

L'écriture en biologie : des limites de l'abstraction aux méthodes d'une approche organiciste.

Anton Robert

30 mai 2023

“Si l’on considère que la voie suivie jusqu’à présent par l’humanité est totalement favorable à son avenir, c’est-à-dire si l’on accorde une totale confiance dans toutes ses conséquences à la fixation agricole, cette perte de la pensée symbolique multidimensionnelle n’est pas à considérer comme autre chose que l’amélioration de la course des Équidés lorsque leurs trois doigts se sont réduits à un seul. Si par contre on considère que l’homme réaliserait sa plénitude dans un équilibre où il garderait contact avec la totalité du réel, on peut se demander si l’optimum n’est pas rapidement dépassé à partir du moment où l’utilitarisme technique trouve dans une écriture complètement canalisée le moyen d’un développement illimité.” — (Leroi-Gourhan (1964), p. 293)

1 Contexte scientifique

L’Anthropocène est un symptôme, en partie au moins, d’une vision mécaniciste du vivant. Cette philosophie (symbolisée par la pensée fondatrice de Descartes) est vivement critiquée aujourd’hui, mais la biologie n’effectue que lentement sa mue. Il est en effet commun d’entendre que nous devons “changer notre rapport au vivant”, rarement qu’il faut proposer de nouvelles théories en biologie. Or, dès 1913, Radl notait déjà qu’un savant qui sent son appartenance à la nature et qui ne se tient pas devant elle comme devant des phénomènes étrangers était un vitaliste — et non un mécaniste (Canguilhem, 1992a). La proximité de débats écologiques contemporains avec l’histoire de la biologie devrait nous inviter à une réflexion épistémologique sur nos pratiques actuelles. Ne devrait-on pas s’alarmer qu’une théorie permette l’attribution d’un prix Nobel en 2020 à une personne affirmant pouvoir “reprogrammer” le vivant ou “contrôler l’évolution” (Doudna and Sternberg, 2017; Longo, 2021) ?

Congédier trop rapidement le mécanisme — et ses apports à la biologie — reviendrait à faire la même erreur, celle d’oublier l’histoire des sciences. Les excès de cette philosophie ne sont pas propres à notre époque, ils apparaissent avec plus ou moins d’insistances depuis plusieurs siècles, de sorte que pour Canguilhem, le vitalisme incarnerait “la méfiance permanente de la vie devant la mécanisation de la vie.” (Canguilhem, 1992a). Néanmoins, l’omniprésence d’artefacts numériques interconnectés nous oblige aujourd’hui à repenser profondément les termes de ce débat et son enjeu. Le canard de Vaucanson s’est numérisé avec le dogme central de la biologie moléculaire (Longo et al., 2012), et tout algorithme suffisamment “intelligent” prend corps dans un hardware auquel on prête trop facilement vie (Roli et al., 2022).

En science, cette dialectique de l’organisme et de la machine se révèle dans les modèles mathématiques utilisés pour décrire le vivant. Bien que nombreux soient ceux qui refusent à raison l’assimilation d’un organisme à une machine, les études effectivement réalisées en biologie recourent quasiment toutes à l’épistémologie de la physique. Par exemple, on rencontre la notion de bruit (pour la mesure), la notion d’équilibre (d’Hardy-Weinberg), le

transfert d’informations (dogme central de la biologie moléculaire), une distribution unimodale de probabilité pour des fréquences d’allèles (qui institue un écart à une moyenne), des réseaux de gènes décrits sur des topologies prédéfinies (Waddington), des optimisations pour décrire des morphologies (fractales, ratio surface/volume, etc.), une diversité de programmes (génomes) sélectionnés par des forces externes (environnement). En utilisant des méthodes adaptées à la matière inerte, on apprend des constituants d’un être, des processus physico-chimiques qui le constituent, mais on ne parle pas d’organismes. Peut-on, alors, modéliser ces derniers ? Avec nos machines numériques ? Comment (Glade, 2022) ?

