

# **Opinion**

## **Quel rôle pour les académies scientifiques et technologiques dans les débats de société ?**

### **Exemple de controverses écologistes**

Alain Pavé<sup>1</sup>

*Le premier ennemi de la connaissance n'est pas l'ignorance, c'est l'illusion de la connaissance. Stephen Hawking.*

#### *Points de départ de cette réflexion*

Des membres de trois académies - Académie d'agriculture, Académie des technologies, Académie des sciences – ont écrit un texte, en 2017, intitulé « Note sur la place de l'innovation française dans les nouvelles biotechnologies pour l'agriculture ». Cette note succédait à un « Avis sur la réglementation des mutagénèses ciblées en amélioration des plantes », adopté le 6 juillet 2016<sup>2</sup>. Bien que rédigée par quelques experts reconnus et entérinée par les membres de deux groupes de travail spécialisés, la question posée était de donner à la note en question un statut d'avis de l'Académie d'agriculture. Plusieurs consœurs et confrères étaient favorables, restait la procédure à adopter. Peu importe les détails, il semblait à certains que donner le statut d'avis plus lourd que celui de note demandait de passer par un vote en séance plénière, comme c'est l'usage, par exemple, à l'Académie des technologies. Cette dernière confrontée à des problèmes relevant de multiples secteurs d'activité sensibles a pris soin de définir des procédures et des statuts pour les publications portant son sceau afin d'éviter toute contestation interne et de placer les débats externes au bon niveau. Ainsi une note garde un statut informatif alors qu'un avis a une dimension plutôt prescriptive. Toujours est-il que ce débat a conduit le Secrétaire perpétuel de l'Académie d'agriculture à proposer de définir les divers statuts des publications publiées par cette académie.

Un autre événement, toujours dans cette académie, concernait une candidature présentée par une section et dénoncée comme soutenant les « Faucheurs volontaires ». S'en suivit un débat qui ignorait qu'en définitive le vote devait trancher.

En fait, l'imprégnation idéologique n'est pas absente des débats, le tout c'est qu'elle ne devienne pas prédominante en prenant pour scientifique ce qui n'est que position idéologique. L'histoire fourmille d'exemples, la plus désolante étant la prise de pouvoir de fait de Trofim Lyssenko, devenant président de l'Académie d'agronomie de l'URSS avec la bénédiction de Joseph Staline, évinçant Nikolai Vavilov, un scientifique de

---

<sup>1</sup> Professeur émérite à l'Université Claude Bernard – Lyon 1, Laboratoire de Biométrie et de Biologie Évolutive (UMR CNRS/Inria/UCBL), Membre de l'Académie des Technologies, Correspondant de l'Académie d'Agriculture – Chevalier de la Légion d'Honneur, courriel : [alain.pave@univ-lyon1.fr](mailto:alain.pave@univ-lyon1.fr) - Site personnel : <http://www.alain-pave.fr/>

<sup>2</sup> <http://www.academie-technologies.fr/blog/categories/avis-et-recommandations/posts/avis-sur-la-reglementation-des-mutageneses-ciblees-en-amelioration-des-plantes>

renommée mondiale, qui termina sa vie dans un de ces camps de triste renommée<sup>3</sup>. L'imprégnation idéologique est toujours présente et veut offrir une alternative à la science : mouvements créationnistes, souvent soutenus par les églises évangéliques, certains gouvernants à l'image de Donald Trump ou de Jair Bolsonaro niant les problèmes environnementaux et supprimant les soutiens aux recherches dans ces domaines, à l'opposé on trouve certains mouvements écologistes devenus anti-science et anti-technologie. Par ailleurs, dans le flot continu, débridé, des informations, rapidement débitées, sont placées régulièrement des nouvelles scientifiques au mieux incomplètes, mal interprétées, voire complètement faussées. Par exemple, comment donner foi à l'expression de résultats épidémiologiques, confondant corrélation et causalité, donnant parfois à l'unité près un accroissement de la mortalité dû à un facteur environnemental ? Les citoyens ne sont pas ignorants, ni inintelligents, ils perdent alors confiance dans la science et dans les technologies incriminées, si ce n'est en général. La défiance généralisée envers les institutions, envers celles et ceux qui les représentent, peut toucher les organisations académiques et de recherche. Il faut y prendre garde.

Prenons un dernier exemple, parmi tous les possibles, concernant encore l'impact des travaux académiques. Cette fois, il s'agit de l'Académie des technologies. A l'occasion de la COP 21, cette académie a publié un document sur des solutions possibles pour atténuer le changement climatique, ses effets et s'y adapter. En fait, les médias l'ont superbement ignoré. Et c'est régulièrement le cas. A quoi donc servons-nous si le public n'est même pas informé de nos travaux, de nos discussions, voire de nos controverses ? Nous ne pouvons pas vivre en autarcie, ni nous prévaloir seulement du rôle de « conseiller du prince ».

### *Quel est l'impact des publications académiques ?*

En fait, les voix des académies ne sont guère audibles, parfois elles ne le souhaitent pas. Mais se donnent-elles les moyens de se faire entendre ? Une médiatisation intermédiaire, en même temps une reconnaissance du sérieux des travaux, est constituée par la publication scientifique, ouvrages et rapport, et surtout de revues périodiques. L'Académie des sciences persiste à juste titre avec ses Comptes rendus. De son côté, après une période d'abandon, l'Académie d'agriculture y revient. D'autres académies éditent des publications plus ou moins périodiques. Il est à craindre que la malheureuse et juteuse marchandisation de la publication scientifique aient raison des traditions académiques. Il n'en demeure pas moins que la publication reste une référence importante, utilisée partout y compris dans les médias. Des grandes entreprises ne s'y trompent pas, comme Monsanto, qui n'hésitent pas à rémunérer des « *Gostwriters* » ayant pignon sur rue, pour faire passer des articles écrits au sein de ces entreprises dans des revues scientifiques réputées sérieuses<sup>4</sup>. Par ailleurs, des articles semblent plus inspirés par des motivations idéologiques que scientifiques. C'est parfois le cas de ceux qui défendent des thèses alarmistes, comme celle de la « 6<sup>e</sup> grande

---

<sup>3</sup> Arte a consacré un film à cette désolante affaire : « Le Savant, l'imposteur et Staline ».

<sup>4</sup> Cf., l'article de Stéphane Foucart dans Le Monde du 4 octobre 2017 à propos des « *Monsanto papers* ».

extinction » ou de l'effondrement de la biosphère. Sans nier les atteintes à la biodiversité, on peut penser qu'ils prennent souvent un ton par trop catastrophiste. Ils sont publiés par des grands journaux scientifiques. Inversement, la mise en cause, souvent méthodologique, des estimations pessimistes ne sont guère relevées.

Prenons un exemple, Fangliang He et Stephen Hubbell, en 2011<sup>5</sup> montrent que l'utilisation du modèle aire-espèces, bien connu des écologues, est efficace pour évaluer la biodiversité dans un écosystème, mais, mal utilisé, il est particulièrement mauvais pour estimer les extinctions<sup>6</sup>. La surestimation qui en résulte est très importante. Les auteurs s'étonnent d'ailleurs que cette erreur se soit propagée en dépit des observations qui ne laissent pas présager les désastres annoncés, sans pour autant minimiser l'urgence. Ainsi et comme ils le signalent, dans les années 1970-1980<sup>7</sup>, il était prévu que 50 % des espèces de la biosphère aurait disparu en l'an 2000. Ce qui à l'évidence n'a pas été le cas. Curieusement, le célèbre rapport « *Millenium Ecosystem Assessment* »<sup>8</sup> reste sur des bases analogues : toujours un désastre annoncé, mais... plus tard avec une vision aveuglement positive, on parle des « services » et non pas des disservices de la biodiversité. Précisons que le modèle alternatif proposé par He et Hubbell donne de bons résultats en comparant à des données observées sur le terrain. J'en donne une version « pédagogique », sous forme d'une expérience virtuelle, dans mon ouvrage « *Comprendre la biodiversité, faux problèmes et idées fausses* » (2019).

Il est néanmoins inquiétant de constater que certains auteurs posent la question de l'opportunité de publier de tels résultats car ils peuvent décourager les « politiques » face à la nécessité de se préoccuper de la biodiversité. On peut ainsi citer le commentaire suivant : « *Conserving nature is not only about science, but it is to a large degree politics – and correcting an error leads to better science but might weaken political success* »<sup>9</sup>. Ce commentaire a été publié au sujet de l'article de He et Hubbell, cité ci-dessus.

