DESCRIPTIF DU PROJET DE RECHERCHE DOCTORALE – LECOINTRE/MERLIN

La biologie va-t-elle vers un pluralisme ontologique ?

Ce projet de recherche explore l'applicabilité d'une position appelée "pluralisme ontologique" par les philosophes des sciences, pour la pratique actuelle de la biologie. Il consiste à proposer aux chercheurs des conceptions correspondant à des aspects du pluralisme ontologique, et procéder à l'analyse philosophique leurs réactions, pour évaluer la pertinence globale de ce pluralisme.

Contexte – Aujourd'hui, la biologie est dominée par le modèle de l'Arbre du Vivant, que l'on fait remonter à Darwin. Il repose sur la possibilité théorique de retracer l'ensemble de l'histoire du vivant actuel sous la forme d'un "arbre" (graphe connexe non-cyclique orienté), reconstruit à l'aide des outils de la systématique phylogénétique. Cela permet notamment, depuis Willi Hennig, d'en tirer une unique classification hiérarchique, justifiée par l'hérédité verticale entre les organismes individuels dans le cadre de la théorie synthétique de l'évolution¹. Or, dans notre ère post-génomique, cette vision fait face à de nombreux défis qu'elle semble avoir du mal à résoudre, tant ils remettent en question ses présupposés ontologiques, c'est-à-dire ses présupposés sur les unités fondamentalement existantes ; ici, les gènes, les organismes individuels et les espèces biologiques comme entités stables et inscrites dans l'Arbre du vivant.

L'omniprésence de l'hérédité horizontale aux fondements et dans les ramifications de tous les domaines du vivant, et la prise en compte d'une hérédité plus large que celle des gènes, questionnent la pertinence d'un modèle centré sur une hérédité verticale produisant des espèces biologiques bien distinctes²⁻³ ; tout comme l'impossibilité de faire figurer dans ce modèle un certain nombre d'entités possédant une histoire évolutive, tels les virus, dont on réalise pourtant l'importance majeure⁴. L'organisme individuel se révèle aussi être une notion instable : le mosaïcisme des organismes ne concerne pas seulement l'origine hétérogène du matériel génétique, mais aussi l'hétérogénéité entre les cellules d'un même organisme⁵, qui permet même qu'on reconstruise des phylogénies de lignées à l'intérieur de celui-ci⁶⁻⁷. De plus, un grand nombre d'organismes peuvent en fait être qualifiés de méta-organismes, et il est difficile d'établir à l'échelle microscopique la frontière entre l'individu pluricellulaire et ce qui lui est extérieur⁸⁻⁹. Enfin, la complexité des considérations nécessaires pour annoter les gènes des immenses jeux de données génomiques est révélatrice du manque d'unité de ces derniers dû à leur variabilité¹⁰.

En conséquence, plusieurs voix s'élèvent pour affirmer que la biologie inspirée de la théorie synthétique de l'évolution est sous-tendue par une gamme d'ontologies trop restreinte, tendanciellement moniste et essentialiste. Elles suggèrent au contraire de prendre en compte un plus grand nombre d'objets et de relations reconnus par différents champs, souvent liés à la biologie de l'évolution, et par différentes méthodologies (holobiontes, réseaux, mondes génétiques, ...). Un premier niveau de pluralisme ontologique, qu'on pourrait appeler "pluralisme de découpes", consiste alors à admettre toutes ces entités sans donner de préséance à certaines d'entre elles, ni exiger leur congruence (soit la possibilité de les inscrire dans un unique schéma). Un second niveau est le "pluralisme de types ontologiques", qui ajoute à la vision classique (dite substantialiste) une vision processuelle de l'ensemble des entités du vivant, telle qu'elle a récemment été élaborée par plusieurs biologistes et philosophes de la biologie¹¹. Cette dernière se relie au pluralisme de découpes, en le justifiant par la diversité des conventions possibles pour la segmentation d'un unique flux continu. Ces choix peuvent parfois être utilisés pour établir des classifications, dont la classification phylogénétique des espèces ne serait alors qu'un exemple parmi d'autres¹²⁻¹³. Plus largement, cela ouvre la possibilité de réaliser des phylogénies d'entités autres qu'individuelles¹⁴, et de reconstruire des histoires évolutives avec d'autres relations que celles que montre une phylogénie, comme à l'aide de réseaux¹⁵ ou en multipliant les phylogénies pour hiérarchiser d'autres propriétés que les degrés relatifs de parenté issus de l'héritage vertical.

Objectif – Ce projet propose de mener une recherche qualitative visant à rendre apparents les cadres théoriques et les pratiques de recherche qui favorisent et s'opposent à l'émergence d'une biologie ontologiquement pluraliste. Des entretiens avec des biologistes représentant la diversité de la biologie clarifieront les pratiques et les attitudes en regard des nouveaux concepts biologiques pouvant participer du pluralisme ontologique. L'œuvre de synthèse et de clarification permise par le dialogue avec la littérature philosophique et théorique¹⁶ servira à faciliter les recherches novatrices des biologistes qui veulent changer leur vision sur leurs problèmes et se pencher sur des objets et relations habituellement négligés, en offrant des exemples de tentatives actuelles, en évaluant

l'éventuel besoin d'un changement ontologique accompagnant ces tentatives, et en pointant les limites d'un tel changement. Les résultats seront rendus à la pratique de la biologie par des propositions de nomenclature qui puissent démêler les ontologies en jeu.