Ces questions ne sont pas sans rapport avec les instabilités actuelles du cadre théorique de la biologie. Les modélisations décrites ci-dessus constituent des manières de le rendre sensible, et révèlent ainsi le réductionnisme physicaliste qui le sous-tend — qui pose que les *théories* en biologie doivent pouvoir se réduire à celles de la physique. La reconnaissance des influences du développement et de la plasticité des organismes sur l’évolution ont bousculé l’approche néodarwinienne (West-Eberhard, 2003). La théorie synthétique de l’évolution, dans sa version étendue (Laland et al., 2015), reconnaît les transmissions non génétiques, l’apparition de nouveautés phénotypiques, la possibilité pour un organisme de modifier son environnement, et d’autres complexifications pour la compréhension du monde vivant. Néanmoins, en retrouvant de sa validité, cette extension n’apporte guère de nouvelles méthodes fructifiables. Plutôt, elle s’affaiblit en se permettant de tolérer des observations qui contredisent les principes qui constituent son noyau dur. Pour qu’une théorie garde sa cohérence interne tout en gardant une puissance déductive, il lui faut des principes rigoureux, exploitables et générateurs, c’est-à-dire qui posent des nécessités et non seulement des possibilités.

2 La tradition organiciste

Une longue tradition organiciste a vu Claude Bernard, Jean Piaget, ou encore Francisco Varela essayer de définir rigoureusement ce que, au XVIIIe siècle, Emmanuel Kant avait identifié comme entité capable d’auto-organisation. Récemment, une définition formelle s’articulant à la thermodynamique hors équilibre et réunissant les efforts de ces dernières décennies a été proposée (Montévil and Mossio, 2015; Kauffman, 2019). Ce travail s’inscrit dans une aventure scientifique plus large qui a pour but de faire rebondir la biologie dans de nouvelles directions (Noble, 2008; Bailly and Longo, 2011; Soto et al., 2016; Kauffman, 2019) — au-delà du paradigme qui conçoit le vivant par analogie avec les machines. Ainsi, trois principes fondamentaux ont été posés pour décrire un organisme (Soto et al., 2016). Ils résultent d’une réflexion épistémologique importante pour distinguer la biologie de la physique. Pour rappel, la physique étudie les changements d’état d’un système dans un espace prédéfini, sur la base d’invariants et de symétries. Cette discipline s’intéresse aux relations entre les propriétés génériques d’objets (masse, charge, taille, etc.).

Le *principe de variation* pose que les organismes biologiques sont *spécifiques*, c’est-à-dire que la structure mathématique nécessaire à leur description varie dans le temps de manière fondamentalement *imprédictible*. Étant donné que les variations pertinentes pour la biologie sont fonctionnelles, ce principe implique que décrire un objet d’étude nécessite de parler de son *histoire* et de son *contexte*, qui sont uniques.

Parallèlement au principe d’inertie de Galilée, le *principe d’état par défaut des cellules* est posé : elles sont *motiles*, et *prolifèrent* (avec variation selon le premier principe, car

elles sont différentes deux à deux). Les causes qui doivent être explicitées par la théorie biologique sont, comme en physique, les écarts à l'état d'inertie. Cependant, on ne cherche plus les forces extérieures s'exerçant sur un objet pour le mettre en mouvement, mais les *contraintes* qui agissent sur l'état par défaut cellulaire. On doit expliquer une mobilité amoindrie, l'absence ou l'excès de prolifération, mais pas la motilité ni la prolifération en soi.

Le troisième *principe d'organisation* émerge du travail qui formalise l'idée de Kant, mentionnée plus haut. Il postule qu'un organisme est organisé selon le modèle de *clôture de contraintes*, où les concepts cruciaux de processus, contraintes et fonctions biologiques sont rigoureusement définis. Cette notion permet de donner des racines théoriques à la notion d'autonomie biologique (Moreno and Mossio, 2015).

Les changements pour la science sont majeurs, car on explique plus les régularités d'un système en faisant appel à la régularité de ses parties constituantes (et de leurs interactions). Dans ce nouveau paradigme, les parties du système varient intrinsèquement, et la stabilité du système procède de son organisation circulaire. C'est un basculement ontologique (pour le vivant) qui ouvre des voies véritablement nouvelles et pertinentes. L'épistémologie, les théories, et les modélisations en biologie ne peuvent être réduites à celles de la physique.