---

<sup>5</sup> He F., Hubbell S. P. (2011) Species-area relationships always overestimate extinction rates from habitat loss. *Nature*, 473, 368-371

Gewin V. (2011). Hidden assumptions hypes species-loss prediction. Researchers question widespread method of assessing extinction rates. *Nature*, published on line :

[http://www.nature.com/news/2011/110518/full/news.2011.301.html?WT.mc\\_id=TWT\\_NatureNews](http://www.nature.com/news/2011/110518/full/news.2011.301.html?WT.mc_id=TWT_NatureNews)

<sup>6</sup> On peut trouver une présentation critique de ce modèle dans :

Alain Pavé, *Comprendre la biodiversité, vrais problèmes et idées fausses*. Éditions du Seuil, 2019.

<sup>7</sup> Cf., par exemple : Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H. (1981). *The Causes and Consequences of The Disappearance of Species*. Random House, New York, 305 p.

<sup>8</sup> *Millenium ecosystem assessment* (2005). *Ecosystems and human well-being. Biodiversity synthesis*. Island Press, Washington D.C.

<sup>9</sup> Beck J., 2011. Species-area curves and the estimation of extinction rates. *The International Biogeography Society — frontiers of biogeography*, 3.3, 82-83.

[http://www.biogeography.org/html/fb/FBv03i03/FBv03i03p081\\_Beck.pdf](http://www.biogeography.org/html/fb/FBv03i03/FBv03i03p081_Beck.pdf)

“Conserver la nature n’est pas que de la responsabilité de la science, mais est largement politique – et corriger une erreur mène à une meilleure science mais pourrait affaiblir un succès politique”.

Les académies, à l'image de l'Académie des sciences des États-Unis, ou de la *Royal Society*, devraient éditer des revues scientifiques, sous leurs sceaux, indépendamment des « grands éditeurs » commerciaux, garantissant une impartialité, une grande rigueur scientifique et une indépendance par rapport aux lobbies économiques et idéologiques. Il est du rôle des États, notamment de la France, de donner les moyens à cette fin. Il en va de la crédibilité de la recherche scientifique et technologique. Les efforts récents de l'Académie d'agriculture sous l'impulsion de Hervé This vont dans ce sens.

Les sujets évoqués ici, comme beaucoup d'autres, donnent parfois lieu à d'étranges déclarations. On constate, par exemple, que, dans nos sociétés émergent des discours discutables de la part d'experts « auto-proclamés », souvent technophobes et parfois antihumanistes, dont les dires et les écrits sont relayés par les médias. Ils sont aussi souvent irrationnels, et se réfèrent à une éthique pas toujours bien explicitée et parfois sulfureuse. Complété par une obsession sécuritaire, guidée par des peurs bien entretenues, nous en arrivons à des principes de « non-action ». De façon plus subtile, des « études » sont aussi citées confortant des thèses alarmistes ou inversement d'autres, mettant en cause des idées bien ancrées, sont ignorées, sans que la possibilité soit donnée de juger du *degré de confiance* à leur accorder. Il en est de même pour des publications subrepticement éditées par des auteurs peu scrupuleux défendant des intérêts privés, comme on vient de le voir. Nous touchons là à une grande difficulté liée à la nature de la démarche scientifique : elle fait beaucoup appel à la discussion, à la controverse, le doute est omniprésent. Les termes doivent être rigoureux, on ne dit pas n'importe quoi, n'importe comment, n'importe où, et l'indépendance face aux intérêts partisans est la règle. La publication scientifique est théoriquement un gage de qualité qu'il faut protéger afin qu'elle soit digne de *confiance*. Néanmoins la crainte de voir son jugement biaisé par des a priori est constante.

Mais quelle est la portée d'un argumentaire scientifique face à ceux largement diffusés et souvent simplistes à propos de technologies et de pratiques supposées dangereuses ou contraires à une éthique pas toujours bien explicitée ? On se doit d'y répondre, c'est ce que nous faisons, mais quelle est la portée de nos réponses ? Tout cela est-il nouveau ? Et après tout que cherchons nous : à nous faire plaisir ? à donner un point de vue ? à conseiller utilement le monde politique et ses institutions ? à éclairer les citoyens et parfois nous-mêmes ?

A ce sujet, il est utile de reprendre une citation de Henri Poincaré :

*« Il est clair que les savants, comme tous les citoyens, doivent s'intéresser aux affaires de leur pays. Dès qu'ils ont lieu de penser que leur intervention peut servir utilement les intérêts de la nation, il faut qu'ils sacrifient tout à ce devoir. »*

*Ont-ils à cet égard des obligations spéciales qui n'incomberaient pas aux autres citoyens ? Doivent-ils plus que les autres à la Chose Publique ? Oui, s'ils peuvent lui être plus utiles ; et ils peuvent lui être plus utiles si leur voix a plus de chance d'être écoutée. Mais y a-t-il des*

*raisons pour qu'elles le soient ? Le langage de la passion est le seul que la foule comprenne et ce langage n'est pas le leur. »<sup>10</sup>*

La connaissance scientifique, construite selon des règles évoquées ci-dessus, est un des moyens, peut-être le plus important, pour forger les instruments de compréhension du monde et d'action sur ce monde.



Portrait de Henri Poincaré par Eugène Pirou  
(1890)

Au passage, rendons lui grâce, il ne s'est pas contenté d'être un des plus grands mathématiciens de tous les temps, il a aussi mené des réflexions philosophiques d'un grand intérêt et s'est impliqué dans des « problèmes de société ». Il est étonnant de constater qu'il ait été longtemps, sinon ignoré, du moins qu'il n'ait pas recueilli la considération qu'il méritait, notamment en France, même parmi les mathématiciens. Ce n'est plus le cas, fort heureusement<sup>11</sup>.

### *Croyance versus confiance*

On peut ajouter que la *croyance* est un mécanisme lourd, imprimant des certitudes difficiles à mettre en doute, et quand on le fait, c'est au prix d'un effort énorme. Tout un chacun qui s'y est risqué peut en témoigner. Disons-le déjà, la croyance est l'expression d'une dimension plutôt religieuse. Elle s'installe souvent sur un fond d'ignorance et de paresse intellectuelle : il est plus facile de croire que d'analyser et de synthétiser. Il est parfois plus aisé d'imposer le « croire » aux dépens du « convaincre ». Cependant dans ses formes les plus raffinées, elle n'exclut pas le doute ; ce doute est sinon autorisé, du moins toléré, dans certaines religions installées. Dans le contexte présent, nous l'entendons au sens premier, celui d'un absolu indiscutable, la foi du charbonnier insufflée par des prédicateurs de tous poils.

---

<sup>10</sup> Henri Poincaré, Sur la participation des savants à la politique, *Revue politique et littéraire* (Revue bleue), 5<sup>e</sup> série, 1, 1904, p. 708.

<sup>11</sup> Cf., par exemple :

Charpentier E., Ghys E., Lesne A., l'héritage scientifique de Poincaré, Belin, Paris, 2006, 424p.

Coutellec L., Schmid A.-F., Modélisation, simulation, expérience de pensée : la création d'un espace épistémologique. Regards à partir des œuvres de Vernadsky et de Poincaré. Modéliser & simuler, dir. Varenne F., Silberstein M., Dutreuil S., Huneman P., Tome 2. Éditions Matériologiques, 2014, p. 21-47.

Dans ce deuxième ouvrage, Poincaré est de loin l'auteur le plus cité.

Elle est donc à distinguer de la *confiance*, par exemple, quand une opinion est émise par un « grand savant », connu pour ses compétences et son humanisme, on a tendance à lui faire confiance. C'est, par exemple, l'interprétation de Laurent Rollet sur l'expertise du groupe d'experts, constitué de Henri Poincaré, de Paul Appell et de Gaston Darboux, tous trois éminents mathématiciens, qui ont démolé la méthodologie mise au point et utilisée par Alphonse Bertillon pour « démontrer » que le « bordereau », pièce majeure de l'accusation contre Alfred Dreyfus, aurait bien été écrit par ce dernier<sup>12</sup>. Les savants en question avaient sûrement d'autres priorités, mais ils se sont mobilisés avec leur savoir, leurs compétences et leur intelligence, mettant en œuvre les techniques les plus récentes à l'époque. Le tout a fait l'objet d'un rapport de 100 pages<sup>13</sup>. Il n'en demeure pas moins, selon Laurent Rollet, que c'est surtout la notoriété de ces scientifiques qui a pesé plus que le contenu du rapport lui-même. De toute façon, un point final a été mis à ce procès inique. Cela étant, le rapport existe et tout un chacun peut l'analyser et le critiquer. Un siècle après, personne ne s'y est risqué ou alors aucun argument n'a été trouvé. On peut néanmoins supposer qu'étant donné l'ambiance à l'époque certains aient essayé. Notoriété bien sûr, mais aussi dossier solide.

