

Provided for non-commercial research and education use.
Not for reproduction, distribution or commercial use.



This article appeared in a journal published by Elsevier. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.

Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors requiring further information regarding Elsevier's archiving and manuscript policies are encouraged to visit:

<http://www.elsevier.com/copyright>



Contents lists available at ScienceDirect

Comptes Rendus Palevol

www.sciencedirect.com



Histoire des sciences (Histoire de la biologie comparative)

La biodiversité : au pays des aveugles le borgne est roi

One-eyed biodiversity

Guillaume Lecointre

Département « Systématique & Évolution » du Muséum national d'histoire naturelle, CP 26, 57, rue Cuvier, 75231 Paris cedex 05, France

I N F O A R T I C L E

Historique de l'article :

Reçu le 15 novembre 2010

Accepté après révision 15 mars 2011

Disponible sur internet le 5 mai 2011

Rédigé à l'invitation du Comité éditorial

Cet article est dédié à Armand de Ricqlès, qui fit les preuves, comme excellent chercheur et comme enseignant passionnant, de son attachement à une Biologie intégrative.

Mots clés :

Systématique

Taxonomie

Écologie

Mesures politiques

Biodiversité

Keywords:

Systematics

Taxonomy

Ecology

Policy

Biodiversity

R É S U M É

Nos médias et politiques pour la protection de l'environnement et le développement durable considèrent la « Biodiversité » seulement au travers de ce que les espèces font (leurs rôles écologiques, les services qu'elles peuvent rendre) et oublient ce que les espèces ont. Cependant, la valeur conférée à une espèce ne peut pas être uniquement fondée écologiquement. Les organes rares, les structures rares, les mosaïques de caractères rares sont précieux en tant que produits uniques d'un processus historique, même si les espèces qui les présentent sont négligeables en termes de dynamique d'écosystème. Les coelacanthes, les ornithorynques et les chondrostéens peuvent parfaitement disparaître de la surface de la Terre sans pour autant causer quelque impact significatif que ce soit. « L'ordre écologique » ne reflète pas l'ordre historique. La systématique est la science de la classification dont le rôle est de présenter l'ordre historique en répartition d'attributs au sein des espèces, au travers du prisme de phylogénies et, ensuite, des classifications. La systématique est oubliée dans presque tous les documents écrits par des scientifiques pour conseiller les politiciens sur la meilleure manière de sauver la biodiversité. Sans systématique, nous perdons la dimension historique de ce qui existe, et nous perdons tout simplement la connaissance de la nature à laquelle nous sommes confrontés.

© 2011 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

A B S T R A C T

Our media and policies for environment protection and sustainable development see “Biodiversity” only through what species do (their ecological roles, the “services” they can perform) and forget what species have. However the value we confer to a species cannot be ecologically based only. Rare organs, rare structures, rare character mosaics are valuable as unique products of a historical process even if the species exhibiting them are negligible in terms of ecosystem dynamics. Coelacanths, the platypus, can perfectly disappear from the surface of the planet without any significant ecological impact. The “ecological order” does not reflect the historical order. Systematics is the science of classification whose role is to exhibit this historical order in distribution of attributes among species through phylogenies, and then through classifications. Systematics is forgotten in almost all documents written by scientists to advice politicians on the best way to save biodiversity. Without systematics, we lose the historical dimension of what exists, and we simply lose the knowledge of *what* is what we are facing.

