



HAL
open science

Réductionnisme, holisme et émergentisme

Matteo Mossio, Jon Umerez

► **To cite this version:**

Matteo Mossio, Jon Umerez. Réductionnisme, holisme et émergentisme. Précis de philosophie de la biologie, Vuibert, pp.157-168, 2014, 978-2-311-40019-9. hal-01151472

HAL Id: hal-01151472

<https://hal.science/hal-01151472v1>

Submitted on 12 May 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Réductionnisme, holisme et émergentisme¹

Matteo Mossio & Jon Umerez

Paru dans :

T. Hoquet & F. Merlin (Eds.). (2014). *Précis de Philosophie de la Biologie*, Vuibert, Paris [http://www.vuibert.fr/ouvrage-9782311400199-precis-de-philosophie-de-la-biologie.html]

La question du réductionnisme occupe, depuis des siècles, une place très importante dans le débat philosophique. À l'époque moderne, par exemple, des doctrines telles que le dualisme de Descartes ((1641), 2009), le matérialisme de La Mettrie ((1747), 1999) ou encore l'idéalisme de Berkeley ((1710), 1993) constituent des prises de position précises par rapport à une controverse plus générale entre des postures antiréductionnistes et des postures réductionnistes à propos des substances. D'un côté, le dualisme de Descartes est une forme de pluralisme antiréductionniste, selon lequel il existe deux types de substances mutuellement irréductibles ; de l'autre, le matérialisme et l'idéalisme sont deux versions d'un monisme réductionniste, qui défend la thèse de l'existence d'une substance unique et fondamentale (respectivement, la matière et l'esprit) à laquelle toutes les autres peuvent être réduites.

Qu'entend-on par « réduction » dans le langage philosophique ? En toute première approximation, « réduire une entité x à une entité y » (par exemple, réduire la substance « esprit » à la substance « matière ») signifie déduire x de y (ou expliquer x par y), de sorte que (dans un sens qui demande à être précisé) x n'est rien d'autre, ou de plus, que y (Smart, 1959). Avec le « tournant linguistique » en philosophie des sciences, à partir des premières décennies du vingtième siècle, la réduction est tout d'abord conçue comme une relation logique entre des théories scientifiques, constituées par des ensembles d'énoncés confirmés empiriquement Nagel (1961). À partir des années 1960, la perte progressive d'influence du positivisme logique au sein de la philosophie des sciences particulières (et notamment de la philosophie de la biologie) a ensuite ouvert la voie à d'autres conceptions, selon lesquelles la réduction peut s'opérer entre des entités de natures différentes, comme des propriétés, des substances, des concepts, des modèles ou encore des méthodes. Selon les entités concernées, on distingue habituellement trois types de réduction, associées à trois doctrines réductionnistes: ontologique, méthodologique et épistémique (Ayala, 1974, viii-x).

Le réductionnisme *ontologique* est une posture métaphysique selon laquelle une certaine entité ou classe d'entités (par exemple, un organisme) est constituée par, et réductible à, un autre genre d'entités (par exemple, les molécules) et leurs interactions. Le réductionnisme ontologique concerne typiquement les relations entre des entités et leurs composants, et constitue aujourd'hui une posture largement partagée dans la communauté scientifique. Le réductionnisme *methodologique*, en revanche, ne se prononce pas sur les relations entre entités en elles-mêmes, mais soutient l'idée que la manière la plus fructueuse d'étudier le comportement d'un système consiste à le considérer en termes d'interactions entre ses composants. Enfin, le réductionnisme *épistémique* considère que la connaissance que l'on a dans un certain domaine (par exemple, sur les organismes) peut être réduite à la connaissance que l'on a dans un autre domaine (par exemple, sur les molécules et leurs interactions). À son tour, le réductionnisme épistémique possède deux variantes : théorique et

¹ La rédaction de ce chapitre a bénéficié de subventions allouées par le gouvernement du Pays basque espagnol (GV/EJ IT590-13), par le ministère espagnol de l'Économie et de la Compétitivité (FFI2011-25665), ainsi que des fonds FEDER de l'Union européenne. Nous souhaitons remercier Antonine Nicoglou pour la lecture attentive et les commentaires avisés.

explicative. D'une part, le réductionnisme théorique est l'idée qu'une certaine théorie (et, en particulier, tous ses énoncés) peut être réduite à une autre théorie (et à ses énoncés) (à la manière de Nagel). D'autre part, le réductionnisme explicatif soutient que l'explication (bâtie sur un ensemble de concepts ou de modèles) d'un phénomène donné peut être réduite à une autre explication pour le même phénomène (et donc à un autre ensemble de concepts ou de modèles).