Parmi les problèmes actuels, la contestation tous azimuts et *a priori* des nouveautés technologiques freine bien des progrès et pas qu'économiques. On s'aperçoit vite que beaucoup de ces contestations ne concernent pas l'objet principal, mais la mise en cause du « système » social et économique. Elle se fonde aussi sur une croyance : on n'y connaît rien en biologie, mais on est opposé aux OGM. Le cas du riz doré est illustratif de cet aveuglement idéologique. Développé par un organisme public, il apporte une solution à un problème grave de santé dans certaines populations, à savoir la carence en vitamine A. Les prédicateurs et inquisiteurs sont montés aux créneaux et la production de riz doré a été entravée. Il a fallu la mobilisation d'un grand nombre de scientifiques, dont beaucoup de Prix Nobel, pour médiatiser le problème. Inversement, les dossiers scientifiques doivent être solides, ce qui était d'ailleurs le cas pour cet OGM. Progressivement des agences gouvernementales labellisent ce riz<sup>14</sup>.

À ma connaissance, tous les textes élaborés et les avis rendus par les académies que je connais le mieux : l'Académie des technologies, l'Académie d'agriculture et l'Académie des sciences, sont fortement argumentés et solides. Peu ont été contestés sur le fond.

La nébuleuse de l'écologie, de celles et de ceux qui s'en revendiquent, est particulièrement concernée : une science sérieuse, nécessaire a été progressivement

---

<sup>12</sup> Laurent Rollet, Autour de l'affaire Dreyfus Henri Poincaré et l'action politique. *Revue historique*, 1997, 603, 49-101. La citation reprise ici, est d'ailleurs en en-tête de cet article.

<sup>13</sup> Poincaré H., Darboux G. et Appell P., 1908, Examen critique des divers systèmes ou études graphologiques auxquels a donné lieu le bordereau, in *Affaire Dreyfus. La révision du procès de Rennes. Enquête de la Chambre criminelle de la Cour de cassation, 5 mars – 19 novembre 1904*, tome 3 (Paris, Ligue des droits de l'homme), 500-600.

<sup>14</sup> C'est, par exemple, le cas de l'USFDA en mai 2018, signalé par notre confrère Dominique Job, après les agences équivalentes en Australie, en Nouvelle-Zélande et au Canada :

<https://allianceforscience.cornell.edu/blog/2018/05/us-fda-approves-golden-rice/>

dévoyée au bénéfice de slogans érigés en vérités scientifiques, ce qui a notamment conduit Christian Lévêque à se demander si l'écologie est encore scientifique<sup>15</sup>, alors qu'elle a tout pour l'être. On va examiner ce cas, qui n'est pas unique, mais sans doute le plus illustratif : Comment en est-on arrivés là ?

### *Les discours et les arrière-plans idéologiques, le cas des contestations écologistes et para-écologistes*

Pour qu'il n'y ait pas d'équivoque, il faut préciser que ce qui suit est issu d'une expérience individuelle et collective de longue date et de compétences dont on peut vérifier aisément les contours<sup>16</sup>. Un livre paru après la rédaction de ce texte développe l'argumentation dont quelques conclusions sont reprises ici. On y trouve aussi les références collectives, notamment académiques<sup>17</sup>.

En fait, on a vu se développer des discours alarmistes, voire apocalyptiques, souvent irrationnels. Complété par une obsession sécuritaire nous en sommes arrivés à un principe de « non-action ». En regardant d'un peu plus près, on constate que ces discours sont d'origines différentes et se revendiquent plus ou moins de l'écologie. Nous sommes devant un phénomène curieux, celui d'une discipline scientifique à partir de laquelle d'autres écologies se sont développées : politiques, religieuses, associatives, médiatiques, etc., ou plutôt que divers mouvements s'en revendiquent sans qu'on soit bien assuré que ceux qui les tiennent en ont une vision claire. Réciproquement, des courants écologistes ont bien formulé ou bien relayé des problèmes cruciaux, et des scientifiques reconnus utilisent ces vecteurs d'information ou même participent activement à certains d'entre eux.

Devant la diversité des sujets abordés, il faut rappeler que l'écologie est d'abord une science de la vie et une science de la complexité. Elle doit se penser dans un contexte évolutif. Pour éviter de se perdre dans ces dédales, il faut avoir une approche rigoureuse : définition stricte de ses concepts, de ses objets d'étude (populations, communautés, écosystèmes, ... , biosphère et surtout les interactions entre ces entités et leurs éléments), de ses méthodes, dont l'analyse des systèmes et la modélisation, de ses techniques d'expérimentation et d'observation, ainsi que des procédures d'évaluation scientifiques strictes<sup>18</sup>. Elle doit accepter une théorisation réfutable. Science de la vie, ses bases biologiques doivent être solides : son premier cercle de coopérations, et donc d'interdisciplinarité, est avec d'autres disciplines de ce secteur et, tant que de besoin, avec des disciplines d'autres secteurs : chimie, physique, mathématiques, sciences humaines et sociales, sans s'y diluer. Enfin, elle doit avoir des ambitions technologiques

---

<sup>15</sup> Lévêque C. (2013) L'écologie est-elle encore scientifique ? Ed. QUAE, Paris.

<sup>16</sup> Cf., par exemple le site : [alain-pave.fr](http://alain-pave.fr)

<sup>17</sup> Comprendre la biodiversité, Op. cit.

<sup>18</sup> Ces procédures sont rôdées et évitent grandement les erreurs, la publication de résultats faux, mais ne les suppriment pas. Par exemple, la « loi aire-espèces », déjà évoquée, pour estimer le nombre d'espèces supprimées lors de la destruction d'une aire donnée d'un écosystème aboutit des résultats faux : on surestime grandement ces disparitions.

en développant une ingénierie des systèmes écologiques. Cette écologie, l'écologie scientifique, existe, elle est solide, mais on entend beaucoup moins parler d'elle que des autres écologies.

Ainsi, en 2012, la déclaration des Académies des sciences de 15 pays, transmise au G8, concerne la mobilisation de la recherche sur 3 défis majeurs : (i) Concilier les besoins en eaux et en énergie, (ii) Construire la résilience aux événements extrêmes, (iii) Améliorer les connaissances sur les gaz à effet de serre. La question de la biodiversité a été oubliée, le mot n'apparaît même pas dans le texte, pas plus qu'écologie. Pourquoi ? Nous laissons au lecteur le soin d'imaginer des explications...<sup>19</sup>

Afin de préciser les choses, on trouvera en annexe une présentation de l'écologie scientifique justifiant un tel statut. Mais ce sont aux écologues d'en décider, or je pense que, comme d'habitude, ils font un autre choix.

Les autres écologies sont donc beaucoup plus audibles. Elles peuvent parfois utiliser des arguments scientifiques et même en revendiquer la démarche, mais parfois sans en avoir la rigueur. Ces écologies sont en partie mues par des préoccupations idéologiques. Autour de cette nébuleuse on trouve des mouvements divers, de défense des animaux, de végétariens, de végétalistes, de végans, allant jusqu'à des individus ou des groupes qui prônent l'eugénisme voire l'éradication d'Homo sapiens<sup>20</sup>. Leur caractéristique commune est plus de contraindre les humains que d'améliorer leur sort. Alors que l'écologie et ses thèmes principaux, comme la biodiversité, sont de grande importance, tout cela entraîne une grande confusion et une non moins grande dangerosité. Parmi les protagonistes, on peut soupçonner des mouvements fondamentalistes : le risque principal réside peut-être dans leurs influences et leur extension mondiale. En effet, le plus souvent leurs idées relèvent d'un néo-obscurantisme en s'opposant explicitement ou implicitement à la démarche scientifique. Dans les versions les plus affirmées on

---

<sup>19</sup> [http://www.academie-sciences.fr/pdf/communiqu/G8\\_2012.pdf](http://www.academie-sciences.fr/pdf/communiqu/G8_2012.pdf)

<sup>20</sup> Il suffit d'interroger internet en associant ces mots avec *écologie* (et ses dérivés), pour observer qu'elles sont nombreuses. La détermination des cooccurrences des mots dans les textes et plus généralement dans les discours est utile pour les interpréter. Le nombre élevé de cooccurrences observées indique une proximité de ces mouvements avec l'écologie (au sens pluriel du texte). Pour aller plus loin, il faudrait s'attaquer aux concordances et faire un véritable travail statistique et sociologique. Ce travail est du domaine de la linguistique quantitative, qui a bien progressé depuis la publication :

Thoiron P. et Pavé A. *Index et concordance pour "Alice's Adventures in Wonderland" de Lewis Carroll*. Ed. Champion-Slatkine, Genève, 1989.