Méthodologie – La démarche de ce projet s'inscrit dans ce que certains appellent la philosophie expérimentale des sciences¹⁷ ou la philosophie des sciences en pratique¹⁸. La première étape sera de déterminer adéquatement les biologistes avec lesquels s'entretenir. Le périmètre pourra par exemple être réduit aux chercheurs intéressés de l'ensemble des laboratoires de biologie d'une université, une fois établi que ceux-ci sont représentatifs de la diversité de la discipline (biologies fonctionnelle et évolutive ; aux échelles microscopiques et macroscopiques ; centrées sur différentes grandes classes d'objets et de processus). Viser une représentation équilibrée des champs de la biologie devrait permettre d'éviter des biais vers des chercheurs *a priori* favorables ou défavorables aux usages pluralistes.

Les entretiens se dérouleront en deux temps. Un premier temps, de type non-directif, consistera à demander aux biologistes d'explicitier leur pratique dans leurs propres termes. Cela peut se faire par des questions rigoureusement construites ou par d'autres moyens, notamment des outils graphiques telles les cartes conceptuelles. Il devra rendre apparents les objets, les relations et les processus dont traite leur recherche ; leurs liens avec les notions d'Arbre du Vivant, d'espèce, d'organisme et de gène ; et l'éventuelle visée classificatoire de leurs travaux. Ce temps doit permettre d'identifier finement les pratiques et cadres théoriques, pour établir si l'on est déjà en présence d'une biologie pluraliste ou non, et quels points s'en rapprochent ou s'en éloignent. Il pourrait aussi permettre de repérer d'éventuelles divergences entre le cadre théorique et ontologique annoncé et l'ontologie effectivement sous-tendue par la conduite de la recherche. Enfin, il servira de base aux comparaisons postérieures entre projets de recherche et entre champs de la biologie.

Un second temps, de type semi-directif, consistera à confronter les biologistes à des éléments et des stimuli allant dans le sens d'un pluralisme ontologique. Ils devront se positionner par rapport aux propositions de remise en question de notions telles que l'Arbre du Vivant, l'espèce, l'individu ou le gène ; de considérer des unités évolutives alternatives, telles que des méta-organismes, des stades de développement, des lignées cellulaires, des organes ou organites au sein d'un même individu, des conformations macromoléculaires, etc. ; de considérer des unités habituelles comme des processus plutôt que comme des entités ; de représenter ensemble des types de relations communément mises sur des plans différents ; et de démultiplier les classifications, tant dans leurs intentions que dans leurs méthodes de construction. Ce temps doit permettre d'explicitier les refus ou les adhésions potentielles aux formes de pluralisme ontologique. En cas de refus, il permettra de voir quels arguments sont mobilisés et sur quels plans ils se situent ; notamment, s'ils sont plutôt d'ordre théorique, ou de doutes quant à l'applicabilité concrète des propositions. En cas d'accueil favorable, les arguments seront également soulignés. Si l'accord avec une biologie pluraliste n'était pas explicitement formulé jusque-là, on cherchera à comprendre ce qui a retenu cette explicitation. Si l'accord était déjà explicite, il pourra amener vers l'expression des difficultés voire des impasses de cette approche, et la capacité de ces dernières à motiver un retour à une conception plus proche de la synthèse néodarwinienne.

Une dernière phase du projet, après la synthèse des entretiens, consistera à poser les bases d'une convention nomenclaturale qui permettrait d'identifier immédiatement par le nom le type de concept (l'ontologie) auquel on a affaire, rendant ainsi le pluralisme ontologique praticable. En effet, faire dire à un concept ce qu'il ne dit pas est une source d'erreur scientifique. Par exemple, parler de « phytoplancton » (concept fonctionnaliste) en pensant qu'il souscrit à la contrainte de monophylie peut conduire à des incompréhensions. La réflexion sur les termes est rendue encore plus nécessaire par le risque d'accroissement de la confusion que pourrait entraîner la multiplication des termes et des cahiers des charges. Cette réflexion pourra être étendue à d'autres objets que les unités canoniques de la biologie et leurs concepts adjacents (avec lesquels il y a confusion possible). Elle pourra par exemple être étendue aux tissus, vu des cas tels que le fait que le mésoderme soit monophylétique et l'ectoderme diphylétique chez *Xenopus*, tandis que chez *Danio*, le mésoderme est paraphylétique et l'ectoderme monophylétique⁶⁻⁷.