Plus récemment, les articulations successives de ces principes ont conduit à plusieurs concepts. D'abord celui d'*anti-entropie* qui mobilise l'historicité des organismes (Montévil, 2020) et la clôture de contrainte. Ensuite, le concept de production d'anti-entropie intègre la notion de nouveauté au principe d'organisation (Montévil, 2019b). Ces deux concepts, qui posent ainsi la question du temps biologique (passé pour l'histoire ou futur pour les nouveautés), sont aussi fructueux pour théoriser rigoureusement le concept de disruption en biologie (Montévil, 2022).

L'articulation de l'épistémologie de la physique avec celle de l'histoire naturelle a conduit ces théoriciens à introduire une nouvelle *forme d'écriture* scientifique. Celle-ci articule des diagrammes qui permettent l'*abstraction* de certaines parties d'un être vivant, mais en y incorporant des symboles qui représentent des objets *matériels* de la réalité et qui *complémentent* ainsi les objets abstraits. (Montévil and Mossio, 2020).

3 Questions et objectifs du projet

Il n'est toutefois que peu étonnant qu'une *compréhension* non réductionniste du vivant puisse nécessiter que les biologistes théoriciens adoptent un savoir-faire original, et donc une nouvelle *écriture*. Si l'on adopte le point de vue de Bernard Stielger, qui met en avant les conditions de possibilités techniques des phénomènes observés, la trace graphique scientifique permet la *transmission* et l'*élaboration* du savoir. Un article scientifique est d'abord le *locus* de la pensée d'un "géant" (selon l'adage de Newton) qui permet l'élaboration de la connaissance sur des échelles de temps académiques, transgénérationnelles. L'écriture est ensuite la condition de possibilité de l'élaboration immédiate du savoir en libérant la *mémoire* du chercheur qui a des capacités de rétentions finies, tout en changeant les possibilités de raisonnement, qu'elles se matérialisent par des formes textuelles ou graphiques. C'est l'organisation du support inorganique (roseau et argile, encre et papier, craie et tableau, clavier et transistors, etc.) qui permet à la pensée d'un ou plusieurs chercheurs de progresser en l'extériorisant par des traces signifiantes :

“it is *starting* from the *epiphylogenetic* trace, the trace that appears with *technical life*, that it is possible for us to discern the trace that constitutes life *in general*, and to access it, and not the other way around.” — (Stiegler, 2020).

La *biologie* n’échappe pas à ses conditions de possibilités techniques, et donc manuscrites.

Si l’écriture scientifique est une trace mnésique et génératrice de la pensée objectivante, elle contraint les *évolutions* possibles à cette dernière. Les développements géniaux de la physique ces derniers siècles ont institué l’écriture mathématique en sciences naturelles. Or, celle-ci manipule des objets *abstrait*s, dépourvus de matérialité, et essentialisés à leurs propriétés *génériques*. Les racines de cette épistémologie remontent aux prémisses des sciences :

“Lorsqu’on pose des attributs séparés des attributs qui les accompagnent, et qu’on les soumet à l’examen en tant que tels, on ne sera pas pour cela dans l’erreur, pas plus que le géomètre qui, tirant une ligne sur le sol, admet qu’elle a un pied de long quand elle ne l’a pas, car l’erreur ne réside pas dans les prémisses du raisonnement.” (Métaphysique XIII.3, 1078a, Aristote, trad. J. Tricot éd. 1953)

Aujourd’hui, l’état de dégradation de la biosphère témoigne que l’abstraction naïve des organismes n’est pas unilatéralement bénéfique. Or, si “l’erreur” n’est pas aujourd’hui commise par le scientifique, qui est responsable des raccourcis épistémologiques délétères, ou des scientismes qui s’instituent comme forme de gouvernance ? Aristote adoube pour quelques dizaines de siècles la *libido sciendi* de physico-mathématiciens aventureux.

