



Gilbert Lechermeier

Préface de Michel Morange

Le vivant
La singularité et l'universel

Postface de Thomas Heams

Gilbert Lechermeier

Le vivant
La singularité et l'universel

Préface de Michel Morange

Postface de Thomas Heams

ÉDITIONS MATÉRIOLOGIQUES
Collection « Sciences & Philosophie »

La collection « Sciences & Philosophie » aux Éditions Matériologiques

dirigée par

Philippe HUNEMAN (IHPST), Guillaume LECOINTRE (MNHN), Marc SILBERSTEIN (EM)

Extraits du catalogue :

Pierre Darlu & Pascal Tassy, *La Reconstruction phylogénétique* (janvier 2019).

Laurent Palka (dir.), *Microbiodiversité. Un nouveau regard* (décembre 2018).

Larry Laudan, *Science et relativisme. Quelques controverses clefs en philosophie des sciences* (décembre 2017).

Marc Silberstein (dir.), *Qu'est-ce que la science... pour vous ?* (mars 2017).

Françoise Parot, *La Psychologie française dans l'impasse* (janvier 2017).

Mario Bunge, *Entre deux mondes. Mémoires d'un philosophe-scientifique* (septembre 2016).

Dominique Raynaud, *Qu'est-ce que la technologie ?* (février 2016).

Jean-Pascal Capp, *Nouveau regard sur les cellules souches* (décembre 2015).

L'évolution, de l'univers aux sociétés, sous la direction de Muriel Gargaud & Guillaume Lecointre (novembre 2015).

Jean Générumont, *Une histoire naturelle de la sexualité* (décembre 2014).

La Biodiversité en question. Enjeux philosophiques, éthiques et scientifiques, sous la direction de Elena Casetta & Julien Delord (juin 2014).

Apparenter la pensée ? Vers une phylogénie des concepts savants, sous la direction de Pascal Charbonnat, Mahé Ben Hamed, Guillaume Lecointre (février 2014).

Matériaux philosophiques et scientifiques pour un matérialisme contemporain, sous la direction de Marc Silberstein (décembre 2013).

Gilbert Lechermeier, *Le vivant. La singularité et l'universel*

ISBN (papier) 978-2-37361-204-2 / eISBN (PDF) 978-2-37361-205-9

ISSN 2275-9948

© Éditions Matériologiques, novembre 2019.

51, rue de la Fontaine au Roi, F-75011 Paris

materiologiques.com / contact@materiologiques.com

Photo de couverture, conception graphique, maquette, PAO, corrections : Marc Silberstein

Certaines figures ont été réalisées par Olivier Brosseau

DISTRIBUTION LIVRES PAPIER : Éditions Matériologiques

DISTRIBUTION EBOOKS : Cairn, Numilog, Cantook, etc.

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français du copyright, 6 bis, rue Gabriel-Laumain, 75010 Paris.

Préface de Michel Morange

Biologiste moléculaire et historien des sciences
École normale supérieure & Université Pierre et Marie Curie

Contrairement à ce qu'a écrit Michel Foucault, la question de la vie a hanté les philosophes et les naturalistes depuis l'Antiquité, et a été posée bien avant le XVIII^e siècle. De manière intéressante d'ailleurs, il n'y a jamais eu de doutes sur l'appartenance des plantes au monde du vivant, en dépit de ce que ces dernières n'avaient pas (ou peu) certaines des caractéristiques attribuées souvent à la vie, comme en particulier le mouvement.

La singularité du vivant a été longtemps expliquée par l'existence d'un principe ou d'une âme qui aurait radicalement distingué les êtres vivants des objets inanimés du monde. Cette possibilité s'est progressivement estompée à partir de la révolution scientifique des XVI^e et XVII^e siècles. Ce fut le grand œuvre des biologistes du XIX^e siècle de chercher à concilier leur conviction qu'il existait une singularité du vivant avec cette autre conviction que les êtres vivants appartenaient au monde naturel, et obéissaient au déterminisme physico-chimique. Claude Bernard fut le meilleur représentant de ces biologistes, mais contrairement à une légende tenace, Pasteur ne sacrifia pas au vitalisme et chercha lui aussi à trouver des explications naturelles de la singularité du vivant.

