

Source	<i>Nature Sciences Société</i> vol. 22
Date	février 2014
Signé par	Laura RIVAL

Comment la biologie moléculaire française, couronnée en 1965 par le prix Nobel de physiologie et de médecine, attribué à André Lwoff, François Jacob et Jacques Monod, a-t-elle facilité la transition vers une nouvelle pensée biologique, aussi bien dans les sciences humaines que dans les sciences de la vie ? Quelles leçons philosophiques peut-on tirer aujourd'hui des débats autour de l'explication des phénomènes vivants qui ont marqué la publication presque simultanée de *L'ordre biologique* (Lwoff, 1969), *La logique du vivant : une histoire de l'hérédité* (Jacob, 1970), et *Le hasard et la nécessité : essai sur la philosophie actuelle et la biologie moderne* (Monod, 1970) ?

Ce petit ouvrage collectif, première ébauche de ce qui s'annonce comme une remise en actualité majeure de la réflexion sur la connaissance du vivant, montre avec force qu'il y a beaucoup à gagner à redécouvrir les questions fondamentales débattues à la fin des années 1960 par les scientifiques, philosophes et intellectuels qui s'intéressèrent à la découverte de l'ADN. À la lecture des neuf essais qui composent ce livre, et comme le souligne Michel Morange, auteur de *La vie, l'évolution et l'histoire* (Odile Jacob, 2011), dans l'introduction, on est en effet surpris et intrigué par la continuité des problèmes philosophiques. Aujourd'hui, comme à l'époque, ces problèmes restent liés à la critique de la rationalité, à la remise en cause de la conception positiviste des sciences héritée du XX^e siècle, ainsi qu'à la nature de l'objectivité scientifique dans l'explication des phénomènes vivants.

Le livre se compose de deux parties complémentaires : la première partie est consacrée à la présentation de l'œuvre scientifique de chacun des lauréats, la seconde au débat suscité par les trois ouvrages publiés après l'obtention du prix Nobel.

Laurent Loison, spécialiste des néolamarckiens français, nous explique comment la pensée d'André Lwoff sur les rapports entre la thermodynamique et la biologie évolua fondamentalement au cours de sa carrière. Sa démonstration s'appuie sur la comparaison de *L'ordre biologique*, publié en 1969, et de *L'évolution physiologique*, publié en 1944. Bien que *L'ordre biologique* soit un texte de vulgarisation et de synthèse sur les modifications fondamentales apportées par la biologie moléculaire à la façon de concevoir la nature du vivant, on ne peut en apprécier toute la signification que si on le compare à *L'évolution physiologique*, ouvrage qui réactualisait la pensée de Claude Bernard à travers une étude des besoins nutritifs des organismes unicellulaires. Tout en mettant en lumière la similarité des mécanismes fondamentaux à l'œuvre chez tous les êtres vivants, Lwoff conçoit l'évolution biologique en relation avec les principes de la thermodynamique, c'est-à-dire comme étant liée à la dégradation inéluctable issue du jeu des lois fondamentales de l'évolution physico-chimique. Il démontre que l'évolution physiologique des unicellulaires, guidée par une nécessité interne au vivant, s'apparente à une succession de pertes de fonctions, ce qui rend leur extinction certaine et inéluctable. Comme les paléontologues américains du XX^e siècle, il envisage donc l'évolution sous le mode régressif. Pour Loison, il ne fait pas de doute que Lwoff pense le second principe de la thermodynamique « non pas comme une métaphore ou un modèle distant, mais bien comme un principe qui s'applique à l'évolution des êtres vivants » (p. 21). Étant donné que « l'évolution

physiologique se joue à l'échelle des molécules protoplasmiques et de leurs transformations chimiques », il est à la fois légitime et nécessaire « d'intégrer les enseignements de la thermodynamique à la compréhension des phénomènes temporels chez les êtres vivants », ce qui, de fait, contribue à faire de Lwoff un héritier de la pensée néolamarckienne. Loison en conclut que Lwoff, toute sa vie durant, s'intéressa aux processus physicochimiques de la vie. Si en 1944 il conçoit les êtres vivants essentiellement comme des machines biochimiques, et l'ordre biologique strictement comme un ordre biochimique, en 1969, après vingt ans de réflexion, il en vient à abandonner complètement l'idée selon laquelle le vivant, sa physiologie et son évolution peuvent être compris à partir de la thermodynamique, idée qu'il tenait de Schrödinger, auteur du célèbre *Qu'est ce que la vie ?* En affirmant en 1969 l'irréductibilité de l'ordre biologique, fruit lui-même de l'évolution biologique, Lwoff soutient tout d'abord que l'ordre biologique est un ordre double, à la fois structural et fonctionnel (p. 23). D'autre part, il affirme que la notion d'information, telle qu'elle est construite dans le champ de la biologie moléculaire, n'est ni comparable ni réductible à celle qui prévaut en physique. Si l'information, conçue par le physicien comme un concept quantitatif, peut être reliée à l'entropie, ce n'est pas le cas en biologie, où l'information est avant tout un concept qualitatif (*ibid.*).

