, géologie, chimie, physique, génie civil ou rural, complétés d'une option environnement,
- Ecole d'ingénieur agronome.
- Double compétences souvent exigée en droit, géographie (SIG) ou économie.
- La plupart des employeurs exigent 2 à 4 ans d'expérience.

L'ingénierie écologique dispose actuellement d'une masse critique de méthodes normalisées et de modèles numériques, de logiciels de géomatique qui lui permettent de traiter les questions les plus diverses. Les travaux du GIEC relèvent de l'ingénierie écologique plus que de la science académique, les rapports que produit cette

structure internationale sont d'ailleurs classés dans la littérature grise.

Mais peut-on en déduire que la totalité des demandes sociétales qui portent sur les écosystèmes, c'est-à-dire sur la nature, sont aujourd'hui correctement traitées par l'ingénierie écologique ? C'est probablement pour intégrer ces préoccupations dans le champ de l'ingénierie écologique que le CNRS a créé un Programme Interdisciplinaire de Recherche (PIR Ingecotech) qui pourrait clarifier ce genre de questions, avec deux axes: Chimie pour le Développement Durable (2006) et Ingénierie Ecologique (2007). Notons que dans les axes de recherche, il est fait référence au développement durable avec des majuscules. Il est temps de s'interroger sur cette idéologie mentionnée dans tous les documents officiels comme une évidence qui coupe court à tout questionnement.

3- L'Ecologie scientifique et l'idéologie du Développement Durable

A l'opposé de la science fondamentale, la science finalisée poursuit par définition un but, et dans le cas de l'écologie et en particulier de l'ingénierie écologique ce but est la gestion de la nature selon des directives politiques inspirées par un ensemble de valeurs. Ces valeurs sont aujourd'hui portées par l'idéologie du Développement Durable qui a été qualifiée d'idéologie du XXIème siècle¹⁷.

Le développement durable a été créé et s'est développé pendant ses années de jeunesse selon un processus par le haut « top down ». Après avoir lancé un grand programme de recherche sur l'environnement (le PNUE) en 1972, l'ONU, la plus haute structure internationale s'est préoccupé du développement et a institué en 1983 une Commission mondiale sur l'environnement et le développement. Cette commission, présidée par Gro Harlem Brundtland, a produit en 1987 un rapport intitulé « *Our Common futur* ». Dans l'introduction qui est en fait un résumé du rapport, des précisions sont apportées sur ce nouveau concept : « *Le développement durable, c'est s'efforcer de répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité de satisfaire ceux des générations futures. Il ne s'agit en aucun cas de mettre fin à la croissance économique, au contraire. Inhérente à cette notion est la conviction*

17 Zaccari E., 2009. Développement durable: l'idéologie du XXIème siècle. Sciences humaines. Grands Dossiers N° 14 - mars-avril-mai 2009

que nous ne pourrions jamais résoudre les problèmes de pauvreté et de sous-développement si nous n'entrons pas dans une nouvelle période de croissance dans laquelle les pays en développement auront une large part et pourront en tirer de larges avantages. » Il est toutefois précisé « Pour que le développement durable puisse advenir dans le monde entier, les nantis doivent adopter un mode de vie qui respecte les limites écologiques de la planète. » Le défi du développement durable peut être relevé par le progrès technique et une meilleure organisation sociale : « Mais nous sommes capables d'améliorer nos techniques et notre organisation sociale de manière à ouvrir la voie à une nouvelle ère de croissance économique. »

Lors du deuxième sommet de la Terre tenu à Rio en 1992 qui réunit une centaine de chefs d'états et environ 1500 délégués d'ONG, de grandes conventions internationales voient le jour et le développement durable fait son entrée sur la scène médiatique internationale avec ses trois piliers indissociablement liés : économique, social et environnemental. En 2002, le développement durable est consacré comme thème central du troisième sommet de la Terre à Johannesburg.

Le Développement Durable est désormais une idéologie politique souvent perçue comme plutôt à gauche : « *Sur les ruines du communisme, sur l'impasse de l'état providence, une « troisième gauche » est en gestation autour du développement durable* »¹⁸. Dans les faits, le développement durable pourrait plutôt être qualifié d'idéologie écologiste institutionnelle.

En quoi le Développement Durable interfère-t-il avec l'écologie scientifique finalisée et le génie écologique ? Avant tout par la liaison économie-nature qui pose la question de la valeur de la nature, en particulier sur deux notions qui font leur entrée dans les textes juridiques et réglementaires : les services écosystémiques et la compensation des habitats et des espèces.

Une première question se pose sur la signification de la **définition des services écosystémiques** : *Les bénéfiques que les écosystèmes procurent aux hommes.* Christian Lévêque¹⁹ questionne à juste titre l'équivalence implicite entre fonctions écosystémiques et services écosystémiques. La dégradation des matières organiques, le recyclage des éléments minéraux, la production primaire végétale et son transfert dans

les réseaux trophiques, la pollinisation des plantes à fleur...sont autant de traits fonctionnels des écosystèmes qui ne constituent pas en eux-mêmes des services à l'Homme. Laissés à eux-mêmes sans intervention humaine, leur « bon fonctionnement » n'aboutit pas obligatoirement à optimiser le bénéfice que l'on peut en attendre. C'est en intervenant selon des plans de gestion appropriés que l'on peut en retirer un bénéfice tout en conservant leur caractère fonctionnel. Toute intervention implique une gestion sous double contrainte : retirer un bénéfice sans détruire le capital naturel. Le génie écologique doit relever ce défi qui n'est pas mince. Bénéfice et capital, ces mots appartiennent au lexique économique, et immédiatement nous rencontrons la notion de la valeur que la logique économique résout par le prix et la monnaie. L'économie libérale considère que refuser de donner un prix à la nature risque de la déprécier, de lui retirer toute valeur. Cette question ouvre sur une interrogation plus profonde : peut-on donner un prix à la nature ? Bien des obstacles se dressent devant ceux qui tentent l'expérience car la fixation d'un prix dépend de très nombreux facteurs, mais de courageux économistes se sont attelés à cette tâche.