L'acceptation progressive de la théorie de l'évolution dans la seconde moitié du XIX^e siècle simplifia le problème, puisque l'origine commune de tous les êtres vivants expliquait pourquoi ils partageaient des caractéristiques semblables. Mais la nature précise de ces caractéristiques, et la manière dont elles étaient apparues naturellement, étaient ignorées.

La révolution moléculaire de la seconde moitié du XX^e siècle sembla apporter une réponse définitive : la singularité du vivant était dans les caractéristiques des êtres vivants que la biologie moléculaire

avait mises au jour, et en particulier dans l'existence d'une information génétique. Le secret de la vie avait été, selon Jacques Monod et Francis Crick, percé.

Mais cet espoir ne dura pas : il fut chassé par l'hypothèse proposée au milieu des années 1980 et largement acceptée aujourd'hui que le monde vivant actuel avait été précédé par un ou plusieurs autres mondes vivants dans lesquels n'existaient que des formes simples d'information génétique, voire pas d'information génétique du tout !

La situation actuelle est paradoxale. D'un côté, la majorité des biologistes ne s'intéresse pas à la question de la vie et ne s'interroge guère sur la nature de la singularité du vivant. De l'autre, quand ils s'y risquent, ils fournissent des réponses très diverses, démontrant *a contrario* que la question reste toujours sans réponses.

Il fallait donc un certain courage à Gilbert Lechermeier pour reprendre le flambeau des mains des biologistes du XIX^e siècle et poser à nouveau la question de la singularité du vivant, à la croisée de la philosophie et des sciences. Pour tenter de répondre à cette question, il est nécessaire de connaître à la fois la très riche tradition philosophique, mais aussi de maîtriser l'ensemble des nouvelles connaissances acquises sur le vivant. Si la révolution moléculaire n'a pas apporté « la » réponse, ce qu'elle a dit n'est cependant pas sans intérêt.

Gilbert Lechermeier a divisé son ouvrage en trois parties. Il fait d'abord un tour très complet des réponses données aujourd'hui par les scientifiques. Puis il fait une présentation synthétique des traditions philosophiques sur le vivant, avant de décrire avec beaucoup de précision dans la dernière partie trois modèles théoriques du vivant, ceux de Rosen, de Ganti et d'Eigen, qui ont renouvelé la réflexion sur la singularité du vivant dans la seconde moitié du XX^e siècle. Cette troisième partie est certainement la plus originale de l'ouvrage : l'analyse des trois modèles théoriques qui y est faite est la meilleure qu'il m'ait été donné de lire.

Gilbert Lechermeier est honnête : il ne prétend pas, comme malheureusement le font trop d'auteurs de livres, qu'il a résolu la question de la singularité du vivant. Il fait mieux : il nous offre une présentation large des hypothèses qui ont été faites, tant par les philosophes que par les biologistes, et il montre toute la valeur des modèles théoriques proposés au XX^e siècle. Sans être la solution, ils indiquent la direction dans laquelle la chercher. Il définit ainsi, mieux que quiconque avant lui, ce que devrait être, ce que sera une théorie de la singularité du

vivant. Elle a son origine dans l'histoire évolutive du vivant. Il s'agit de comprendre ce qui a permis cette histoire et engendré l'extraordinaire diversité du monde vivant.

Certains philosophes accueilleront peut-être ce livre avec scepticisme, le même scepticisme qu'ils manifestent vis-à-vis de la biologie de synthèse et de ses prétentions. Cet ouvrage sera pour eux un nouvel avatar de l'illusion que le secret de la vie est sur le point d'être percé, et que la synthèse *ex nihilo* d'êtres vivants artificiels sera bientôt réalisée. Ils auraient tort de fermer si rapidement la porte à de telles perspectives, et la lecture de l'ouvrage de Gilbert Lechermeier devrait les convaincre que la compréhension de la nature de la singularité du vivant, et des voies qui y ont conduit, n'est pas hors de portée de la pensée humaine.