Jean Gayon, historien du darwinisme et de la génétique, s'attache à montrer que Jacques Monod, qui, à la différence de Lwoff, fut l'homme d'une seule époque et d'un seul problème (celui des modalités de contrôle des fonctions enzymatiques), s'intéressa toute sa vie aux rapports entre la thermodynamique et la biologie, question qui, nous venons de le voir, fut aussi au centre des préoccupations de Lwoff. Pour nous en convaincre, Gayon préfère se pencher sur sa thèse (*Recherches sur la croissance des cultures bactériennes*, 1942) et sur un manuscrit inachevé et inédit traitant du déterminisme génétique auquel les mécanismes d'induction et de répression enzymatiques sont soumis (*Cybernétique enzymatique*, 1959), laissant ainsi de côté *Le hasard et la nécessité*. Ce choix lui permet de mettre en évidence la transition que Jacques Monod opéra de la biochimie à la génétique, tout en dégagant les thèses méthodologiques et ontologiques qui sous-tendent la conception que le chercheur a de la biologie en tant que science théorique (p. 33). Gayon réfléchit sur le fait que la méthode de prédilection de Monod est la méthode hypothético-déductive, qui convient parfaitement à son pragmatisme modéré (p. 35). Il parle ensuite de la conception que le chercheur se fait des relations entre données expérimentales et modèles théoriques, ainsi que des trois principes heuristiques qui pour Monod sont essentiels à la recherche en biologie : (1) les limites des outils traditionnels de la biochimie pour expliquer les phénomènes métaboliques, et en particulier des lois statistiques ; (2) le rôle central de la génétique pour découvrir et expliquer les mécanismes à l'œuvre en biologie cellulaire ; (3) l'évolution comme niveau ultime de l'explication biologique, ce qui le rapproche de Ernst Mayr, dont il s'inspire pour concevoir la génétique comme le lieu d'articulation privilégié entre « causes immédiates » et « causes évolutives » (p. 39). C'est donc à partir d'une réflexion méthodologique sur les principes heuristiques spécifiques aux sciences de la vie que Monod va s'intéresser aux questions ontologiques, inséparables de l'importance théorique qu'il accorde à la spéculation. Gayon en dégage cinq. La première concerne l'expression « démons de Maxwell », utilisée pour caractériser les enzymes, signalant ainsi les particularités physicochimiques de la vie. La deuxième porte sur le double déterminisme génétique, c'est-à-dire la distinction entre gènes informateurs et gènes régulateurs. La troisième concerne le concept de « mémoire cellulaire » dans la transmission des modifications durables de l'adaptation enzymatique, qui, pour Gayon, reprend

nécessairement la thèse lamarckienne, elle-même indissociable du contexte culturel français. La quatrième a trait à la vie elle-même, dont Monod semble avoir une vision cinétique (le mouvement en est le principe de base), ancrée dans la méthode chimique qu'il maîtrise parfaitement, tout en portant un regard critique sur une conception générale dynamique de la vie, qu'il récuse. La cinquième, enfin, porte directement sur le déterminisme génétique de l'adaptation, conçu en termes cybernétiques.