Ce travail est un des éléments qui a permis à Philippe Thoiron de soulever quelques lièvres et de proposer une nouvelle lecture de cette œuvre remarquable. Ma contribution était méthodologique (informatique et statistique), cependant les discussions avec Philippe m'ont éclairé sur l'interprétation des textes en utilisant les occurrences et les concordances. J'en ai profité largement depuis.

*Pour en revenir à nos moutons, prenons le paradigme astronomique, on pourrait voir les écologies comme un « centre galactique » qui attire ces mouvements. Il ne faut cependant pas penser qu'ils forment un groupe homogène, les végétariens et autres partisans de régimes végétaux n'ont rien à voir avec ceux qui prônent l'éradication des humains ! De même, les écologues ne souscrivent pas, dans leur immense majorité, aux idéologies sous-jacentes.*



trouve des créationnistes patentés et des confessions qui nient l'évolution biologique, incluant la création divine dans leur dogme et persistant à vouloir lui donner le statut de vérité absolue. La présenter comme une alternative à l'évolution dans les enseignements scolaires et universitaires est une de leurs principales revendications.

Prenons quelques autres exemples. Tout d'abord, les mouvements animalistes comme PETA (*People for an Ethical Treatment of Animals*), sa version française ou son avatar L214, dont la communauté scientifique a pu mesurer l'influence à propos des animaux de laboratoire. Il n'y a pas que cela, tout ce qui relève de la « *Deep Ecology* » pose problème. Ces mouvements sont parfois violents, ou dans des versions plus douces entraînent des gens de bonne foi<sup>21</sup>. Quoiqu'il en soit ces mouvements et idéologies sont pour la plupart antihumanistes<sup>22</sup>.

À ce sujet on peut citer une histoire et une anecdote :

L'*histoire* a été largement diffusée au niveau mondial, il s'agit de celle de Chico Mendès, dans les années 1980, un séringuéro brésilien de l'État d'Acre, qui se battait contre la déforestation, non pas d'abord pour des raisons écologiques, mais tout simplement parce que la forêt fournit les ressources permettant à ces communautés de vivre. Des mouvements écologistes états-uniens l'ont propulsé au premier plan de la scène mondiale, il est même intervenu à l'ONU, jusqu'à ce que ces mouvements s'aperçoivent que Chico Mendès défendait la forêt d'abord pour les gens qui y vivent et en vivent, et non pas comme entité écologique plus ou moins sanctifiée. De son côté, Chico Mendès, lui, se rendit compte qu'il était instrumentalisé pour défendre une cause, celle de la forêt en tant que telle. Parfaitement défendable par ailleurs, cette cause n'étant pas exactement la sienne, il est alors rentré au Brésil où il a été assassiné. Cependant, sa notoriété était grande. Événement exceptionnel à l'époque, les commanditaires ont été arrêtés, jugés et lourdement condamnés.

L'*anecdote* est aussi révélatrice. Le 12 septembre 2017, une émission de France Culture a été organisée pour parler d'Amazonie à propos d'une décision du président de l'époque du Brésil de déclassifier une réserve naturelle, la Renca (*Reserva Nacional do Cobre e Associados*), d'une superficie équivalente à la Suisse (env. 41 000 km<sup>2</sup>). Le but était de permettre l'exploitation minière de cette zone. L'émission a débuté par un extrait sonore datant de 1989, au contenu catastrophiste : l'Amazonie est au bord du

---

<sup>21</sup> On peut citer :

- Deborah Rudacille, *The scalpel and the Butterfly*, Macmillan e-book, 2015.
- *Holy Cows: how PETA twists religion to push animal « rights »*, The Center for Consumer Freedom, 2017.
- Barnhill D.M., Gottlieb R.S., *Deep Ecology and World Religions, New Essays on Sacred Grounds*, State University of New York, 2001

Et pour les incidences au niveau des laboratoires :

- André Buatois (dir), *Entre l'homme et l'animal, le rituel de Circé*. Les Editions Persée, 2015. Ouvrage très axé sur les problèmes rencontrés par la recherche scientifique et comment elle y répond.

<sup>22</sup> Jean-Pierre Digard, *L'animalisme est un antihumanisme*, CNRS éditions, 2018.

désastre et même c'est quasiment trop tard<sup>23</sup>. Presque 20 ans après, elle est toujours là, un peu plus entamée, mais encore largement existante et... vivante. Le discours est néanmoins réitéré par la plupart des membres d'associations de protection de la nature, par beaucoup de médias et même par certains scientifiques. Un collègue botaniste et écologue était également interviewé, son discours était très raisonnable, mais l'on n'a guère parlé de la Renca. Cependant, on ne peut pas en tenir rigueur au journaliste. Juste à la fin, le problème a pu être brièvement rappelé en soulignant que c'est bien de parler de l'écosystème, mais aussi des populations qui l'habitent. Fort heureusement, face à la pression internationale, le Président du Brésil est revenu sur sa décision. J'ai eu d'autres expériences plus récentes et franchement désastreuses à propos d'incendies en Amazonie, ou, encore une fois, je souhaitais parler des habitants, sans pour autant négliger les aspects écologiques, trois quarts d'heure d'interview, trois minutes à l'antenne ! Le militantisme est aussi dans les organes de presse.

Revenons au cas français : c'est bien aussi d'évoquer la campagne, la « nature », les écosystèmes mais plus encore de se préoccuper de ceux qui y vivent et qui en vivent. D'autant plus qu'on peut allier les deux en évitant notamment que les terres deviennent des objets de spéculation financière, qu'elles se dépeuplent, en se préoccupant en particulier des agriculteurs et des éleveurs, tout d'abord en les écoutant<sup>24</sup>.

En fait, il n'y a pas de réponse bien claire du milieu de la recherche scientifique sur ces sujets, même si le positionnement académique va dans ce sens. Il nous revient aussi d'actionner le relai médiatique, avec les journalistes les mieux disposés.

### *La nécessaire coopération entre disciplines*

La *démarche scientifique* n'est pas fermée, elle évolue constamment. Ce caractère évolutif ajoute à la confiance qu'on peut avoir dans cette démarche, ce qui la distingue de la croyance, par essence même figée ou du moins peu évolutive. Cette démarche n'est pas incompatible avec des formes de croyance, par ailleurs, ou avec toute autre catégorie intellectuelle. En cas de problème, il faut souvent en rechercher la cause dans la confusion des genres, et alors, soit les considérer indépendamment, soit les faire coopérer.

Dans le même ordre d'idée et en nous cantonnant au champ scientifique, nous savons maintenant que de nombreuses questions ne peuvent être résolues, ni même abordées, voire tout simplement énoncées, que dans un contexte pluridisciplinaire et une pratique interdisciplinaire, voire transdisciplinaires.

À ce propos, trois idées, non encore démenties, sont à mettre en avant :

(1) L'interdisciplinarité nécessite de s'appuyer sur des compétences disciplinaires solides, la pluridisciplinarité est une condition nécessaire, mais pas suffisante.

---

<sup>23</sup> <https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/foret-amazonienne-bout-de-souffle>

<sup>24</sup> Des associations sont très actives, comme le *Comité Central Agricole de la Sologne*, qui invite des scientifiques à ses débats.

(2) L'interdisciplinarité et la transdisciplinarité sont des pratiques collectives, mais qui demandent de compléter les cultures individuelles de ceux qui les mettent en œuvre.

(3) L'exercice n'est pas forcément démocratique. Dans la constitution d'un groupe devant pratiquer un travail interdisciplinaire, certaines disciplines peuvent n'être représentées que par une ou un scientifique, d'autres pas.

Depuis les années 1970 la communauté scientifique s'y attèle, il faut que le système de recherche continue à s'y adapter, ainsi que les académies.

Dans les choix des sujets de recherche, il ne faut pas oublier que l'attente sociale ne se réduit pas à attendre des solutions concrètes, mais également au désir de connaissance. C'est ce qu'a démontré une enquête de la revue *Nature*, il n'y a pas si longtemps... Sinon comment expliquer le succès de l'astrophysique, de l'astronomie, et de la physique des particules, et même, de sa formalisation : la mécanique quantique.

Pour ce qui est des médias, la critique doit être pondérée. Si les médias sont souvent en faveur des discours dits « écologistes », ce n'est pas toujours le cas. Ainsi note-t-on que certains articles de journaux peuvent adopter des tons moqueurs... Par exemple, celui de *Libération* sur le célèbre Pique-prune, intitulé « Le pique-prune héros de ces bois ».<sup>25</sup>

### *Connaissance et illusion de la connaissance*

Dans ce contexte, *connaissance* est pris au sens du savoir scientifique. Ce savoir résulte d'un apprentissage ou d'une activité propre de recherche ; il s'exprime de diverses façons : langage naturel, formules, dessins, etc. Il est validé par des procédures rigoureuses. Quand il est exprimé par un savant, ou un collectif de savants, comme des membres d'une académie, on peut lui accorder une certaine confiance.