Cet ouvrage devrait satisfaire un public large, de lecteurs au fait de ces questions et désireux de trouver une réflexion philosophique de qualité à d'autres, moins familiers de ces interrogations, qui apprécieront, dans les premières parties, un excellent «état des lieux»: la lecture ne pourra qu'être bénéfique à tous.

Entre rupture et continuité, saisir l'originalité de la vie

La théorisation de la singularité du vivant comme système matériel doté des propriétés qualifiées de vitales demeure une question délicate. En effet comment caractériser dans la démarche scientifique telle qu'elle se pratique ce qui fonde le vivant ? Et partant de cette difficulté initiale, comment identifier les contraintes et limites épistémiques qui rendent ardu tout effort de théorisation globale et unifiée ?

Il s'agit en somme de saisir la singularité du vivant en tant qu'objet matériel tout en l'inscrivant dans le monde physique avec lequel il échange matière et énergie. Cette démarche semble poser un double problème. C'est d'abord pouvoir penser la genèse de ces systèmes matériels à partir d'environnements non animés (prébiotiques ou antébiologiques) et ensuite pouvoir y repérer ce qui sur le fond les distingue des autres systèmes matériels. C'est donc vouloir appréhender le vivant dans ce qui le constitue en propre.

En définitive, il s'agit de pouvoir énoncer, au-delà de la recension la plus exhaustive possible des traits caractérisant toutes les espèces vivantes, « ce » qui préside à la communauté de propriétés qui justifie de rassembler dans un même ensemble *Escherichia coli*, lichens, amibes, orchis, animaux, etc., et dans le même geste théorique fonder ainsi la différence fondamentale entre ces entités vivantes et tout autre système matériel.

Cette recherche s'inscrit *de facto* dans un corpus de pensée nourri des apports, des connaissances et démarches scientifiques disponibles. Dans ce contexte, les sciences de la vie constituent tout naturellement l'axe fédérateur d'une approche ouverte aux apports de disciplines et démarches théoriques plus connexes (théorie des systèmes, thermodynamique, etc.).

La problématique s'énonce alors ainsi : pouvoir recourir aux mêmes lois physico-chimiques qui rendent compréhensible la matière sur un plan fondamental pour saisir, selon des modalités propres, ce qui

constitue la spécificité ou le propre des systèmes vivants. En l'état actuel de cette recherche il s'agit d'un véritable défi car, en l'absence d'une théorie unifiée de la vie, elle ne restitue qu'une vision parcelisée, émiettée de la nature du vivant. Et cette absence de démarche unifiée au sens où elle s'appliquerait tout autant aux objets inanimés qu'animés ne permet pas, pour l'instant, d'expliquer en partant de ces lois physico-chimiques fondamentales la formation d'entités dotées des propriétés que nous appelons vitales, ainsi que de rendre compte sur le même plan scientifique de ce qui constitue de façon irréductible la caractéristique de l'être vivant.

Il y a là deux dimensions à prendre en compte qui, sans être opposées, participent de points de vue différents.

La première, que l'on pourrait qualifier de philosophique, interroge les concepts même de vie, de vivant, tels qu'ils se donnent dans le vocabulaire courant, le vocabulaire des sciences, pour reposer la question de l'ontologie de l'entité vivante : matérielle ? Matérielle plus un petit quelque chose d'autre ? Réelle comme partie intégrante des entités constitutives du monde, de la nature, en principe explicable moyennant de possibles biais liés à nos capacités cognitives ?

L'autre dimension, que l'on peut qualifier de scientifique, vise à caractériser les vivants. Elle s'attelle à traiter de la vie, des phénomènes vivants, des structures et systèmes vivants, des organismes, en mettant en œuvre les pratiques et méthodes des sciences. Cette approche recourt à des termes qui renvoient aux concepts de vie, du vivant de façon pragmatique et adaptée aux contextes théoriques et pratiques mis en œuvre. Démarche scientifique qui permet ainsi de s'insérer dans des contextes d'énonciations riches et diversifiés, propres aux besoins de communication spécifiques à chaque acteur scientifique.