C’est donc la question de la relation entre scientificité et abstraction qui se pose avec la biologie théorique. Depuis Darwin, il apparaît que l’épistémologie de la physique et son écriture *centralement* mathématique est *insuffisante* pour comprendre le vivant (Bailly and Longo, 2011). René Thom disait, dans un élan clairvoyant d’honnêteté intellectuelle de physico-mathématicien, que la théorie de l’évolution n’était pas scientifique, car les possibilités n’étaient pas prédéfinies (comme les structures physico-mathématiques le demandent). Un objet matériel peut-il être considéré scientifiquement si l’on ne peut le séparer de ses attributs ? La réponse de Jacques Derrida est ambiguë quand il souligne que :

“l’écriture n’est pas seulement un moyen auxiliaire au service de la science — et éventuellement son objet — mais d’abord, comme l’a en particulier rappelé Husserl, dans L’origine de la géométrie, la **condition de possibilité des objets idéaux** et donc de l’objectivité scientifique. Avant d’être son objet, l’écriture est la condition de l’*épistémè*.” (Derrida (1967), p. 42).

Le sous-entendu que “l’objectivité scientifique” repose *exclusivement* sur les “objets idéaux” révèle à la fois l’omniprésence historique de l’écriture mathématique dans les sciences naturelles, mais elle laisse entrouverte la possibilité d’une science qui n’est pas asservie “à l’utilitarisme technique [qui] trouve dans une écriture complètement canalisée le moyen d’un développement illimité.” (Leroi-Gourhan (1964), p. 293, citation complète en p. 1).

En travaillant sur les formes d’écritures introduites par Maël Montévil et Matteo Mossio, notre projet recouvrira quatre aspects que l’on peut détailler comme ceci :

1. En considérant l’organisation de symboles qu’ils proposent comme la *conséquence* d’une *déconstruction* méthodique des objets idéaux dans les structures physico-mathématiques, nous approcherons d’une nouvelle manière l’introduction de traces graphiques qui comblent les lacunes de l’abstraction dans une pensée théorique rigoureuse.

2. En nous appropriant ce nouvel *outil graphique*, nous tenterons de le rendre *fonctionnel*, de sorte que des biologistes puissent se l'*approprier* grâce à des *méthodes* qui *accompagnent* cette écriture. Nous ne faisons pas référence à des protocoles mécaniques, mais des *savoir-faire*, des lignes directrices généralement applicables, qui permettent à des chercheurs-artisans d'utiliser en pratique des théories pour générer des savoirs nouveaux.
3. Nous interrogerons l'écriture actuelle des biologistes — quand elle est assez formalisée — et la manière dont elle conditionne leur *épistémè*. Quels sont les problèmes épistémologiques qui proviennent d'une importation naïve des formes d'écritures de la physique ? Comment le graphisme linéaire, code sur un ruban infini d'une machine de Turing, a-t-il transformé l'ADN en *support mnésique unidimensionnel et idéal* ?
4. Enfin, nous essayerons de comprendre quels *types de connaissances* une biologie organiciste, dotée d'une écriture multidimensionnelle et "parlante"¹, peut générer sur le vivant. Quel degré d'*opérationnalité* permet-elle ?

4 Comment ?

“Les méthodes viennent à la fin” d’après Nietzsche. En effet, il faut modéliser et expérimenter pour porter un regard critique, puis poser des stratégies générales et partageables. Notre contribution principale ne pourra donc s’écrire qu’au bout de trois ans, mais elle nécessite des expérimentations méthodologiques (donc des productions scientifiques) pour ce faire.

À l’inverse de la démarche empirique largement adoptée aujourd’hui en biologie, les modélisations que nous proposerons procéderont du cadre théorique et de l’écriture nouvelle qui les accompagnent (Glade, 2022). Ce travail verra nécessairement l’apparition de nouveautés en termes de savoir-faire, au-delà d’une simple combinaison ou d’agencement de pratiques utilisées en biophysique. Quelques premières tentatives prometteuses ont été réalisées (Montévil et al., 2016; Bich et al., 2020; Montévil, 2022). Elles sont des exemples des travaux de modélisation que nous devons effectuer, *puis* généraliser pour donner des lignes directrices instituables. Des discussions et des collaborations étroites avec les auteurs de ces articles sont attendues, notamment avec Matteo Mossio et Leonardo Bich.

Avant d’entreprendre ces efforts, une appropriation solide des concepts théoriques est nécessaire ainsi qu’une fine appréciation des enjeux épistémologiques liés à la modélisation en biologie théorique (Glade and Stephanou, 2015). De potentiels collaborateurs, comme Franck Varenne, peuvent apporter leurs expériences pour orienter les recherches, ou participer à la discussion épistémologique concernant l’apport des méthodes générées (Varenne, 2013).