© 2011 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Adresse e-mail : lecointr@mnhn.fr

Depuis les origines des sciences naturelles, une tension existe dans notre appréhension du vivant, entre ce que les êtres vivants *font* et ce qu'ils *ont*. Ce qu'ils *font* ne reflète pas nécessairement ce qu'ils *ont*, et vice versa. Une mouche vole avec un organe qui n'a rien à voir avec le membre antérieur d'une chauve-souris (même fonction, structures différentes). Un moineau vole avec un organe semblable à celui avec lequel le corbeau vole aussi (même fonction, mêmes structures). Une chauve-souris vole avec un organe qui ressemble fort à celui avec lequel un hérisson marche (fonctions différentes, mêmes structures). Enfin, un œil de mouche n'a rien à voir avec la patte antérieure gauche de sa congénère (fonctions différentes, structures différentes). Nous voyons que toutes les combinaisons sont possibles, avec tous les pièges qui peuvent être tendus à notre soif de mise en ordre : le thylacine « fait » le loup, le dauphin « fait » le « poisson ». L'ordre « écologique » (Barbault, 2006 : 78) ne suit pas nécessairement l'ordre dans la distribution des organes, ordre issu de l'histoire.

Si la difficulté d'interprétation vaut pour les rôles écologiques des espèces dans les milieux, elle vaut aussi pour les organes : les structures qu'ils manifestent n'ont qu'un rapport lâche avec toute généralisation possible de ce à quoi ils servent. C'est une partie des raisons pour lesquelles l'émergence du concept d'homologie fut si tortueuse. L'homologie consiste d'abord à nommer de la même façon des structures matérielles physiquement distinctes. Mais en vertu de quelles propriétés ? En vertu de ce qu'elles « font » (ce à quoi elles servent) ? En vertu de leur origine ? En vertu de ce qu'elles « ont » intrinsèquement (leur pure ressemblance) ? En vertu de la façon dont elles sont connectées aux structures voisines ? Pour Aristote, les ressemblances de formes sont avant tout dues à la fonction (Schmitt, 2006 : pp. 43–48) ; il attachait donc plus d'importance à la fonction qu'à la structure. Pour Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, certaines similitudes structurales ne peuvent pas être réduites à des analogies fonctionnelles et Geoffroy parle d'« analogie » pour parler d'une unité de composition détectée grâce à un « principe des connexions » (Schmitt, 2006). Carl Reichert montre que l'embryologie peut nous aider à considérer comme « les mêmes » des organes adultes qui n'ont ni même structure ni même fonction, mais qui ont une origine commune démontrée dans le développement de l'individu : il montre par exemple l'homologie entre des os de l'oreille moyenne des mammifères et ceux trouvés dans la mandibule des autres vertébrés à partir de l'embryologie, là où Geoffroy Saint-Hilaire voyait les analogues dans les os operculaires des téléostéens par le seul principe des connexions. Richard Owen réserve le terme d'homologie pour désigner le « même » organe dans différents animaux sous toutes ses formes et ses fonctions, en vertu des mêmes connexions aux structures voisines. Il réserve aussi le terme d'analogie à la désignation des mêmes fonctions, posture qu'il convient de conserver aujourd'hui (Lecointre, 2009 : 184). Edwin Ray Lankester (1870) va plus loin dans l'affinage du concept d'homologie : il qualifie d'homogénéie une similitude dont l'origine est attestée par la filiation (phylogénétique), et d'homoplasie, lorsque les similitudes ne résultent pas d'un lien généalogique direct, mais de l'influence de l'environnement, de corrélations de crois-

sance. L'analogie reste une similitude de fonction. Ernst Mayr rendit la situation plus confuse en 1969, en faisant de l'analogie le contraire de l'homologie (Mayr, 1969 : 85) :

“Homologous features (or states of the features) in two or more organisms are those that can be traced back to the same feature (or state) in the common ancestor of these organisms. Analogous features (or state of the features) in two or more organisms are those that are similar but cannot be traced back to the same feature (or state) in the common ancestor of these organisms.”

Mario de Pinna (1991) inscrira l'homologie dans une notion de test phylogénétique, grâce à la disponibilité d'une construction d'arbres formalisée. L'homologie primaire devient une hypothèse d'homologie non testée (quelles que soient ses bases), l'homologie secondaire correspondant à l'homogénéie (ou à la synapomorphie), si le test a réussi. Si le test a échoué, l'homologie primaire correspondait en fait à une homoplasie. Un résumé de la situation du concept d'homologie aujourd'hui est donné dans Lecointre (2009 : 184), où huit situations sont dégagées en fonction des similitudes, des fonctions et du test phylogénétique. Ce petit tour par l'histoire montre à quel point l'intrication de la structure intrinsèque, de la fonction, des connexions et de l'origine fut difficile à démêler, pour savoir de quoi l'on parle, lorsqu'on parle d'homologie.