De facto dans cette approche, on part de la vie, du vivant comme d'un donné naturel de l'environnement de travail. Il n'y a pas, alors, besoin de définir ces concepts au-delà de strictes nécessités communicationnelles. Ils suffisent à rendre compte des modalités phénoménologiques, fonctionnelles, structurelles, matérielles de la grande diversité du vivant terrestre.

Pourtant, au-delà de cette grande richesse descriptive – allant du plus élémentaire mis en lumière par la biochimie (les composés macromoléculaires), de leur organisation et leur fonctionnement en réseau, jusqu'aux grandes fonctions et propriétés de bases des systèmes vivants : métabolisme, reproduction, homéostasie, hérédité – subsiste une interrogation : qu'est ce qui fait qu'une telle entité

matérielle, le vivant, possède ces propriétés remarquables ? En somme pourquoi est-elle vivante ?

La réponse à cette question était traditionnellement du domaine des conjectures non scientifiques, élaborée à l'aune de la recherche de causes extra-mondaines (de type divin ou surnaturel), en dehors de l'univers matériel tel que les différentes disciplines scientifiques le constituaient.

On pouvait, dès lors, délimiter un partage des rôles aux frontières mouvantes : aux sciences et notamment à la biologie, la charge de répondre aux questions relevant du « comment cela fonctionne » ; au champ extra-scientifique celle des mythes fondateurs ou encore des spéculations hasardeuses pour répondre aux questions : « Pourquoi y a-t-il de la vie ? » et « Pourquoi telle chose est-elle vivante ? » Tenter de répondre à ces questions restait aventureux, car renvoyait aux causes ultimes des choses ou aux finalités du monde.

Deux préoccupations d'ordre scientifique ont cependant modifié cette répartition des rôles. La première, née au XIX^e siècle, s'appuie sur la puissance explicative fournie par les approches évolutionnaires du monde vivant. Grâce à la théorie générale de l'évolution, elles procurent une cohérence au foisonnement des êtres vivants. Cette théorie renvoie *in fine* à des interrogations concernant l'origine naturelle des êtres vivants. La seconde est liée à l'élargissement du regard connaissant de l'humanité, jalonné par ses avancées théoriques qui autorisent d'embrasser l'univers dans son entier, par les performances techniques mises en œuvre pour l'explorer, et qui conduit nécessairement à poser la question du degré d'universalité de la vie pour, en retour, stimuler l'approfondissement de notre compréhension du vivant terrestre.

C'est donc également sur le plan scientifique que les principes qui régissent cette structure matérielle qualifiée de vivante doivent être recherchés. Car c'est bien de cela dont il s'agit : naturaliser la formation et la persistance du « vivant » à partir des instruments théoriques développés dans le cadre des différentes approches scientifiques de la vie, en visant une compréhension unifiée, commune à l'ensemble des disciplines scientifiques concernées.

Les réflexions dans ce domaine sont nombreuses : des revues dédiées permettent aux équipes scientifiques d'exposer leurs avancées, des forums spécialisés constituent des lieux d'échanges fructueux (par exemple : la revue *Origin of Life and Evolution of the Biosphere* ; l'association European Astrobiology Network Association). En parallèle, des travaux philosophiques ont permis de clarifier les questions

relatives à la compréhension de la vie, mais sans apporter de réponse unifiée, en se bornant à identifier les problèmes posés¹.

Cet aspect nous semble être emblématique de l'état de notre approche du phénomène vivant. Il constitue en somme la « pierre de touche » de notre compréhension (scientifique) de la vie. À cet égard, le nombre de définitions rencontrées dans la littérature scientifique, leurs variations en rapport avec leurs contextes scientifiques sont révélateurs à la fois d'une grande richesse d'approches (non plus seulement cantonnées à la biologie mais mobilisant également des domaines spécialisés de la physique, de la chimie, etc.) qui conduisent à des définitions de la vie incorporant de plus en plus d'apports divers. Mais il est également la conséquence de faiblesses, voire d'impasses théoriques qu'il convient de questionner.