Pour parler du livre de François Jacob, devenu aujourd'hui un grand classique, Stéphane Schmitt, historien de la biologie et spécialiste de Buffon, choisit de montrer comment Jacob se fait philosophe en replaçant la biologie nouvelle qu'il a contribué à créer dans son contexte historique (p. 47), à la différence de Monod, qui « suggère des thèses philosophiques au détour de conjectures scientifiques très précises » (p. 41). Jacob fut l'étudiant de Lwoff, dont il continua les travaux sur la reproduction virale (p. 58). Plus que le contexte scientifique du travail de l'Institut Pasteur sur la lysogénie (état dans lequel se trouve une bactérie dont le génome a été infecté par celui d'un virus bactériophage), et beaucoup plus que les résultats obtenus sur les bactéries (qui indiquaient pourtant la manière dont certains gènes sont activés ou inhibés par des facteurs environnementaux), c'est la primauté de l'histoire chez Jacob qui fascine Schmitt (p. 45-46). Dans sa préface, Pierre Nora insiste aussi sur l'influence indubitable de Kuhn et de Foucault sur *La logique du vivant*. Schmitt nous rappelle que Jacob conçoit deux façons opposées d'étudier l'histoire des sciences : l'approche progressiste traditionnelle, qui ne peut tout expliquer (en particulier les singularités), et l'approche paradigmatique ou généalogique qui met en valeur les redécouvertes (plutôt que les progrès cumulatifs), et qui montre que la science, loin d'être une recherche de la vérité objective, met en jeu la production d'une réalité sans cesse changeante (p. 52). Cette réalité, pour la biologie nouvelle, c'est l'organisation hiérarchique des êtres vivants. Schmitt montre bien comment l'organisation même du livre, qui suit un ordre à la fois chronologique et hiérarchique (chaque niveau d'organisation fait l'objet d'un chapitre, du plus englobant au plus fin), reflète certains choix ontologiques qui aboutissent à la conclusion, bien au-delà des conclusions de Kuhn ou de Foucault, que « la logique du vivant, c'est aussi la logique de l'histoire » (p. 53).

Les essais composant la deuxième partie de l'ouvrage sont à la fois plus courts et plus divers. Michel Morange revient sur l'essor de la biologie moléculaire à la fin des années soixante en France et sur la façon dont le nouveau champ scientifique s'articule avec la révolution kuhnienne, ce qui, selon lui, explique en grande partie pourquoi les débats qui suivirent la parution de *L'ordre biologique*, *La logique du vivant*, et *Le hasard et la nécessité* sont toujours très actuels. Il commence par montrer que la rencontre, puis le rapprochement entre la génétique et la biochimie autour de la description des trois grands types de macromolécules biologiques (ADN, ARN et protéines), constituent une véritable révolution scientifique, dont les trois « découvertes » essentielles sont : la nature chimique des gènes, le rôle d'intermédiaire joué par l'ARN entre les gènes et les protéines, et le rôle régulateur des protéines sur l'activité des gènes. De plus, ces découvertes permettent une nouvelle compréhension des relations entre l'ADN, l'ARN, et les protéines. La vision informationnelle du vivant rend la description du fonctionnement du vivant en termes de matière et d'énergie insuffisante, sinon obsolète. On aboutit ainsi à une naturalisation définitive des phénomènes sous-tendant la vie, maintenant perçue comme un réseau où l'information circule, tant au sein des êtres vivants que de génération en génération (p. 56). Après avoir décrit en détail l'étude entreprise par Jacob sur les échanges génétiques entre bactéries, tout en rappelant que celle-ci se déroula en parallèle à l'étude du phénomène

d'adaptation des bactéries au lactose par Monod, Morange montre que les expériences menées par les deux savants débouchèrent sur un même modèle théorique combinant les méthodes de la biochimie et celles de la génétique, l'opéron (p. 61). Pour finir, il insiste sur l'originalité de la biologie pasteurienne et le renom international de l'école française de biologie moléculaire, qui, en montrant comment l'activité des gènes est différenciellement régulée dans un organisme multicellulaire, a donné naissance à un nouveau domaine de recherche très actif, à l'interface de la biologie du développement et de la biologie de l'évolution, l'« évo-dévo » (p. 62). Pour conclure, Morange en vient au débat – sur la question de l'évolution, la valeur du darwinisme et le rôle du hasard – suscité par les propos à portée philosophique de Jacob et de Monod, qui, somme toute, se révèlent être aussi spécifiquement français que les découvertes scientifiques qui en sont à l'origine. Pour Morange, il ne fait pas de doute que si nous sommes plus appréciatifs aujourd'hui de la diversité du vivant et du pouvoir créateur de l'évolution, il n'en reste pas moins vrai que les résultats obtenus par Jacob et Monod ont percé le secret de la vie à jamais. En transformant la question de la vie en une question d'histoire, ils ont bel et bien tourné une page de l'histoire de la biologie.