*Errare humanum est*, même les plus savants peuvent se tromper, mais le risque est d'autant plus faible que les connaissances en question sont énoncées par plusieurs personnes du niveau de confiance le plus élevé, par exemple un groupe d'académiciens ou d'experts reconnus.

*Ego sum, qui novit* est une manifestation de l'ego. On peut être savant, on peut quand même se tromper surtout si l'on exprime un avis hors de son champ de compétences, cela arrive parfois quand on fait acte d'autorité pour imposer ce qui n'est qu'une intuition, qu'une opinion, qu'un sentiment.

Nous pouvons aussi employer des termes tellement globalisant qu'ils en deviennent flous, et ce n'est pas nouveau. C'est, par exemple, le cas du mot *nature*, qui recouvre une entité, souvent idéalisée et le plus souvent perçue comme positive. Et pourtant, dans notre esprit, elle n'en reste pas moins évanescence, comme le disait Condorcet : « *La nature est un de ces mots dont on se sert d'autant plus souvent que ceux qui les entendent*

---

<sup>25</sup> *Libération* du 20/09/2010 (Alexandre Stobinsky) :

<http://www.liberation.fr/societe/01012291095-le-pique-prune-heros-de-ces-bois>

*ou qui les prononcent y attachent plus rarement une idée précise*»<sup>26</sup>. De fait, la biodiversité hérite de cette vision plutôt vague de la nature.

Il arrive aussi que ceux qui veulent asseoir leurs affirmations donnent à ceux qu'ils citent des qualités qu'ils n'ont pas. Par exemple, Paul Ralph Ehrlich est un honorable scientifique contemporain, professeur à Stanford, qui défend l'hypothèse de la « 6<sup>e</sup> grande extinction ». Or, on peut trouver sur un site internet plutôt militant : « L'équation est simple. Nous sommes dépendants de notre environnement. Détruire notre écosystème, c'est saccager la chaîne naturelle qui soutient notre propre survie. *“En poussant les autres espèces à l'extinction, l'homme est en train de scier la branche sur laquelle il est assis”*, explique Paul Ehrlich, prix Nobel de médecine<sup>27</sup>. » De fait, il y a confusion avec Paul Ehrlich, prix Nobel de Médecine en 1908, pour ses travaux sur l'hématologie et l'immunologie (d'ailleurs Wikipédia signale le danger de cette confusion). Par ailleurs, on ne compte pas les citations attribuées à Albert Einstein, même sur ces sujets !

Bien sûr il arrive à certains d'entre nous de nous exprimer sur la base de notre culture scientifique hors du champ de notre compétence, mais nous le faisons avec grande précaution. Ce n'est pas parce que j'ai pratiqué la plongée sous-marine, ou même que j'ai écrit un chapitre d'un ouvrage d'océanographie que je suis un spécialiste du monde marin<sup>28</sup> !

Enfin, il y a les experts autoproclamés, déjà évoqués, qui peuvent faire illusion, tant ils parlent bien. Ces experts fleurissent dans les jardins de nombreuses associations de « protection de la nature ». Leurs discours sont souvent de bons exemples d'illusion de la connaissance. Pondérons quand-même notre propos, des amateurs éclairés existent plusieurs domaines, par exemple en astronomie ou dans certaines sciences de la nature, les cas des mycologues, des ornithologues ou des entomologistes sont bien connus : des « amateurs » peuvent avoir de grandes compétences dont il faut tenir compte, mais à l'image des scientifiques, ils s'expriment le plus souvent prudemment.

*Conclusion : la passion l'emporte souvent sur la raison, est-ce perdu pour autant ?*

On reste confondu par l'audience des discours diffusés par ces mouvements et certaines ONG. Ainsi parle-t-on plus des rapports du WWF et de l'UICN, des positions parfois tempétueuses de Greenpeace, que des publications et positions des Académies. Il suffit qu'un vague gourou prône le véganisme pour devenir un personnage médiatique, ou qu'un autre mette en doute l'un des plus grands progrès de l'histoire de l'humanité, à

---

<sup>26</sup> Éloge de Théodore Tronchin par Condorcet, Histoire de l'Académie Royale des Sciences, 1784, 103-114. Reprise dans les « Œuvres Complètes de Condorcet », [ed. par M.L.S. Caritat et autres], 1804, p. 217.

<sup>27</sup> <http://www.inrees.com/articles/espece-humaine-extinction/>

J'ai laissé l'anglicisme médecine tel quel...

<sup>28</sup> Pavé A. Modeling in Contemporary Sciences. Efficiency and limits. Example from Oceanography. In « Tools for Oceanography and Ecosystemic Modeling » (Ed. Monaco A and Prouzer P.), ISTE, 2016, 313-335

savoir la vaccination, pour convaincre un public significatif de ne plus y avoir recours. On met en avant des publications douteuses, critiquées par la grande majorité des scientifiques, et ce sont ces publications qui emportent l'adhésion, il suffit de crier assez fort. Oui, Poincaré était dans le vrai, et nous en sommes toujours là. Ces attaques ont pour effet une perte de confiance dans la démarche scientifique au bénéfice de croyances dans des dogmes assésés ; comme il arrive souvent, la *réitération de l'argument* fait alors office de preuve :

« *Le bon coin pour le Snark ! Je vous l'ai dit deux fois : Cela devrait suffire à vous encourager.*  
*Le bon coin pour le Snark ! Je vous l'ai dit trois fois : Ce que je dis trois fois est absolument vrai. »*

**Lewis Carroll**, *La Chasse au Snark*

S'il y a un combat à mener, c'est encore celui de la raison, mais aussi de gagner la confiance pour éviter que ce ne soit que la croyance qui détermine les opinions. Certains courants religieux ont grandement évolué, mais d'autres ont émergé revitalisant la soumission implicite aux paroles des despotes et des prédicateurs où les passions tristes l'emportent souvent sur les passions joyeuses. De plus, la plupart des discours des « écologies » non scientifiques et des mouvements qui les accompagnent, remuent des passions tristes. On pourrait être pessimiste et penser que c'est définitivement perdu, mais c'est ignorer les extraordinaires progrès enregistrés ces trois derniers siècles. Il faut donc continuer opiniâtrement, valoriser les démarches scientifiques, faire avancer l'adhésion à la raison, donner plus de crédit à la confiance plutôt qu'à la croyance, activer les passions joyeuses plutôt que les passions tristes, se demander pourquoi les écologies nous promettent l'enfer alors qu'elles devraient nous dessiner le paradis.

Il serait intéressant de faire ou de réactiver une étude sociologique du monde scientifique lui-même. Un exemple est constitué par les résultats d'une étude récente portant sur les publications jugées importantes par la communauté des écologues. Plutôt que de se contenter d'une approche statistique sur le nombre de publications et de citations, les auteurs ont complété par une enquête qu'on peut qualifier de sociologique en interviewant un panel international d'écologues. Les résultats obtenus sont faiblement corrélés à ceux de la simple statistique et, de ce fait, relativise l'hystérique recours aux indices divers basés sur les nombres de publications<sup>29</sup>, que ce soit pour évaluer des chercheurs à titre personnel que collectif ou pire encore pour promouvoir, voire imposer, des politiques de recherche<sup>30</sup>. Nous avons suivi une démarche analogue, fin des années 1990 pour les recherches sur l'environnement<sup>31</sup>.

---

<sup>29</sup> Courchamp F. et Bradshaw C. J. A., 100 articles every ecologist should read. *Nature Ecology & Evolution*, Nature & Evolution, 2017.

<sup>30</sup> Vincent de Gaulejac, *La recherche malade du management*. Editions Quae, Paris, 2012.

<sup>31</sup> Pavé A., Courtet C., Volatier J-L. Environnement : comment la communauté scientifique voit les problèmes. *Courrier de l'Environnement*, INRA, 34, 109-114, 1998.

Pavé A., Courtet C., Volatier J.L. - Environnement : Mille chercheurs hiérarchisent les urgences. *La Recherche*, Février, 306, 30-31, 1998.

Enfin, il faut prêter une grande attention à l'enseignement de la méthode scientifique en elle-même.

En restant à l'écoute de nos concitoyens, donnons-nous le temps qu'il faut à ces fins.