Ainsi, si on part d'une récente définition de la vie, « une entité vivante est tout système autonome possédant des capacités évolutives sans limites² », assertion qui porte l'ambition d'une définition universelle de la vie, celle-ci doit être accompagnée de commentaires explicitant le sens et le contexte d'expression des propriétés énoncées :

Par « autonomie », il faut entendre celle d'un système qui, loin de l'équilibre (thermodynamique), se forme et se maintient en vertu de ses capacités propres, constituant ainsi son identité organisationnelle. Ce système forme une unité fonctionnellement intégrée (active, homéostatique) basée sur un ensemble de réactions *endergoniques* et *exergoniques* entre processus internes et des processus d'interactions avec l'environnement. Par « capacités d'évolutions sans limites », il faut entendre le potentiel d'un système à reproduire les dynamiques fonctionnelles constitutives de base qui lui permettent de former des variétés illimitées de systèmes équivalents, disposant de voies différentes de réalisation de ces dynamiques, et qui ne sont soumis à aucune limite prédéterminée de complexité organisationnelle (même si évidemment existe une limitation générale de nature matérielle et énergétique ainsi que celle imposée par les lois physico-chimiques universelles).

Un exemple donc qui illustre la complexité du champ lexical employé pour définir la vie.

Définir la vie nécessite d'explicitier en détail les différents cadres théoriques qui contextualisent l'acception des termes employés. Ces

[1] J. Gayon, « Defining Life : Synthesis and conclusions », *Origin of Life and Evolution of the Biosphere* 40, 2010.

[2] K. Ruiz-Miraz, J. Peretó & A. Moreno, « A universal definition of life : autonomy and open-ended evolution », *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 34, 2004, p. 323-346.

contextes sont multiples, nourris par un implicite que les auteurs doivent également préciser. Par exemple, le terme « système » ne renvoie pas uniquement à la théorie générale des systèmes de Ludwig von Bertalanfy, mais également à la théorie des structures dissipatives (Ilya Prigogine). L'utilisation de ce terme nécessite donc une mise en perspective de « ce » qui fait système. Ceci est réalisé par la référence faite à la biochimie (via les réactions *endergonique* et *exergonique*).

C'est cette contextualisation que nous nous proposons d'analyser dans ce livre. On notera également que l'incise qui fait référence aux contraintes matérielles physico-chimiques introduit une restriction qui circonscrit le potentiel d'évolution « sans limites » dans les bornes finies constituées par les lois de la nature. Cette opposition, au moins apparente, entre l'absence de limitation du système en tant qu'entité évolutive et les limitations qui l'inscrivent dans un environnement de contraintes, introduit un questionnement complémentaire intéressant : quel est l'ancrage de cette définition dans l'histoire de la pensée et des doctrines explicatives du phénomène vital ? En effet, ne retrouvons-nous pas dans cette remarque un écho à un principe de vie comme puissance s'opposant aux forces physiques, au fondement d'une doctrine tombée en désuétude, le vitalisme ?

Finalement, ce qui se joue dans l'approche du vivant, au détour des questions définitionnelles, c'est de pouvoir saisir dans le même geste théorique, à la fois la création et la persistance de cette structure matérielle singulière. Car de ce point de vue, l'absence de définition univoque commune à toutes les disciplines scientifiques est assez révélatrice des problèmes posés par l'absence d'une théorie fondamentale de la vie ou du vivant.

Ce constat a été largement documenté et nous serons conduit à examiner plus attentivement ce qui se joue dans les multiples propositions définitionnelles rencontrées dans la littérature scientifique. Néanmoins cette multiplicité est également le signe d'une grande richesse d'approches qui conduisent, au-delà des variations lexicales, à restituer les facettes de ce qui constitue l'originalité du vivant.