De manière similaire, il s'agit ici de savoir ce que nous avons en tête, lorsque nous parlons de Biodiversité. Nous catégorisons nécessairement : nous assignons des êtres vivants à des concepts dont nous n'avons pas toujours conscience nous-mêmes de quoi ils parlent exactement. Parlent-ils de ce que les êtres vivants font (leur fonction), ou parlent-ils de ce qu'ils ont (leur structure) ? Entrons dans le détail de cette affaire. En effet, à y regarder de près, aucun être vivant n'a exactement la même chose ni ne fait exactement la même chose que son voisin, fût-il de la même espèce : la variabilité est une constante réalité d'une matière vivante altérable et altérée de manière permanente. Pour parler de la nature, nous avons besoin d'y projeter des concepts, lesquels doivent remplir un « cahier des charges » qu'on leur a fixé, et des conventions de langage posées dessus. Là dehors il n'y a pas d'oiseau : il n'y a que des individus. Nous ne pouvons pas donner un « prénom » à chacun. En quête de possibles généralisations, les sciences ont besoin de catégories d'ordre supérieur à celui de l'individu. « Oiseau » est un concept dans ma tête, défini par ce que ces individus *ont* : des plumes et un bec (entre autres caractéristiques). Ces concepts et conventions régissent le degré de similitude ou de différence, à partir duquel on va utiliser le même mot pour désigner des structures ou des fonctions différant toujours dans le détail. La science qui régit ces relations entre des objets naturels, des concepts et des noms s'appelle la systématique, science des classifications.

Nos catégories mentales régissent depuis toujours ce que les êtres vivants *sont*. Ce qu'ils *sont*, c'est-à-dire le concept que l'on va construire pour les ranger dans nos têtes, va parfois être défini tantôt par ce qu'ils *font* (par exemple les « algues » sont définies par le fait qu'elles « font » la photosynthèse en milieu aquatique), tantôt par ce qu'ils *ont* (par exemple les « oiseaux » sont définis par le fait

qu'ils « ont » tous des plumes) ; tantôt les deux (par exemple les « poissons » *ont* des vertèbres et *nagent* dans l'eau). Si l'on sort des sciences, on trouvera même des catégories fondées sur des préoccupations utilitaires (fruits de mer, poissons, volaille, nuisibles) ou esthétiques (monstres). Mais restons dans les sciences : selon l'un ou l'autre des prismes, on voit se formuler des phrases contradictoires. Par exemple, si l'on s'intéresse aux relations dynamiques entre dinosaures de la fin du Jurassique, leurs tailles, leurs habitudes, leurs relations et rôles écologiques tenus dans les milieux de l'époque, il est certain que les dinosaures ont disparu. Si l'on s'intéresse à ce qu'ils *ont*, on doit envisager la définition des Dinosauria. Leur définition tient, entre autres caractères, à la possession d'un trou particulier dans le bassin (l'acétabulum perforé, Benton, 2008 : 214). Or, ces structures n'ont pas disparu de la nature actuelle, elles persistent chez les oiseaux. Les oiseaux *sont* donc des dinosaures, puisqu'ils en portent la marque anatomique. Pour un systématicien, les dinosaures n'ont donc pas disparu. Un systématicien ne dit pas « les oiseaux descendent des dinosaures », mais dit « les oiseaux sont des dinosaures ». Les groupes taxonomiques ne dérivent pas les uns des autres ; ne s'engendrent pas biologiquement les uns des autres (à moins de retourner à la systématique d'Alfred Romer ou d'Ernst Mayr) : ils sont emboîtés les uns dans les autres. En systématique moderne, l'engendrement est une propriété biologique des contenus, l'emboîtement est une propriété mathématique des contenants.

