

La Biologie dans une formation humaniste

Une biologie centrée sur l'humain ?

Ou...

Une biologie qui mette en perspective l'humain ?

Colloque Calvin 450

François Lombard

Collège Calvin, TECFA, IUFE

Evolution de la biologie : du naturaliste aux génomes

Avant d'aborder spécifiquement la biologie, définissons une discipline scolaire.

« Une discipline fonctionne comme une grille de lecture alternative du réel, laquelle nécessite une rupture avec la perception immédiate et le sens commun. »¹

On peut aussi la définir par ses concepts, ses pratiques théoriques, ses modes de validation des savoirs, ses outils et ses objets d'étude.

Enseigner une discipline c'est donc développer chez les élèves un outil et des connaissances pour appréhender le monde.

« Observer ne suffit pas si on ne dispose pas des concepts appropriés. Ce sont eux qui produisent de nouveaux observables. »¹

Chaque discipline fournit un cadre propre qui permet à celui qui le maîtrise de voir plus loin, de fouiller le monde pour éclairer des zones d'ombre et révéler des questions spécifiques.

Voyons maintenant ce qui caractérise la biologie et particularise le regard qu'elle permet de porter sur le monde. C'est d'abord une science expérimentale où :

« Les connaissances sont fondées sur l'observation ou l'expérimentation. Elles existent dans un environnement d'hypothèses courantes plutôt que de certitudes. »

Elle se distingue par le fait que :

*« C'est un ensemble de méthodes et de disciplines groupées autour des **processus vivants** et des interrelations entre les organismes vivants. »*

² p.3 Traduction personnelle.

Ainsi les connaissances en biologie sont basées sur des données expérimentales, et le savoir peut toujours être remis en cause par de nouvelles expériences. Un « fait scientifique » est donc toujours provisoire, sa vérité n'est que temporaire et sous réserve de données nouvelles.

Les « faits » sont des interprétations qu'on ne remet plus en question, souvent parce qu'on a oublié (individuellement et collectivement) par quel découpage du monde ils ont été établis.¹, en référence à Latour.

Il s'agit donc d'enseigner non seulement des « faits »³ mais aussi de développer chez les élèves la démarche scientifique de validation des connaissances.

Trois étapes historiques

Un regard historique permet de distinguer trois étapes de son évolution.

La biologie est d'abord une science empirique et descriptive⁴ basée sur l'observation et la description – démarche qui remonte au moins à Aristote.

La biologie du naturaliste

Dans une première phase la biologie est ontologique : elle s'intéresse d'abord à identifier les organismes et les structures anatomiques. Elle est aussi spécifique : toute connaissance s'inscrit dans le cadre d'une espèce vivante ou d'un groupe d'espèces. Décrire et nommer sont alors les activités principales. Ce vaste recensement met en perspective les particularités de l'humain dans une large vision de l'unicité fondamentale du vivant et constitue une des forces du regard que la biologie apporte à une formation humaniste.

Les questions sont alors « qu'est-ce que c'est ? » et « comment ça s'appelle ? ».

D'autre part avec la paléontologie et l'étude des fossiles, la biologie devient aussi « historique » : avec le projet de reconstruire une chronologie complète de la vie, apparaissent les questions du « Pourquoi ? ».

Ces trois axes fondamentaux : empirique, ontologique et historique définissaient la biologie *in vivo* jusque vers 1950; et ils continuent à marquer les attitudes, l'enseignement et les valeurs de cette science.

La biologie moléculaire

Une deuxième phase, moléculaire ⁵, naît dans les années 40 et avec son avènement, l'expérimentation, souvent quantifiée, devient une pratique qui complète l'observation. La compréhension de la vie en termes de ses mécanismes moléculaires sous-jacents est au cœur du paradigme actuel *in vitro*: « Comment ça fonctionne » s'impose comme une question fondamentale.

« Cette nouvelle vision ouvre des possibilités d'action qui se révéleront lors de l'essor du génie génétique » ⁵p.6

Au cœur de cette biologie réductionniste basée sur des relations chimiques, avec les complémentarités de forme et le modèle *clé-serrure* comme métaphore, on trouve l'ADN, décrite comme une molécule représentée comme une double hélice.

D'une biologie de la forme à une biologie de l'information

Cependant la prochaine phase est déjà en germe :

« La biologie moléculaire [...est] une nouvelle manière de percevoir le vivant comme réservoir et transmetteur d'information. » ⁵p.6.

Nos recherches et d'autres ^{4,6} mettent en évidence qu'une troisième phase a commencé : une biologie qui garde l'ADN au centre, mais vu en tant que séquence de nucléotides : de l'information dématérialisée.