## Annexe

### L'écologie est-elle une discipline scientifique ? <sup>32</sup>

Il s'avère que l'écologie, exposée à la confusion avec des courants politiques et idéologiques, n'est pas toujours perçue comme une discipline scientifique, même par les milieux de la recherche. De plus, elle a recours, plus que d'autres, à une batterie de concepts, de méthodes et de techniques empruntés à d'autres champs scientifiques. Enfin, elle est souvent confrontée à des problèmes exigeant une approche interdisciplinaire. La question est quelquefois clairement posée et les chercheurs qui relèvent de ce secteur ont longtemps pensé avoir des difficultés à se faire entendre.

#### Le constat

On retiendra d'abord les faits suivants :

1. L'écologie a des **objets** d'étude parfaitement définis : les systèmes vivants des niveaux d'organisation supérieurs à l'organisme (populations, communautés et écosystèmes, biomes, voire biosphère)
2. Elle développe ses propres **méthodes et dispositifs**, par exemple pour les études de terrain ou expérimentales : stations, comme les Nouragues, Zones Ateliers, Ecotron(s), Centre d'écotoxicologie de Rovaltain, LTER (Long Terme Ecological Research, USA), etc.
3. Elle s'est dotée de **paradigmes** fondamentaux (au sens de Kuhn<sup>33</sup>) :
  - (i.) L'importance des interactions entre systèmes vivants différents dans les structures et dynamiques observées (interindividuels : de la même espèce dans les populations, d'espèces différentes dans les communautés ; exemples des interactions prédateurs - proies, hôtes-parasites, de la compétition inter - individuelle) ;
  - (ii.) La nécessité d'inclure les relations entre les systèmes vivants et les composantes géo-physico-chimiques de leur milieu ;
  - (iii.) L'approche système, centrale en écologie se déduit de ce qui précède : au sein d'un système écologique on est amené à analyser des relations , d'une part entre des composantes vivantes, et, d'autre part, entre le vivant et le non vivant ;
  - (iv.) La prise en compte des dynamiques géo-physico-chimiques au niveau des écosystèmes (par exemple des évolutions climatiques)
  - (v.) Elle aborde des « grandes questions », notamment celles de la biodiversité et des cycles bio-géo-chimiques à différentes échelles de temps et d'espace.
  - (vi.) Elle mène des discussions internes sur les paradigmes. Par exemple, elle s'interroge aujourd'hui sur les limites de la vision mécaniste et systémique de « super organisme » des écosystèmes, implicite dans la définition donnée par Tansley en 1935 et développée par les frères Odum dans les années 1950, puis reprise dans l'hypothèse de Gaïa (Lovelock et Margulis, 1974)<sup>34</sup>. Ce type de représentation s'appuie

---

<sup>32</sup> Cette note a primitivement été rédigée pour une rencontre entre le CNRS et l'Académie des Sciences. On ne s'étonnera donc pas des multiples références à cet organisme tout en soulignant que l'écologie est aussi l'affaire d'autres instituts comme l'INRAE, l'Ifremer, l'IRD, le MNHN et bien sûr le monde universitaire. La première version est datée du 25 janvier 2012.

<sup>33</sup> Kuhn T.S. *La structure des révolutions scientifiques*. Traduction Laurence Meyer. Flammarion, Paris, 2008.

<sup>34</sup> Cette représentation est directement issue de la vision cosmologique des grecs anciens dans la filiation de la pensée de Parménide (ontologique et vision ordonnée du monde) en opposition à celle d'Héraclite (chaos et tensions ente les contraintes, l'ordre est épistémologique, c'est celui que nous créons). En fait, la représentation écosystémique qui se construit actuellement est celle d'un système hautement stochastique mais où des structures existent à cause des

sur une vision « métabolique » et déterministe (provenant de l'écologie fonctionnelle et modélisables en termes de systèmes à compartiments). Le concept de niche écologique participe aussi à cette vision. Or les *aspects stochastiques* semblent importants sinon essentiels pour expliquer les structures et dynamiques « naturelles ». C'est le cas de la théorie neutraliste de la biodiversité (Stephen Hubbell, 2001)<sup>35</sup>. Même si celle-ci doit être relativisée, elle sert de repère et constitue une étape pour aboutir à l'idée d'une théorie synthétique de la biodiversité, par exemple en la complétant par une expression modernisée de la théorie de la niche (filtrage environnemental : Chave et al (2004, 2006)<sup>36</sup>, Jabot et al., (2008)<sup>37</sup>, Pavé (2006, 2007<sup>1</sup> et 2, 2010, 2011,...)<sup>38</sup>). Progressivement émerge aussi une vision intégrée du monde vivant.

4. On peut définir des « sous-disciplines » ou spécialités :

- (i.) Biologie des populations
- (ii.) Génétique des populations
- (iii.) Écologie fonctionnelle
- (iv.) Écologie chimique
- (v.) Écologie évolutive
- (vi.) Écophysiologie : qui définit implicitement la frontière entre d'une part la physiologie et la biologie des organismes et, d'autre part, les populations et les niveaux d'ordre supérieurs
- (vii.) Écotoxicologie
- (viii.) Écologie globale (écologie au niveau de la biosphère)

...

5. Elle est *théorisée et modélisée*, c'est même l'une des disciplines des sciences du vivant les plus formalisées, sans doute parce que l'étude de terrain est difficile et demande donc de se doter d'un cadre théorique solide :

- (i.) Modèles déjà anciens de la démographie et de la dynamique des populations : exemple du modèle logistique de Pierre-François Verhulst, 1838, 1842 et 1844, réinventé (ou repris ?)<sup>39</sup> par Pearl dans les années 1920,
- (ii.) Modèles de la génétique des populations et évolutives (Fisher, Malécot, Tessier, etc.)

---

contraintes (filtrage environnemental et notion de niche) et de l'histoire de ce système. Vision proche de celle d'Héraclite, mais avec un ordre diffus et changeant au cours du temps : à la représentation en terme de système devrait se substituer celle de réseau ou de tissu (cf. plus loin dans le texte).

<sup>35</sup> Hubbell S.P. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton Univ. Press, 2001

<sup>36</sup> Chave J. (2004). Neutral theory and community ecology. *Ecology letters*, 7, 241-253.

Chave J., Alonso D., Etienne R. S. (2006). Comparing models of species abundance. *Nature*, 441, E1

<sup>37</sup> Jabot F., Chave J. Inferring the parameters of the neutral theory of biodiversity using phylogenetic information and implications for tropical forests. *Ecology letters*, 2008, 12 : 1-10

<sup>38</sup> Pavé A. By way of introduction : Modelling Living Systems, their diversity and their complexity. Some Methodological and Theoretical Problems. *C.R. – Biologies*, 329 : 1, 2006, 3-12.

Pavé A. La nécessité du hasard – Vers une théorie synthétique de la biodiversité. EDP-Sciences, 2007, 192p.

Pavé A. Necessity of chance: biological roulettes and biodiversity. *CR-Biologies* 330 : 3, 2007, 189-198.

Pavé A. *On the Origins and Dynamics of Biodiversity : the Role of Chance*. Springer, New-York, 2010.

<sup>39</sup> Verhulst P.F. Recherche mathématique sur la loi d'accroissement de la population. *C.R. de l'Acad. Royale de Belgique*, XVIII, 1-32 (1844).



- (iii.) Modèles d'interactions (Lotka, Volterra, etc.)
- (iv.) Modèles de flux de matière et d'énergie (écologie fonctionnelle)
- (v.) Développement d'outils statistiques spécifiques (exemple d'ADE : analyse des données écologiques ayant donné lieu à un logiciel spécifique, Chessel, Thioulouse et al., développée depuis une vingtaine d'années)
- (vi.) Dans les approches expérimentales, le concept *d'expérience guidée par le modèle* est de plus en plus adopté<sup>40</sup>.

On notera que l'école française s'est illustrée au début, courant des années 1920 et 1930, notamment sous l'influence de Georges Tessier au point que deux auteurs anglo-saxons ont publié en 1978 un ouvrage rendant hommage à ces travaux pionniers<sup>41</sup>. Elle s'est à nouveau développée à partir des années 1980 (en mentionnant néanmoins les célèbres travaux théoriques en génétique des populations de Gustave Malécot<sup>42</sup>). Depuis une quarantaine d'années, on notera le rôle pionnier joué par *l'école lyonnaise de Biométrie* : analyse des données écologiques, modélisation, bioinformatique.

Une anecdote : modélisation et analyse des dynamiques intracellulaires des ARN<sup>43</sup>.