Il semble que nous pouvons distinguer deux étapes de notre travail futur. D’abord il faudra comprendre dans quelles mesures l’écriture sous la forme de la clôture de contraintes enrichit la modélisation des phénomènes biologiques (Bich et al., 2020). Les

1. Leroi-Gourhan distingue l’écriture que l’on parle (le langage phonétique) et l’écriture non phonétique qui “*parle*” et qu’il appelle “*mytho-graphie*”, en analogie avec la mythologie :

“[La mythographie] prévaut encore dans les sciences où la linéarisation de l’écriture est une entrave et l’équation algébrique, les formules de la chimie organique y trouvent le moyen de rompre la contrainte unidimensionnelle, dans des figures où la phonétisation n’intervient que comme un commentaire et où l’assemblage symbolique « parle » par lui-même.” — (Leroi-Gourhan (1964), p. 275)

modélisations biophysiques et bio-informatiques des parties d'un organisme peuvent-elles s'agencer pour la description du tout ? Qu'apporte la vision organiciste pour les modélisations des parties ? de l'organisme ? Peut-on formaliser une modélisation quantitative ? Est-ce que l'auto-détermination (sous forme d'auto-contrainte) d'un organisme est numériquement simulable ? Et en quel sens ? Des applications concrètes seront produites, critiquées et comparées pour être généralisées.

L'incorporation de l'historicité des organismes dans la modélisation est le nœud gordien du projet. Alors que la physique repose sur une épistémologie relationnelle, les pratiques expérimentales en biologie, récemment formalisées, montrent que l'histoire est au cœur de la biologie (Montévil, 2019a). Ceci souligne les lacunes des modélisateurs qui ne conçoivent pas l'histoire phylogénétique et ontogénétique de leurs objets d'études (Montévil, 2020). Grâce à des modélisations et des applications concrètes, nous essayerons, avec une nouvelle écriture, de concevoir l'historicité des organismes comme les expérimentateurs le font depuis longtemps déjà.

5 Enjeu sociétal

Ce travail qui a pour objectif de concrétiser l'écriture d'une biologie organiciste devra *faire corps* des concepts qui l'habitent. Or, ces derniers permettent de comprendre des problèmes systémiques de l'Anthropocène (Montévil, 2021). Brièvement, selon Bernard Stiegler et le collectif Internation, cette période peut se caractériser par un décalage entre un système technique et les savoirs nécessaires à son appropriation individuelle et sociale. Cette pensée prend racine dans celle de Leroi-Gourhan, qui conçoit l'évolution technique comme continuation de l'évolution biologique en dehors du corps chez *homo sapiens* (Leroi-Gourhan, 1964). Ainsi, la dégradation de la biosphère par notre système techno-économique nécessite de repenser en profondeur le fonctionnement de nos organes exosomatiques (Lotka, 1945; Canguilhem, 1992b). Intégrer la technosphère dans la biosphère nécessite de pouvoir décrire des modes d'organisation de processus biologiques et techno-économiques viables, c'est-à-dire qui résiste à la dégradation dans le temps (Stiegler et al., 2020). De ce point de vue, les formes d'écriture d'une biologie organiciste sont les conditions de possibilité d'une organologie générale, dont les enjeux dépassent largement le cadre de la science (Stiegler, 2020).

Références

- Bailey, F. and G. Longo (2011). *Mathematics and the Natural Sciences : The Physical Singularity of Life*. Number v. 7 in Advances in Computer Science and Engineering : Texts. London : Hackensack, NJ : Imperial College Press ; Distributed by World Scientific Pub.
- Bich, L., M. Mossio, and A. M. Soto (2020). Glycemia regulation : From feedback loops to organizational closure. *Frontiers in Physiology* 11.
- Canguilhem, G. (1992a). Aspects du vitalisme. In *La Connaissance de La Vie*. Vrin.
- Canguilhem, G. (1992b). Machine et organisme. In *La Connaissance de La Vie*, pp. 129–164. Vrin.
- Derrida, J. (1967). De la grammatologie. *Paris, Minuit*.
- Doudna, J. and S. Sternberg (2017). *A Crack in Creation : The New Power to Control Evolution*. Random House.