Dans cet nouveau paradigme, le vivant est un flux d'informations, les outils et méthodes reposent sur le traitement de l'information et sont fécondés par l'interaction avec des domaines nouveaux : théories de l'information, mathématique, ingénierie, etc. ⁴

En 2003 le séquençage du génome humain manifeste l'avènement de l'ère génomique et l'avalanche de données sur les génomes d'organismes divers révèle l'ampleur de la mutation ^{4,6}. On assiste à un changement de méthodes et de stratégies dans tous les domaines. Si la biologie reste expérimentale et si la base chimique des processus n'est pas remise en cause, de nouvelles formes d'expérimentation, d'analyse et de publication constituent des pratiques majoritaires. I. Rodriguez ⁷ a par exemple trouvé en explorant le génome de la souris avec des outils bioinformatiques 110 récepteurs aux phéromones en moins d'une semaine alors qu'on en avait trouvé 3 en 10 ans par des approches moléculaires. On a exploré la différence entre le chimpanzé et l'homme en comparant les génomes ⁸, sans même toucher une pipette. On a profilé les gènes exprimés dans les cancers du sein pour pronostiquer l'apparition de métastases et éviter des chimiothérapies inutiles ⁹, là aussi le traitement de l'information est une nouvelle forme d'expérimentation.

Cette biologie *in silico* remet même en cause la spécificité en explorant les fonctions des gènes sans référence à leur espèce p. ex. ¹⁰.

Une évolution qui est un défi...

La question de la transposition scolaire de ces changements commence à peine à être défrichée ^{11, 12} et cette redéfinition de la discipline n'est pas acceptée par tous les enseignants. D'autant plus qu'on manque de recul pour comprendre ces changements et qu'ils touchent l'identité professionnelle.

Déjà bousculés par la question de l'intégration dans des programmes très chargés de la biologie moléculaire dont la taille et l'importance dans la société croît sans cesse, voilà que se pointe une nouvelle biologie de l'information qui menace de modifier l'approche presque tous les chapitres.

Ce changement est aussi une opportunité : Un simple accès internet donne accès à tous les génomes complets que la recherche a produit, aux variantes des gènes causant des maladies, aux outils pour traiter ces séquences et comparer, former des arbres de classification. Les informations authentiques et à jour sont offertes à chacun, et des possibilités nouvelles *d'expérimenter*, de vérifier des hypothèses notamment sur l'évolution sont accessibles en classe. C'est évidemment pour les enseignants un défi de maîtriser et d'apprendre aux élèves à affronter la complexité de ces données authentiques.

Alors que la biologie scolaire n'a pas fini de digérer l'intégration dans l'enseignement d'une biologie *in vivo* et *in vitro*, voici qu'apparaît la biologie *in silico*. Entre les positions extrêmes d'un rejet complet du changement et une transposition intégrale des pratiques ¹³, se dessine un premier défi.

La place de la biologie dans une formation humaniste

Le fait que les gènes humains, végétaux, bactériens, viraux, etc. soient constamment comparés démontre l'unicité fondamentale du vivant. Et renforce cette vision très large du vivant qui ancre solidement les humains dans la biodiversité actuelle en montrant les similitudes fondamentales avec les autres animaux et même l'extraordinaire similitude des mécanismes du vivant avec les plantes ou les bactéries.

Ces nouvelles comparaisons de génomes mentionnées ⁸ confirment que nous sommes constitués des mêmes bases biologiques que les autres primates, et combien la différence est ténue. Cela éclaire d'un angle différent la question de ce qui fait de nous des humains et aide à mettre en perspective la vision humaniste : une perspective dans la diversité du vivant et une perspective dans le temps. Reprenant l'idée – chère à l'histoire – que le passé aide à comprendre le présent, mais remontant jusqu'à un passé plus lointain dans lequel l'humain apparaît et aux causes de cette apparition plus lointaines encore, la biologie cherche à comprendre l'humanité. La connaissance de notre passé évolutif donne des clés pour comprendre certains enjeux actuels comme le racisme.

D'autres chapitres de la biologie permettent de comprendre le fonctionnement de son propre corps et contribuent à donner des clés pour gérer mieux sa santé et son bien-être. L'éthologie, l'étude des phéromones et les récentes recherches en neurosciences de l'émotion donnent des éclairages renouvelés sur certaines questions comme la communication interpersonnelle et même le rapport du corps à l'esprit : cela promettent de beaux débats avec la philosophie.

En somme la biologie porte un regard «de l'extérieur» sur l'humain, et apporte un précieux recul sur sa constitution, son fonctionnement, qui justifie le titre de mise en perspective de l'humain dans l'ensemble du vivant : La biologie pour mieux comprendre ce qui fait l'humanité.

D'autres défis pour la biologie

Ces dernières 30 années on est passé d'une science conquérante à une science omniprésente mais suspecte. Son image reste positive dans la population ¹⁴, mais l'envie d'apprendre les sciences baisse avec la progression vers l'abstrait dans le secondaire ¹⁴.

Un défi qui est l'évolution...

A titre d'exemple nous étudierons le défi crucial de l'enseignement de l'évolution. Alors que l'évolution est solidement démontrée et les théories explicatives vérifiées et utilisées tous les jours dans la recherche, l'agriculture et l'industrie, une résurgence du créationnisme, notamment déguisé en *Intelligent design* prend de court des enseignants peu habitués à cette remise en question.

D'autant plus que l'évolution remet en question deux conceptions très solidement ancrées le finalisme et l'anthropocentrisme.