Fin des années 1970, la dynamique intracellulaire de macromolécules, notamment des ARN, aujourd'hui au premier plan de l'actualité, a été représentée par un modèle issu de l'écologie théorique, le modèle de Volterra-Kostitzin (VK), démarche non standard d'appliquer à la biologie moléculaire triomphante un modèle de l'écologie plutôt méprisée à l'époque. Une autre solution aurait été d'élaborer un modèle *de novo* à partir de modèles élémentaires de la biochimie, mais aurait bien plus gros et compliqué ; en fait il aurait été inexploitable. L'utilisation du modèle VK pour analyser les données expérimentales obtenues sur les cellules de la glande séricigène du ver à soie (*Bombyx mori*) a montré que cette dynamique est principalement pilotée par les processus de dégradation et non par la synthèse, résultat obtenu ensuite sur d'autres « modèles » cellulaires, puis que la sélection variétale jouait sur « l'affinité » pour les ARN, augmentée de ces processus de dégradation pour leur cible. Enfin, les progrès méthodologiques ont non seulement concerné le choix du modèle mais, sa nature, une équation intégro-différentielle sans solution explicite, a nécessité l'utilisation et l'adaptation de méthodes d'identification (i.e. estimations des paramètres) originales. Enfin les comparaisons entre estimations provenant de dynamiques différentes ont été basées sur des modèles statistiques habituellement utilisés en agronomie, en biomédecine ou en écologie, en gros sur le fonds de commerce des biométriciens. Enfin, le modèle VK pourrait être à nouveau utilisé pour décrire la démographie humaine avec les prévisions de diminution de cette démographie encore hypothétique mais vraisemblable.

### Ecosystème ou écoréseau ?

Revenons sur *l'approche système*, couplée à la modélisation très utilisée et utile. Cette approche est d'une grande efficacité dans l'étude des flux biogéochimiques. En revanche, quand on s'en écarte, elle fait supposer un ordre, une auto-organisation et de proche en proche à voir un écosystème comme un super organisme, alors que c'est plutôt le désordre que l'on observe dans la distribution naturelle des individus. Cette vision héritée du cosmos des grecs, est renforcée par l'ordre des forêts de nos pays, alors que cet ordre est essentiellement d'origine anthropique

<sup>40</sup> C'est, par exemple, un point clé du projet scientifique de la plate-forme d'écotoxicologie et de toxicologie environnementale de Rovaltain, qui devrait être un des plus grands centres internationaux sur le sujet.

<sup>41</sup> Scudo F.M. et Ziegler J.R. - *The Golden Age of Theoretical Ecology : 1923-1940*. Lect. Notes in Biomathematics, Springer-Verlag, 1978.

<sup>42</sup> Cf., l'hommage qui lui a été rendu dans la revue « Genetics » : <http://www.genetics.org/content/152/2/477.full> et son célèbre ouvrage « Les mathématiques de l'hérédité » (Masson, Paris, 1948), traduit en anglais : *The Mathematics of Heredity* (Freeman, San Francisco, 1969).

<sup>43</sup> Chassé J.L., Legay J.M. et Pavé A. - Le modèle de Volterra-Kostitzin en dynamique des populations, ajustement et interprétation des paramètres. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 9, 425-441, 1977.

Pavé A. - Dynamics of Macromolecular populations : a Mathematical Model of the Quantitative Changes of RNA in the silk gland during the last larval instar. *Biochimie*, 61, 263-273, 1979.

ou, quand il est observé ailleurs et rarement, imposée par des conditions géophysiques et bioclimatique drastiques du milieu.

Plutôt qu'un système « en boîtes et flèches », si l'on introduit la distribution spatiale des individus, et si cette distribution n'est pas imposée par l'homme, un *écosystème* est un plutôt un réseau, avec une répartition principalement aléatoire, modulée par les conditions locales du milieu. Des relations écologiques sont aussi locales et conjoncturelles, leur ensemble forme un réseau d'interactions temporaire qu'on pourrait baptiser un « *écolome* ». Ainsi, plutôt que de parler d'*auto-organisation* pourrait-on de préférence parler d'*auto-désorganisation*, dans la mesure où ce sont des processus biologiques et écologiques qui sont à la base de ces structures aléatoires et que ces structures sont des facteurs de *résilience*. Et pourquoi ne pas parler plutôt d'*écoréseau* ou d'*écotissu* que d'écosystème. Les forêts intertropicales humides sont les exemples les plus marquants avec comme conséquence le maintien à long terme de leur biodiversité. Sans un brassage continu, ces forêts s'appauvriraient spontanément.

En parcourant la planète, en survolant des forêts intertropicales et en y pénétrant, par exemple en Amazonie, on observe que celles-ci sont très diversifiées et très désordonnées. Impression confortée par les résultats le plus souvent négatifs ou faiblement significatifs des analyses statistiques visant à mettre en évidence des structures spatiales et, quand elles sont positives, des facteurs immédiatement visibles, le plus souvent environnementaux ou anthropiques, peuvent les expliquer, par exemple la nature des sols, l'éclairement, la pluviométrie locale, parfois les traces de modifications plus ou moins anciennes dues aux humains. Cependant, lorsqu'une parcelle forestière est perturbée, se met en place une véritable succession de végétaux avant de revenir à une structure ressemblant à celle des parcelles voisines au bout d'un temps assez long : grande diversité, grand mélange et désordre apparent. Brièvement, la succession est la suivante : une génération d'arbres héliophiles (aimant la lumière, typiquement en Amazonie des arbres du genre *Cecropia*) suivie de la croissance d'arbres ombrophiles, ceux qui constituent l'essentiel du peuplement et dont le début de croissance ne peut se faire qu'à l'ombre. Dans la durée, on passe alors d'une structure quasi mono-spécifique à un mélange hétérogène. Mais alors où serait ce hasard ou ce chaos, responsable de la répartition erratique des arbres ? En fait et en aval de cette succession, la dissémination des graines est le processus principal engendrant de l'aléatoire : comportement erratique des animaux disséminateur, composante chaotique des fluides transportant des graines, lieux de dépôt plus ou moins favorable à la germination et à la croissance<sup>44</sup>. En gros, la régénération forestière se fait par l'association de processus chaotiques et de processus ordonnés mais aboutit à une structure plutôt désordonnée<sup>45</sup>.

---

<sup>44</sup> Dans le livre « la nécessité du hasard » on trouve la description de nombreux processus biologiques et écologiques pouvant engendrer du hasard, des « roulettes biologiques », du niveau moléculaire au niveau écosystémique. Mais là encore, l'exposé scientifique peut rebuter certains lecteurs.

<sup>45</sup> C'est ce qui apparaît lorsque l'on examine l'ensemble des résultats remarquables obtenus en Guyane, sur le site expérimental de Paracou (près de la côte) et sur la station des Nouragues (à 100 km au sud) :

- Gourelé-Fleury S., Guehl J.M. et Laroussinie O. (2004)<sup>a</sup>. Ecology and Management of a Neotropical Forest. Lessons drawn from Paracou, a long-term experimental research site in French Guiana. Elsevier, 311p.
- Poncy O., Sabatier D., Prévost M.F., Hardy I. The lowland high rainforest structure and tree species diversity, in Bongers F., Charles-Dominique P., Forget P.M., Théry M. (Eds) « Nouragues. Dynamics and Plant-Animal Interactions in a Neotropical Rainforest », Kluwer Acad. Publish. 2001, 32-46.

La succession procède de l'ordre vers le chaos et pas le contraire. Elle est non conforme à l'idée d'auto-organisation spontanée, défendue par le plus grand nombre des écologues, où les « espèces » constituent des « assemblages » et dans les versions les plus romantiques des sortes de méta-organismes<sup>46</sup>. Bien sûr, il existe des relations entre les êtres vivants qui peuplent un écosystème, mais elles semblent être plus le résultat d'opportunistes que de déterminismes, comme nous l'avons suggéré. La structure ne pourrait-elle pas être le fruit du hasard, donc aléatoire, et dans ce cas, quel en serait l'avantage et la durée ? Une expérience de pensée, ou virtuelle, simplement « papier-crayon » nous montre que la répartition aléatoire rend un écosystème plus résilient qu'avec une structure très forte et ordonnée<sup>47</sup>. Cela ne veut pas dire qu'il ne se passe rien de plus, en effet, une structure en réseaux « temporaires », opportunistes, allie les avantages de l'aléa, avec, en plus, des relations combinées souvent occasionnelles et plus facilement adaptatives et évolutives qu'un système fortement structuré. La pensée peut aussi évoluer comme les objets auxquels elle se consacre ; mais au fait, les assemblages d'espèces ne seraient-ils pas ceux créés par les systématiciens ? En écologie, ne serait-il pas plus adéquat de parler d'assemblages d'individus, de groupes ou de populations ? Le choix des mots n'est pas neutre !