- Glade, N. (2022). Le vivant rare, faible et amorphe. évolution depuis les origines jusqu'à la vie telle qu'elle nous apparaît. Hdr, l'École Doctorale d'Ingénierie pour la Santé et l'Environnement Université Grenoble Alpes.
- Glade, N. and A. Stephanou (2015, August). *Le Vivant Critique et Chaotique*.
- Kauffman, S. A. (2019). *A World beyond Physics : The Emergence and Evolution of Life*. Oxford University Press.
- Laland, K. N., T. Uller, M. W. Feldman, K. Sterelny, G. B. Müller, A. Moczek, E. Jablonka, and J. Odling-Smee (2015, August). The extended evolutionary synthesis : Its structure, assumptions and predictions. *Proceedings of the Royal Society B : Biological Sciences* 282(1813), 20151019.
- Leroi-Gourhan, A. (1964). *Le Geste et La Parole-Tome 1 : Technique et Langage*, Volume 1. Albin Michel.
- Longo, G. (2021, August). Programming evolution : A crack in science. *Organisms. Journal of Biological Sciences*.
- Longo, G., P.-A. Miquel, C. Sonnenschein, and A. M. Soto (2012, August). Is information a proper observable for biological organization ? *Progress in biophysics and molecular biology* 109(3), 108–114.
- Lotka, A. J. (1945). The law of evolution as a maximal principle. *Human Biology* 17(3), 167–194.
- Montévil, M. (2019a, June). Measurement in biology is methodized by theory. *Biology & Philosophy* 34(3), 35.
- Montévil, M. (2019b, November). Possibility spaces and the notion of novelty : From music to biology. *Synthese* 196(11), 4555–4581.
- Montévil, M. (2020). Historicity at the heart of biology. *Theory in Biosciences* 141(2), 165–173.
- Montévil, M. (2021, May). Entropies and the anthropocene crisis. *AI & SOCIETY*.
- Montévil, M. (2022, March). Disruption of biological processes in the anthropocene : The case of phenological mismatch. Preprint, In Review.
- Montévil, M. and M. Mossio (2015, May). Biological organisation as closure of constraints. *Journal of Theoretical Biology* 372, 179–191.
- Montévil, M. and M. Mossio (2020, June). The identity of organisms in scientific practice : Integrating historical and relational conceptions. *Frontiers in Physiology* 11, 611.
- Montévil, M., L. Speroni, C. Sonnenschein, and A. M. Soto (2016, October). Modeling mammary organogenesis from biological first principles : Cells and their physical constraints. *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 122(1), 58–69.
- Moreno, A. and M. Mossio (2015). *Biological Autonomy : A Philosophical and Theoretical Enquiry*, Volume 12 of *History, Philosophy and Theory of the Life Sciences*. Dordrecht : Springer Netherlands.
- Noble, D. (2008). Claude bernard, the first systems biologist, and the future of physiology. *Experimental Physiology* 93(1), 16–26.

- Roli, A., J. Jaeger, and S. A. Kauffman (2022). How organisms come to know the world : Fundamental limits on artificial general intelligence. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9.
- Soto, A. M., G. Longo, D. Noble, N. Perret, M. Montévil, C. Sonnenschein, M. Mossio, A. Pocheville, P.-A. Miquel, and S.-Y. Hwang (2016, October). From the century of the genome to the century of the organism : New theoretical approaches. *Progress in Biophysics and Molecular Biology, Special issue 122*(1), 1–82.
- Stiegler, B. (2020, May). Elements for a general organology. *Derrida Today* 13(1), 72–94.
- Stiegler, B., J.-M. G. Le Clézio, A. Supiot, and Internation/Geneva2020 (2020). *Bifurquer : "Il n'y a Pas d'alternative"*. Les Liens qui Libèrent.
- Varenne, F. (2013). Modèles et simulations dans l'enquête scientifique : variétés traditionnelles et mutations contemporaines. pp. pp. 11.
- West-Eberhard, M. J. (2003). *Developmental Plasticity and Evolution*. Oxford University Press.