Résultats – Sans prétendre à l'exhaustivité, cette analyse comparative de réponses variées données par des acteurs de différentes manières de faire de la biologie devrait permettre l'identification de raisons théoriques et pratiques qui mènent déjà à un pluralisme ontologique, le rendent possible, ou s'y opposent. L'exposé de ces raisons sera utile, soit pour défendre et affiner ce pluralisme, soit pour le critiquer. En effet, la synthèse des

argumentations apportera une preuve empirique de ce que peut signifier un pluralisme ontologique, et de quels aspects du pluralisme échouent à être opérants pour la science biologique. Cela offrira aux philosophes une conception positive d'un pluralisme ontologique construit dans un cadre précis, et non comme simple négation du monisme ontologique. Dans le même temps, la clarification des ontologies en jeu et les propositions pour affiner et compléter la nomenclature seront utiles pour accorder la biologie aux découvertes de l'ère post-génomique et faciliter les recherches proposant des interfaces novatrices, en permettant d'employer de nouveaux concepts dépourvus d'ambiguïté et d'améliorer ainsi la communication entre scientifiques de disciplines différentes et avec le public.

Valorisation des travaux de recherche : Deux publications prévues pendant la thèse (Une en revue de philosophie, une de biologie) ; Environ quatre participations prévues à des colloques, dont ISHPSSB (philosophie de la biologie) et colloque de la SFS (Société Française de Systématique) ; Articles de vulgarisation dans le Trimestriel Espèces

Collaborations & ouvertures internationales envisagées : Philippe Huneman (Paris-1), Thomas Heams (AgroParisTech), Éric Bapteste (Sorbonne Université), Sylvain Charlat (Lyon-1), John Dupré (University of Exeter), Daniel Nicholson (George Mason University), W. Ford Doolittle (Dalhousie University), CHPB – Consortium d'Histoire et de Philosophie de la Biologie (Duke, Toronto, Montréal, Cambridge, Paris-1) / *Expertise méthodologique* : Cyrille Jeancolas (Durham University), Élise Martin (Institut Gustave Roussy)

Références

1. Huneman, P. & Walsh, D. M. (Eds.) *Challenging the modern synthesis: adaptation, development, and inheritance*. (Oxford University Press, 2017).
2. Doolittle, W. F. Phylogenetic Classification and the Universal Tree. *Science* **284**, 2124–2128 (1999).
3. Merlin, F. & Riboli-Sasco, L. Inheritance as evolved and evolving physiological processes, *Acta Biotheoretica* **68**, 417-433 (2021).
4. Brüssow, H. The not so universal tree of life or the place of viruses in the living world. *Phil. Trans. R. Soc. B* **364**, 2263–2274 (2009).
5. Youssoufian, H. & Pyeritz, R. E. Mechanisms and consequences of somatic mosaicism in humans. *Nat. Rev. Genet.* **3**, 748–758 (2002).
6. Briggs, J. A. *et al.* The dynamics of gene expression in vertebrate embryogenesis at single-cell resolution. *Science* **360**, 980 (2018).
7. Farrell, J. A. *et al.* Single-cell reconstruction of developmental trajectories during zebrafish embryogenesis. *Science* **360**, 979–986 (2018).
8. Bapteste, E. *et al.* The Epistemic Revolution Induced by Microbiome Studies: An Interdisciplinary View. *Biology* **10**, 651 (2021).
9. Pradeu, T. *Les limites du soi: immunologie et identité biologique*. (Presses de l'Uni. de Montréal, Vrin, 2009).
10. Haggerty, L. S. *et al.* A Pluralistic Account of Homology: Adapting the Models to the Data. *Mol. Biol. Evol.* **31**, 501–516 (2014).
11. Nicholson, D. J. & Dupré, J. (Eds.) *Everything flows: towards a processual philosophy of biology*. (Oxford University Press, 2018).
12. Dupré, J. Processes, Organisms, Kinds, and the Inevitability of Pluralism. in Bueno, O., Chen, R.-L. & Fagan, M. B. (Eds.) *Individuation, Process, and Scientific Practices*. (Oxford University Press, 2018).
13. Doolittle, W. F. & Bapteste, E. Pattern pluralism and the Tree of Life hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104**, 2043–2049 (2007).
14. Lecointre, G., Schnell, N. K. & Teletchea, F. Hierarchical analysis of ontogenetic time to describe heterochrony and taxonomy of developmental stages. *Sci. Rep.* **10**, 19732 (2020).
15. Bapteste, E. & Huneman, P. Towards a Dynamic Interaction Network of Life to unify and expand the evolutionary theory. *BMC Biol.* **16**, 56 (2018).
16. Hoquet, T. & Merlin, F. (Eds.) *Précis de philosophie de la biologie*. (Vuibert, 2014).
17. Griffiths, P. E. & Stotz, K. Experimental Philosophy of Science. *Philos. Compass* **3**, 507–521 (2008).
18. Boumans, M. & Leonelli, S. Introduction: On the Philosophy of Science in Practice. *J. Gen. Philos. Sci.* **44**, 259–261 (2013).