L'intentionnalité est fondatrice de la psychologie humaine ¹⁵ : elle conduit au finalisme qui rend difficile d'accepter que l'évolution n'a pas de but.

L'homme s'est toujours attribué une place centrale, et se conçoit naturellement comme aboutissement ultime de l'évolution. Pourtant l'étude comparée des séquences d'ADN confirme solidement ce que les fossiles, les embryons et l'anatomie des organismes actuels avaient montré: *H. sapiens* n'est pas plus un aboutissement que des millions d'autres espèces qui ont évolué jusqu'à nos jours. Comment aider les élèves à dépasser une conception que renforcent les journaux, les médias, dans un temps d'enseignement très restreint ? Cette nouvelle forme d'expérimentation *in silico* permet aux élèves de le vérifier eux-mêmes.

A l'heure du « bio », et de l' « écologie » politique, le positionnement entre militantisme et science est un défi. Les maîtres, préparés à faire comprendre les mécanismes avec la rigueur de la science mais peu formés au débat et à l'éthique sont parfois perplexes lorsqu'il s'agit de développer les enjeux liés aux OGM, à la biodiversité, la « chaîne alimentaire », ou à la « barrière » des espèces, voire définir le « naturel » dans une société à la recherche d'un paradis perdu. Alors que la biologie est sur le point de produire des êtres vivants à partir d'ADN synthétique, sur fond de confusion entre les techniques de l'agrobusiness et la recherche scientifique, les questions de science et conscience ne peuvent cependant pas être esquivées sous peine de « ruine de l'âme » comme l'aurait dit Rabelais. Or la dotation horaire de la biologie s'est restreinte pour la plupart des élèves. C'est un défi pour des enseignants.

Enseigner pour rendre capables d'affronter un monde complexe ?

En conclusion les défis de la biologie pourraient être résumés au choix d'une vision de l'enseignement qui simplifie les connaissances pour faciliter l'apprentissage dans une école protégée de la société ou qui veut les outiller pour construire leurs connaissances dans un monde plus complexe scientifiquement et dans ses interactions science-société. « On demande ainsi à chaque individu de choisir des informations de sources diverses et de les intégrer en un ensemble cohérent et utile pour son travail ou sa vie en société. » ¹⁶ Comment gérer ce que les québécois appellent l'infobésité (*information overload*) pour former des citoyens capables de construire leurs opinions pour être des acteurs responsables dans la société ?

Le recul sur l'humain que le regard biologique porte sur le monde et la rigueur de la validation scientifique font partie d'une formation humaniste pour affronter le 21^{ème} siècle.

Références

- 1 Astolfi, J. P. *La saveur des savoirs. Disciplines et plaisir d'apprendre*. 252 (ESF, 2008).
- 2 Sears, H. & Wood, E. Linking Teaching and Research in the Biosciences. *Bioscience Education e-journal (BEE-j)* **5** (2005).
- 3 Kuhn, T., S. *La structure des révolutions scientifiques*. (Flammarion, 1972).
- 4 Wooley, J. C. & Lin, H. S. Catalyzing Inquiry at the Interface of Computing and Biology. Committee on Frontiers at the Interface of Computing and Biology, National Research Council. (National Academies Press, 2005).
- 5 Morange, M. *Histoire de la biologie moléculaire*. 2003 edn, (La Découverte, 2003).
- 6 NRC. BIO2010: Transforming Undergraduate Education for Future Research Biologists Report No. ISBN: 0-309-08535-7, (National Research Council, 2003).
- 7 Rodriguez, I. Nosing into pheromone detectors. *Nature Neuroscience* **6**, 438-440 (2003).
- 8 Pollard, K. S. *et al.* An RNA gene expressed during cortical development evolved rapidly in humans. *Nature* **443**, 167-172 (2006).
- 9 van 't Veer, L. J. *et al.* Gene expression profiling predicts clinical outcome of breast cancer. *Nature* **415**, 530-536 (2002).
- 10 Venter, J. C. *et al.* Environmental Genome Shotgun Sequencing of the Sargasso Sea. *Science* **304**, 66-74, doi:10.1126/science.1093857 (2004).
- 11 Campbell, A. M. Public Access for Teaching Genomics, Proteomics, and Bioinformatics. *Cell Biol Educ*, 98-111, doi:doi: 10.1187/cbe.03-02-0007 (2003).
- 12 Siegrist, C.-A. (ed François Lombard) (Genève, 2009).
- 13 Martinand, J. L. Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences et techniques. *Les Sciences de l'Éducation* **2**, 23-29 (1989).
- 14 Venturini, P. *L'envie d'apprendre les sciences : motivation, attitudes, rapport aux savoirs*, (Fabert, 2007).
- 15 Whitson, J. A. & Galinsky, A. D. Lacking Control Increases Illusory Pattern Perception. *Science* **322**, 115-117, doi:10.1126/science.1159845 (2008).
- 16 Paquette, G. *Modélisation des connaissances et des compétences*. . (Presse Universitaire du Québec, 2002).