L'administration française a produit deux rapports riches en informations sur l'approche économique de la valeur de la biodiversité et des services écosystémiques. Celui réalisé par un groupe de travail présidé par Bernard Chevassus-au-Louis pour le Centre d'Analyse Stratégique²⁰ pointe deux restrictions pour **les évaluations économiques des services écosystémiques** :

« Il est souligné que, alors que les valeurs d'usage peuvent être approchées avec des méthodes relativement robustes, notamment à partir de fonctions de coûts ou d'effets sur la productivité, les valeurs de non-usage sont souvent importantes, en particulier pour la biodiversité remarquable, mais leurs estimations restent beaucoup plus incertaines. »

« Un des messages majeurs est que la fixation d'une valeur n'implique pas l'ouverture d'un libre marché et que les échanges éventuels devront impérativement être régulés. »

Le rapport réalisé en 2010 par la Commission des comptes et de l'économie de l'environnement du Commissariat Général au Développement Durable²¹ ne sous-estime pas les difficultés de l'évaluation de la valeur économique des services écosystémiques mais se montre assez favorable à la monétarisation;

18 Christian Stoffaës. Revue d'économie financière, 2002. 66, pp. 283-305.

19 Lévêque C., L'écologie est-elle encore scientifique. Editions Quae, 2013.

20 Chevassus-au-Louis B. et al., 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution la décision publique. Centre d'Analyse Stratégique. 376 p

il détaille en particulier le PSE (paiement pour services environnementaux).

La deuxième question porte sur **la compensation**, le troisième terme du processus des études d'impact sur l'environnement : Evaluer, Réduire, Compenser. La fiche 4 du rapport CGDD 2010 est consacrée aux « banques de compensation », un mécanisme « *de marché optionnel qui permet aux maîtres d'ouvrages de s'acquitter de leur obligation de compensation des atteintes à la biodiversité.* » Il s'agit là d'une tentative beaucoup plus ambitieuse et incertaine que la fixation déjà bien délicate de la valeur monétaire des services écosystémiques. Les interrogations sur la compensation, qui est une obligation réglementaire, sont variées et dépassent le seul point de la valorisation économique.

Quels sont les objets sur lesquels porte la compensation ? Espèces (populations présentes sur le site), communautés (par exemple caractérisées par la phytosociologie), habitats, services écosystémiques, ou tout cet ensemble ?

Comment établir des équivalences entre des espaces naturels sur la base de facteurs écologiques ? Faut-il tenir compte de la proximité des sites ? Peut-on établir une typologie acceptée par les parties prenantes les plus influentes et la faire valider par une autorité incontestée ?

Les méthodes de restauration des sites ouverts à la compensation sont-elles fiables ? Quelle est la durée du programme de surveillance et les garanties du maintien de la qualité écologique du site : 10 ans, 30 ans, au-delà ?

Ce n'est qu'en aval de ces questions qui relèvent de l'écologie scientifique que se pose celle du financement par l'aménageur. L'aménageur peut-il être exempté de sa responsabilité en finançant une banque ou tout autre organisme qui se chargera du maintien de la qualité écologique du site ? Les services publics ne sont-ils pas les mieux à même de préserver les services écosystémiques en finançant les coûts par le vieux principe « pollueur-payeur » ? Ou bien doit-on accepter de déléguer, encore plus, le service public de la préservation de la nature au secteur privé ?

En résumé, le biobanking est-il un permis de tuer la nature en offrant un nouveau terrain de jeu au système financier ?

Dans un point de vue paru dans la revue *Pour la science*²², deux chercheurs en biodiversité

Denis Couvet et Anne Teyssède expriment le malaise suscité chez les écologues par la prééminence accordée à la valeur économique de la nature dans la future loi Biodiversité : « *Seule la valeur économique des services écologiques est mise en avant, alors que ces « services » sont avant tout écologiques. Les chercheurs sont divisés sur ce point. Les sciences sociales sous-estiment parfois les déterminants écologiques des conflits sociaux. A l'inverse, biologistes et écologues ont souvent du mal à admettre que l'économie puisse être un outil de préservation de la biodiversité. Plus que jamais, ce flou appelle une approche transdisciplinaire du problème ; et même conjointe avec les réflexions sur le changement climatique, lequel soulève les mêmes interrogations.* »

Quoiqu'il en soit, une demande de compensation existe, tout le dilemme réside dans les modalités permettant de mettre en rapport cette demande avec une offre. Les banques sont déjà engagées dans cette direction. En France c'est évidemment l'état qui a pris l'initiative de l'action par l'intermédiaire de la Caisse des Dépôts et Consignations, mais au niveau international il existe déjà des expériences de biobanking dans lesquelles le propriétaire d'un type d'habitat ou d'une population offre ce bien sur un marché financier. Le partenariat entre le WWF et la banque Credit Suisse sera-t-il l'occasion d'apporter des réponses à certaines de ces questions ?

²² Couvet D., Teyssède A., 2015. Loi sur la biodiversité : les scientifiques au pied du mur. Pour la Sciences n° 451, mai 2015. 14-15.