Pour reprendre une expression de Georges Canguilhem, « l'intelligence ne peut s'appliquer à la vie qu'en reconnaissant l'originalité de la vie. La pensée du vivant doit tenir du vivant l'idée du vivant³ ». C'est en effet le vivant pris comme le donné de notre expérience que nous soumettons à nos interrogations multiples. Et ce sont ces interro-

[3] G. Canguilhem, *La Connaissance de la vie*. Vrin, 1989, p. 13.

gations qui seront mises en perspectives dans ce qui suit. En ce sens elles sont révélatrices de cette originalité du vivant.

Le travail entrepris questionne donc les rapports entre une classe d'organisations matérielles, «le vivant», et un ensemble de propriétés dont la présence simultanée et conjointe constitue le signe tangible d'une singularité. Ces propriétés sont subsumées sous le terme de «vie». Elles sont couramment qualifiées d'émergentes car non réductibles, du moins en première analyse, aux composantes matérielles élémentaires des systèmes vivants. C'est donc les liens entre organisations, systèmes matériels et propriétés vitales que nous avons souhaité explorer.

En découle un fil conducteur : la vie est le nom qui unifie l'ensemble des propriétés exprimées par des structures matérielles spécifiques et singulières. Cette spécificité s'inscrit à la fois dans une continuité et une différence. La continuité procède sur le fond de la communauté matérielle entre la matière constitutive du vivant et la matière commune universelle. Elle repose sur ce constat : tout vivant est taillé dans la même étoffe que les autres systèmes matériels. Dans ce contexte de principe s'énonce un deuxième constat. C'est celui d'une distinction, d'une différence, d'une spécificité, qui fait que tout système vivant diffère des autres systèmes matériels avec lesquels il partage une communauté matérielle. Cette différence introduit et fonde des approches spécifiques sur certains des plans d'investigations constituant le fond commun des théories physiques, chimiques, etc. Par matière, nous entendons ici nécessairement ce que la physique et la chimie nous font connaître du monde.

Voici le cadre général de cet ouvrage. Il s'inscrit dans les démarches concrètes, actuelles et en constante actualisation, menées au sein des sciences de la vie. Il a conduit à y interroger les épistémologies sous-jacentes à ces démarches.

Pour résumer, comment comprendre dans un cadre scientifique la vie, son émergence, ses manifestations dans ce qui constitue «le vivant tel que nous le connaissons». Cela peut sembler quelque peu paradoxal. Fondamentalement le projet scientifique n'est pas asservi à l'objectif général d'accès à l'essence des choses, mais plutôt dans le mouvement constant d'approfondissement visant à se saisir par la raison des phénoménalités diverses et multiples du monde, et pour ce qui nous intéresse ici, les phénoménalités de «l'ordre vivant». Paradoxe peut-être plus apparent que consubstantiel à deux familles d'approches, l'une philosophique, l'autre scientifique, tant certains enjeux contemporains

mettent en jeu la compréhension de ce qu'est au fond un objet animé, un être doté de vie. Que ce soit en effet les démarches concernant l'exobiologie, les origines de la vie, *volens nolens*, elles conduisent à des interrogations sur ce qu'est «être vivant».

Notre enquête se déroule en trois temps : le premier, «Définir la vie, quels enjeux?», s'attelle à la matière constituée par les multiples définitions de la vie et du vivant dans la littérature scientifique. Cette investigation a permis de recenser, repérer, identifier différentes approches scientifiques, philosophiques, et mettre au jour impasses et avancées de ce qui finalement participe de notre compréhension du vivant. Cette matière a été traitée comme une donnée empirique dont l'analyse philosophique doit permettre de dresser le bilan détaillé des enjeux et de la façon d'y répondre.