On l'aura compris, le « cahier des charges » de la systématique est donc de classer les êtres vivants sur ce qu'ils *ont* exclusivement, et cela depuis Charles Darwin (1859) (Voir Lecointre, 2009 : 210), et surtout depuis Hennig (1950, 1966), si l'on passe outre l'épisode confus de Mayr (1969). Or, en cette année 2010 dite « de la Biodiversité », les discours médiatiques et politiques sur la biodiversité, les livres ne voient cette biodiversité qu'à travers ce que les espèces *font*. Ce dont il est question, hors inventaire et dénombrement des espèces, c'est uniquement des relations dynamiques entre les espèces d'aujourd'hui (leur fonction dans les milieux, leur écologie), de la modélisation de ces relations et des prédictions que vont permettre celles-ci. Rien de plus normal : la demande politique est forte pour que les sciences fournissent des indicateurs prédictifs permettant des prises de décision en matière de conservation. Mais la biologie et les politiques de la conservation sont en train de devenir borgnes. En effet, elles ne voient une espèce ou des espèces qu'en fonction des « services » qu'elles rendent (ce qu'elles *font*), mais oublient au passage (ou taisent, ce qui revient au même à terme) l'originalité de leur patrimoine anatomique ou génétique (ce qu'elles *ont*). Par exemple, personne n'ira plaider une campagne coûteuse de sauvegarde du cœlacanthe : vu le nombre d'individus, leur habitat (les grottes profondes des pentes des îles volcaniques de l'Océan indien), sa disparition ne va révolutionner ni la face du milieu terrestre où nous vivons, ni même la face des océans. Son impact en termes de « service » écologique ou écosystémique est ridicule, sauf à considérer l'utilité qu'on en tire pour décorer les billets de banque aux Comores. Mais il est le seul vertébré actuel à présenter une articulation intracrânienne, une queue à trois lobes, un organe électrorécepteur spécial dans

le museau. En fait, il est truffé de caractères rares. Il est donc très précieux en termes de « patrimoine » anatomique. De même, l'ornithorynque, avec son « bec de canard », sa structure temporale, les éperons venimeux aux pattes arrière des mâles.

On pourra objecter que ces exemples sont peu convaincants : en effet, l'ornithorynque et le cœlacanthe sont déjà des espèces emblématiques, même si leur impact écologique est mineur. Mais seul l'ornithorynque n'est véritablement emblématique que pour sa combinaison originale de caractères. Ce n'est pas le cas du cœlacanthe, qui est surtout connu pour deux raisons qui ne concernent pas directement ses caractères propres. Tout d'abord, le premier spécimen identifié en 1938 a défrayé la chronique parce que sa morphologie était très semblable à celle de fossiles du Crétacé, d'où le fantasme de « fossile vivant ». Deuxièmement, parce qu'il est un fantasme de vie primitive. En effet, assigné aux « crossoptérygiens » à l'époque de sa découverte, notamment en raison de ses humérus et fémurs, il était pensé dans un contexte gradiste comme sur le chemin de l'évolution menant à nous. Ce qu'il avait d'original, en propre, ne nous intéressait, symboliquement et médiatiquement parlant, que peu. C'est parce qu'il a gardé cette senteur de « fossile vivant » qu'il reste sur les billets de banque. Mais on pourrait s'intéresser tout autant aux 27 espèces de chondrostéens (esturgeons et spatules, tous menacés de disparition à court terme) dont la combinaison de caractères est extrêmement originale, mais laisse beaucoup de nos contemporains indifférents. Leur disparition ne désolera que les mangeurs de caviar. Mais que dire des limules, de l'aye-aye, des tarsiers, du desman des Pyrénées, de la salamandre de Lanza, de l'amie chauve, de l'apron du Rhône, espèces originales, non consommées, dont la biomasse reste extrêmement modeste et dont les rôles écologiques trouveront aisément des remplaçants ? L'exercice n'est pas de multiplier les exemples mais bien de se préparer à avoir, pour tout organisme potentiellement menacé, les deux critères de prise en considération en tête. Même si la classification en systématique n'est fondée que sur ce que les organismes *ont*, même si, en dépit de cela, nos discours sur la biodiversité, oubliant la systématique, se concentrent sur ce qu'ils *font* ou sur ce à *quoi ils nous servent*, il faut nous attacher à intégrer plusieurs prismes simultanément lorsqu'il va s'agir de conservation.