### **Une spécificité : les concours nécessaires et parfois profonds d'autres disciplines**

L'une des difficultés de l'écologie est la nécessité, en plus de ses propres démarches, de faire appel à de nombreuses disciplines des sciences du vivant et d'autres secteurs. Pour ne citer que les SDV et se limiter à ce qui se passe aujourd'hui, la prise en compte du niveau moléculaire devient une priorité : marqueurs de biodiversité (barcoding et notion de metagénome). C'est en cours, mais il est aussi nécessaire d'intégrer les processus moléculaires au niveau du génome. Par exemple, les discussions sur les effets écologiques des OGM sont oblitérées par l'absence d'études de ces processus dans le discours écologique.

Cette nécessité d'une dose importante d'interdisciplinarité dans une discipline pose évidemment des problèmes spécifiques peu rencontrés ailleurs. C'est peut-être aussi le cas de la géographie. On note d'ailleurs que la communauté des géographes est celle des SHS la plus ouverte à la discussion avec les écologues, c'est vrai aussi pour l'archéologie et l'anthropologie. L'histoire est aussi de cette nature dans la dynamique impulsée par l'école des Annales. Bien entendu, il existe d'autres disciplines, notamment des sciences de la vie, qui font appel, par exemple aux mathématiques et à l'informatique pour des raisons techniques ou méthodologiques.

### **L'écologie en France**

Après des débuts prometteurs dans les années 1920 et 1930, après la guerre l'écologie ne donne pas lieu à une dynamique de recherche particulière. Elle est même au contraire quelque peu absente. L'émergence d'une vision moderne des sciences du vivant se heurte probablement à une vision conservatrice de « la Sorbonne et du Muséum ». En 1946, l'urgence est au développement de la génétique. Georges Tessier va se battre d'abord sur ce plan : création du centre de génétique de Gif-sur-Yvette, alors qu'il est directeur général du CNRS, et d'une chaire

---

On peut aussi signaler les travaux effectués en Asie, notamment en Inde du Sud, par l'Institut Français de Pondichéry.

<sup>46</sup> Par exemple, l'émission « La Terre au carré » de France Inter du 25 juin 2020 s'intitulait : "La forêt constituée de plusieurs espèces crée un organisme supérieur" avec Ernst Zürcher, une stupidité dont les médias raffolent.

<sup>47</sup> Dans mon ouvrage, l'exemple dit « papier-crayon » présente simplement l'article de He et Hubbell dont le contenu mathématique est difficile d'accès pour le plus grand nombre.

He F., Hubbell S. P. (2011) Species-area relationships always overestimate extinction rates from habitat loss. *Nature*, 473, 368-371.

de génétique à la Faculté des Sciences de Paris (qui est allouée à Boris Ephrussi en 1946). Cette création est obtenue avec le soutien des mathématiciens et physiciens contre l'avis des biologistes, zoologues et autres botanistes !<sup>48</sup>. Puis le développement spectaculaire de la biologie moléculaire et ses succès ont pris le devant de la scène. L'écologie reste sur le bord de la route et pour tout dire abordée par une communauté modeste. Elle est réactivée avec le lancement des recherches sur l'environnement en 1978 (création du PIREN : Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'ENvironnement).

Début des années 1980, il faut souligner le rôle important joué par Robert Barbault, appelé au département des sciences de la vie (DSV) du CNRS comme Chargé de Mission par Roger Monier alors directeur de ce département. Au début des années 1990, un poste de DSA est créé dans le DSV et occupé par Robert Barbault, puis par Jean-Marie Legay, autres noms : Pierre-Henry Gouyon (bref passage) puis Bernard Delay qui fit la transition en étant dans la foulée le premier directeur du département « Environnement et Développement Durable ». Tout au long de cette histoire, il y eut une profonde synergie avec les programmes de recherche sur l'environnement et quelques autres programmes interdisciplinaires (ex. Ecotech et Amazonie).

Toujours est-il que, partie très haut dans les années 1920-1930, l'écologie en France ne se distingue plus jusqu'au début des années 1980 où commence une remontée progressive avec, aujourd'hui, une communauté qui compte au niveau international. On soulignera là encore le *rôle positif joué par le CNRS* dans le développement de cette discipline essentielle.

On pourra souligner que la communauté des écologues est très présente dans l'IUBS (*International Union of Biological Sciences*) et très sensible au développement d'une *biologie intégrative* prônée par cette société scientifique internationale.

Une difficulté (bien présente en France) réside la récupération du mot écologie, et de certains de ses concepts, souvent mal compris, par des mouvements politiques et même par des ministères. Ce phénomène introduit une grande confusion au point qu'on a adopté le terme « écologues » pour désigner les « écologistes scientifiques ». On retiendra aussi que l'utilisation du mot écologie au sein même du CNRS se fait difficilement (cf., les intitulés successifs des sections du comité national traitant de l'écologie et qui, un temps, n'ont pas affiché cette discipline). Il ne faut pas ignorer non plus que certains collègues s'impliquant dans ces mouvements entretiennent la confusion. Il n'en demeure pas moins que, coincée entre la biologie moléculaire et les sciences du climat, elle a cru avoir trouvé sa thématique porteuse, celle de la biodiversité. Mais cela avec un travers : la faible prise en compte des aspects génétiques et des processus moléculaires et une grande confusion aussi bien conceptuelle que dans la pratique.

La création de l'INEE (Institut Écologie – Environnement) est un progrès et distingue de ce fait l'écologie (discipline scientifique) de l'environnement (objet de recherche), mais est-ce bien compris ?

L'écologie évolue rapidement dans ses thématiques et ses approches comme le montre l'article bibliométrique de Neff et Corley (2009)<sup>49</sup>.

### **Les prolongements de l'écologie**

Soulignons enfin que l'écologie donne lieu à des développements « technologiques » nouveaux et récents : écotoxicologie, agroécologie<sup>50</sup>, ingénierie écologique, gestion des territoires, biologie de

---

<sup>48</sup> Cf. Par exemple : Gayon J., Burian R.M. National traditions and the emergence of genetics : the French example. *Nature genetics*, 5, 2004, 150-156.

<sup>49</sup> Neff M.W., Corley E.A. 35 years and 160,000 articles : a bibliometric exploration of the evolution of ecology. *Scientometrics*, 80 :3, 2009, 657-682.

la conservation, réhabilitation des zones dégradées, etc. Elle est aussi *source d'inspiration* pour d'autres disciplines des sciences du vivant. Par exemple, l'infectiologie utilise certains de ses concepts. C'est ainsi qu'au milieu des années 1990 une approche originale de l'infection par le HIV a été proposée en utilisant des concepts et des modèles de la biologie des populations et de l'écologie<sup>51</sup>. Et tout dernièrement la cancérologie s'en est emparé (écologie des populations cellulaires et écologie évolutive)<sup>52</sup>. Elle est aussi appropriée par d'autres secteurs, comme l'économie, mais là on peut être très réservé, quant au transfert de concept et de vocabulaire. Il n'est pas sûr que parler d'écosystèmes d'entreprises ait un sens, sinon un faux sens.

## Conclusion

Au bout du compte cette « brève » analyse de la situation montre que l'écologie est une discipline scientifique, féconde dans ses concepts et approches, méritant un statut académique, mais devant « serrer les boulons » pour ne pas se laisser distraire par les sirènes politiques et idéologiques.

---

<sup>50</sup> Nous avons insisté à l'époque sur les espoirs qu'on peut avoir dans l'agro-écologie :

CNER - La recherche agronomique française pour le développement : enjeux internationaux (Expertise : Michel Petit, Alain Pavé avec le concours d'Ariel Crozon), La Documentation française, 152p, 2005.

<sup>51</sup> Ho D. D., A. U. Neumann, A. S. Perelson, W. Chen, J. M. Leonard & M. Markowitz: Rapid turnover of plasma virions and CD4 lymphocytes in HIV-1 infection. *Nature*, 1995, 373, 123-126.

Wei X., S. K. Ghosh, M. E. Taylor, V. A. Johnson, E. A. Emini, P. Deutsch, J. D. Lifson, S. Bonhoeffer, M. A. Nowak, B. H. Hahn, M. S. Saag & G. M. Shaw: Viral dynamics in human immunodeficiency virus type 1 infection. *Nature*, 1995, 373, 117-122.

Nowack M.A., May R.M., Phillips R.E., Rowland-Jones S., Lalloo D.G., MacAdam S., Klenerman P., Köppe B., Sigmund K., Bangham C. R. M., McMichael A.J. Antigenic oscillations and shifting immunodominance in HIV-1 infections. *Nature*, 1995, 375, 606-611.

<sup>52</sup> Greaves M., Maley C.C. Clonal evolution in cancer. *Nature*, 2012, 481, 306-313.