Dans l'essai suivant, Frédéric Worms, spécialiste de l'œuvre d'Henri Bergson, commente la réception du livre de Jacob par Canguilhem, qui réagit favorablement à l'affinité des idées de Jacob avec celles de Foucault. Cela ne l'empêche pas de se distancier du scientifique et du philosophe, qui, tous deux, ont décidé d'affirmer le primat du modèle du langage et de la logique, aussi bien dans les sciences de la vie que dans les sciences de l'homme « comme si la logique du vivant confirmait la logique de l'histoire » (p. 71). Il est important pour Canguilhem d'insister sur les limites de la révolution biologique et de sa lecture historique, non pas pour contester le nouveau modèle du vivant, mais pour le circonscrire (p. 68). D'après lui il y a en effet dans la réflexion philosophique de Jacob une tendance à réduire la complexité de la vie à un rapport de fréquence statistique ou à des modèles purement logiques. Canguilhem met en avant une vraie philosophie des vivants et de la vie compatible non seulement avec les sciences du vivant, mais aussi avec *les expériences* des vivants (p. 7273), ce qu'il illustre merveilleusement à travers une discussion de l'erreur, et même de l'errance, qui, loin d'être des failles, jouent un rôle positif de premier plan dans la reproduction des structures du vivant. Comme le dit si bien Worms, pour Canguilhem, tout se passe comme si la structure même du vivant comportait en elle une nécessité qualitative et subjective propre au vivant. Cette nécessité se perd dans les modèles qui ne sont pas issus de la vie (p. 74).

Stéphane Tirard, historien des sciences de la vie qui a récemment écrit sur l'affaire Lyssenko, offre une analyse absolument passionnante de la réception des idées de Jacques Monod par Althusser, ce qui lui permet de faire le point sur le contexte politique et idéologique français dans lequel *Le hasard et la nécessité* a été reçu, tout en montrant la complexité des désaccords profonds qui existaient à l'époque sur le matérialisme dialectique. Tirard nous dit que dans sa leçon inaugurale au Collège de France, Monod « conclut que c'est le langage qui aurait créé l'homme, plutôt que l'homme le langage » (p. 79), propos qui amène Althusser à tenter de réduire les idées de Monod à celles de Teilhard de Chardin. La dispute autour du concept de noosphère que rapporte ensuite Tirard illustre les difficultés rencontrées, à l'époque comme aujourd'hui, pour asseoir une biologie matérialiste sur un modèle linguistique.

François Euvé, physicien, théologien jésuite et spécialiste d'Alfred North Whitehead, revient sur Teilhard de Chardin et, plus généralement, sur l'entreprise séculaire des

théologies naturelles. Il pose une série de questions sur le postulat naturaliste matérialiste, et demande : « dans quelle mesure une dimension religieuse restet-elle pertinente dans le contexte de l'acquis de la biologie moderne ? » (p. 91). Il offre ensuite une réflexion sur la foi chrétienne, l'éthique et les sciences de la vie, tout en faisant référence à Robert Boyle, avant d'aborder les grandes idées de Teilhard de Chardin, qu'il compare brièvement à celles de Whitehead, passant malheureusement sous silence celles de Bruno Latour.

Dans le chapitre qui clôt cet ouvrage, Claude Debru, auteur, entre autres, du fameux *Le possible et les biotechnologies : essai de philosophie dans les sciences* (PUF, 2003), revient sur François Jacob pour montrer l'importance de sa réflexion à la fois épistémologique et ontologique sur la catégorie du possible, catégorie qui a joué un rôle considérable, selon lui, dans le développement des biotechnologies. Il met en avant l'héritage intellectuel de Jacob, en particulier le fait que « les objets complexes, fruits d'une évolution, présentent dans leur fonctionnement un mélange de contraintes et d'histoire, où la part de l'histoire augmente avec la complexité » (p. 102). Il conclut en disant que le réel est inclusif du possible, mais le lecteur non initié reste curieux sur ce que Jacob lui-même pensait des développements récents en biotechnologie.

On l'aura compris, cet ouvrage contient des réflexions sur la nature du vivant, la biologie cybernétique, la biotechnologie, et la relation entre science, religion, éthique et politique, qui sont au cœur de la problématique interdisciplinaire de ce journal. Les essais qui le composent, motivés au premier chef par le désir de faire connaître à une nouvelle génération l'un des derniers grands débats intellectuels qui agiterent la société française après la Deuxième Guerre mondiale, n'appellent pas une lecture homogène ou complète des trois grands biologistes dont il est question, ou de la réception de leurs idées. En nous invitant à redécouvrir les idées d'André Lwoff, de François Jacob et de Jacques Monod, les auteurs de cet ouvrage nous rappellent que la cybernétique est loin d'être un courant de pensée figé ou mort, et que le débat sur la connaissance actuelle du vivant, peut, et doit, continuer.