Oublier certains de ces prismes peut avoir des conséquences fâcheuses dans toutes les disciplines et dans les « meilleurs » journaux. Oublier la systématique, ou ne s'intéresser à elle que comme pourvoyeuse de noms revient, tôt ou tard, à se contredire, conceptuellement. Parce qu'on ne porte pas attention à ce dont parlent vraiment nos concepts classificatoires. Il arrive fréquemment, dans les sciences de la conservation de la biodiversité, qu'on puisse penser que les noms suffisent : la pertinence du concept auquel le nom est rattaché semble pouvoir être négligée. Par exemple, Lamoureux et al. (2006) font une évaluation de la biodiversité à l'échelle globale en utilisant des unités géographiques, les « écorégions » classées par le *World Wildlife Fund*. Ils cherchent à savoir si des taxons de vertébrés terrestres peuvent être des indicateurs de la diversité globale des espèces, et si l'endémisme reflète aussi celle-ci (quand on s'intéresse au

taux d'endémisme, on utilise forcément la systématique, puisqu'il faut bien savoir quelles espèces sont trouvées à quels endroits). Les patrons globaux de richesse spécifique sont bien corrélés entre quatre classes linnéennes de vertébrés actuels, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Les auteurs semblent ignorer que l'une des classes n'est plus valide comme classe, ni comme taxon (reptiles) et que historiquement, aucune de ces entités n'ont le même temps de divergence. On corrèle donc des « richesses spécifiques » d'entités historiques complètement distinctes, c'est-à-dire non comparables : des groupes paraphylétiques avec des groupes monophylétiques, des divergences de plus de 300 millions d'années (entre « reptiles » : tortues *versus* lézards) avec des divergences de 100 millions d'années (divergences inter-ordinales mammaliennes, Benton, 2008). On prend des boîtes pratiques sans s'intéresser aux raisons pour lesquelles elles ont été faites, ni aux propriétés de leur contenu. « Reptiles » ne reflète rien d'autre qu'un marche-pied, ne cherchons pas une cohérence écologique au concept : il n'en a pas, puisqu'il est fondé sur des absences d'attributs ou des absences de propriétés écologiques trouvées ailleurs. La richesse spécifique d'un groupe paraphylétique ne porte aucune information qui vaille, si ce n'est la fonction de se faire plaisir à compter ce qui reste rattachable à un concept obsolète mais esthétique.

La systématique, science fondamentale qui permet de parler de la nature, en plus d'avoir été fragilisée pendant presque 40 ans (Tillier, 2000), tend donc à être occultée. Elle n'est même pas répertoriée parmi les disciplines qui catégorisent les articles des journaux de vulgarisation scientifique, lorsque ceux-ci parlent de biodiversité : on préfère « écologie », « biodiversité » ou « évolution ». Les « Libres points de vue d'académiciens sur la biodiversité », publiés en juillet 2010, ne citent la systématique que deux fois sur 108 pages, et encore pour parler d'autre chose. Le livre de Robert Barbault (2006) ne cite la systématique qu'en début d'ouvrage, évoquant le passé linnéen, comme si elle n'était pas une science cruciale d'aujourd'hui, comme si on avait tout dit de ce qui est. Le Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité (CSPNB) a publié deux petits volumes collectifs très bien faits sur « La biodiversité à travers des exemples » : la systématique ou la taxonomie n'est citée aucune fois en deux volumes ! Dans le document de prospective 2009–2013 de la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité paru au printemps 2009, la systématique est citée 11 fois (et la taxonomie cinq fois), mais il n'en est vraiment question que sur trois pages, sur un total de 91 pages. L'écologie, par exemple, est citée cinq fois plus. Dans le rapport d'Yvon Le Maho pour l'atelier 6 de la conférence internationale « Biodiversité, science et gouvernance » (actes de la conférence, 2005), on peut lire :