Le deuxième temps – «Les thématiques récurrentes autour du propre du vivant» – déploie une histoire de la pensée du vivant, révélatrice des rapports et impasses épistémologiques entre physique centrée sur la recherche des lois fondamentales de la nature non vivante et les approches tâtonnantes du monde vivant. Cette partie constitue donc un essai de mise en perspective de la caractérisation de la vie à travers des thématiques qui ont couru tout au long de l'histoire de la pensée philosophique et scientifique. Selon nous, elles font encore écho dans les démarches contemporaines de caractérisation de la vie.

Le troisième et dernier moment de notre enquête – «Les modèles du vivant» – nous conduit à exploiter quelques modèles généraux du vivant. Par leurs partis pris de représentation et par la rigueur formelle qu'ils impliquent, ils permettent de restituer avec rigueur l'essentiel de la singularité des êtres vivants. Nous tenterons donc d'avancer et d'illustrer concrètement en quoi le recours à ces modèles permet de restituer, à la fois dans leurs partis pris de représentation et par la rigueur formelle qu'ils autorisent, l'essentiel de la singularité des êtres vivants. Cette démarche implique d'accepter et d'ordonner la multiplicité de ces points de vue théoriques comme une nécessité permettant de comprendre la nature du vivant et par là, montrer que l'on retrouve dans ces modèles ses caractéristiques fondamentales.

Nous appuierons cette affirmation sur l'étude détaillée de trois classes de modèles. Choisis pour leurs approches contrastées, ils constituent des exemples de styles de modélisation : du plus abstrait au plus proche de la matière. La démarche retenue est – à partir de ces exemples paradigmatiques – d'en présenter le détail technique afin d'en apprécier à chaque fois les partis pris théoriques.

Dans chaque catégorie, les modèles exposés ne sont pas nécessairement les plus récents, mais ceux qui, selon nous, paraissent être les plus représentatifs de la diversité d'approches nécessaire pour saisir ce qui constitue l'originalité des systèmes vivants.

Ainsi nous nous étendrons sur les travaux menés dans les années 1970 par Manfred Eigen et Peter Schuster, qui ont introduit le concept de système moléculaire darwinien. On y retrouvera aisément le principe en œuvre dans des démarches plus récentes, telles que celles du biochimiste Addy Pross⁴. Cette approche sera complétée par les idées de Chomin Cunchillos⁵ qui, sur la base des travaux du biochimiste Faustino Córdon, avait proposé un scénario d'évolution moléculaire fondé sur celle des protéines. Dans un autre ordre d'idée, l'analyse détaillée du chemoton de Tibor Gánti introduira aux approches faisant du vivant un système cybernétique singulier, «fluide», pour reprendre son expression, caractérisé par l'internalisation d'une contrainte forte de couplage de trois des fonctions majeures présentes dans tout vivant. Enfin, avec la «clôture sur cause efficiente», c'est la topologie du vivant dans son aspect le plus essentiel qui est détaillée et analysée par Robert Rosen. Cette dernière analyse introduira aux approches qui caractérisent la singularité du vivant par la mise en exergue des rapports essentiels le différenciant des systèmes mécaniques.

Ces modèles nous livrent ce qui constitue les traits essentiels du vivant. Ils sont au service d'une approche qui capte la réalité vivante dans ses données les plus fondamentales, justifiant par-là d'ailleurs la nécessité du recours à des approches plurielles.

Au fond c'est ce qui légitime cette enquête. En effet, nous pensons nécessaire la richesse des approches multiples mises en œuvre, qui loin de brouiller notre compréhension de la vie, l'enrichissent et la précisent. La contextualisation de ces approches à travers les définitions de la vie qui les résument, dans leurs rattachements, en opposition ou parfois également en prolongement, à des questionnements ancrés dans un passé plus ou moins récent, ou encore dans les représentations globales formalisées, constitue les linéaments d'une pleine compréhension du phénomène vital dans un contexte matérialiste.

[4] A. Pross, *What is Life? How chemistry become biology*, Oxford University Press, 2012.

[5] C. Cunchillos, *Les Voies de l'émergence. Introduction à la théorie des unités de niveau d'intégration*, Belin, 2014.