« Or, l'étude de la biodiversité est jusqu'à présent restée comme essentiellement du domaine de l'écologie, avec

actuellement quelques liens avec d'autres disciplines mais sans qu'il y ait une réelle approche pluridisciplinaire. La compréhension des mécanismes adaptatifs des animaux aux changements, qu'ils soient comportementaux, physiologiques ou moléculaires, requiert en effet l'apport de nombreuses disciplines dont la multiplicité des expertises et des outils est évidemment inaccessible à l'écologue »

On ne peut qu'approuver, mais la systématique n'est toujours pas citée. Cette biologie devenue borgne lorsqu'il s'agit de parler de biodiversité à des aveugles, véhiculée au premier chef chez les biologistes d'aujourd'hui (les auteurs de ces documents sont pourtant au cœur des disciplines de la biodiversité ; et leurs documents sont destinés à des politiques), a des conséquences politiques considérables, lorsqu'il s'agit d'allouer des moyens. La science qui consiste à savoir *sur quoi* on travaille, sur laquelle toutes les autres disciplines biologiques sont assises, se retrouve dépouillée – le plus souvent inconsciemment – par ceux-là mêmes qui en ont le plus besoin. L'aspect fourre-tout du concept de « biodiversité » n'y est pas pour rien. Tout comme le remorquage politique de la biodiversité à l'agronomie. Cela s'appelle scier la branche sur laquelle on est assis.

Remerciements

Je remercie deux relecteurs anonymes pour leurs suggestions. Je remercie Armand de Ricqlès de m'avoir fait connaître, en 1989, l'expression « *au pays des aveugles, le borgne est roi* » ; lorsque je lui disais que n'étant pas un biologiste moléculaire, j'allais tout de même installer un laboratoire de systématique moléculaire au Muséum national d'histoire naturelle.

Références

- Barbault, R., 2006. Un éléphant dans un jeu de quilles. Seuil, Paris.
- Benton, M., 2008. Vertebrate Palaeontology, Third Edition. Blackwell Publishing, Malden, Massachusetts.
- Darwin, C., 1859. The Origin of Species, First Edition. John Murray, London [Penguin Classics 1985, Penguin Books].
- de Pinna, M.C.C., 1991. Concepts and tests of homology in the cladistic paradigm. *Cladistics*, 7, 367–394.
- Hennig, W., 1950. Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik. Deutscher Zentralverlag, Berlin.
- Hennig, W., 1966. Phylogenetic Systematics. Univ. of Illinois Press, Urbana.
- Lankester, E.R., 1870. On the use of the term homology in modern zoology, and the distinction between homogenetic and homoplastic agreements. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 6 (4), 34–43.
- Lamoureux, J.F., Morrison, J.C., Ricketts, T.H., Olson, D.M., Dinerstein, E., McKnight, M.W., Shugart, H.H., 2006. Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. *Nature* 440, 212–214.
- Lecointre, G., 2009. Filiation. In: Heams, T., Huneman, P., Lecointre, G., Silberstein, M. (Eds.), *Les mondes darwiniens*. Syllepse, Paris, pp. 175–223.
- Mayr, E., 1969. Principles of systematic zoology. McGraw-Hill, New York.
- Schmitt, S., 2006. Aux origines de la Biologie moderne. L'anatomie comparée d'Aristote à la théorie de l'évolution. Belin, Paris.
- Tillier, S. (Dir.) 2000. Systématique : ordonner la diversité du vivant. Rapport sur les sciences et les techniques de l'Académie des Sciences n° 11. Éditions Tec & Doc, Paris.