Il est important de noter que ces différents types de réductionnismes ne s'impliquent pas nécessairement les uns les autres. En particulier, le réductionnisme ontologique n'implique pas nécessairement le réductionnisme méthodologique ou épistémique : on peut, par exemple, soutenir que les entités biologiques sont ontologiquement constituées par des entités physiques sans pour autant conclure que la théorie de l'évolution pourrait ou devrait être réduite, méthodologiquement ou épistémiquement, à telle ou telle autre théorie physique.

La réflexion philosophique sur le réductionnisme a été particulièrement riche et développée en biologie. Une raison fondamentale à cela est que l'objet même de la biologie – la Vie – prête naturellement le flanc à un questionnement sur sa nature, ses propriétés distinctives, et à sa réduction possible à la physique ou à la chimie. À l'époque contemporaine, la question du réductionnisme s'est posée principalement au sujet de la biologie moléculaire, à la suite de son éclosion dans la deuxième partie du XX^e siècle (Morange, 2003). Il faut noter que, pour l'essentiel, le débat ne concerne pas le réductionnisme dans sa version ontologique : en d'autres termes, il semble y avoir un consensus assez large autour d'une posture *moniste*, selon laquelle la nature est un tout unique, et il n'y a donc pas de substances irréductibles les unes aux autres. L'attention s'est surtout focalisée sur le réductionnisme épistémique et, en partie, sur le réductionnisme méthodologique.

Au cours des années '70 et '80, les discussions se sont concentrées sur la possibilité d'une réduction théorique de la génétique classique mendélienne à la biologie moléculaire (Schaffner, 1976 ; Hull, 1976 ; Wimsatt, 1976). Avec l'abandon progressif de la controverse, en raison d'un certain consensus antiréductionniste, la littérature s'est plutôt penchée sur la question du réductionnisme explicatif (Wimsatt, 2000) véhiculé par la biologie moléculaire, réductionnisme qui viserait à réduire (l'ensemble) des comportements et des propriétés des systèmes biologiques à des mécanismes *moléculaires* qui les composent.

L'objectif principal de ce chapitre est de montrer qu'une caractérisation aussi générale du réductionnisme explicatif est insatisfaisante, car elle ne permet pas de faire la différence entre deux postures épistémiques qu'il conviendrait, en fait, de distinguer pour mieux comprendre les enjeux du débat contemporain à ce sujet. Comme on le verra dans les sections 1 et 2, une attitude réductionniste au sein de la biologie moléculaire peut, en effet, prendre deux formes distinctes, que l'on nommera respectivement « réductionnisme *moléculaire* » à proprement parler et « réductionnisme *génétique* ». Alors que la première forme soutient une thèse sur la réduction entre les *niveaux* de description d'un système, et s'oppose à une posture émergentiste, la deuxième forme soutient une thèse sur la réduction entre les *systèmes* considérés pour expliquer un phénomène, et s'oppose plutôt à une posture holiste. Dans la section 3, nous suggérerons que l'évolution de la biologie vers des approches « moins réductionnistes » au cours des dernières décennies se comprend plutôt comme une critique du réductionnisme génétique que comme une critique du réductionnisme moléculaire. Par conséquent, il existe une tendance allant davantage vers des postures holistes sans qu'elles ne soient pour autant plus émergentistes. Dans la section 4, nous concluons en mentionnant quelques raisons qui justifient l'intérêt d'une posture émergentiste dans la biologie contemporaine.

1. Réductionnisme moléculaire et émergentisme

Dans la littérature philosophique contemporaine, l'une des défenses les plus claires et influentes d'une forme de réductionnisme explicatif est due à Rosenberg (2006), selon qui tout *explanandum* biologique peut faire l'objet d'une explication « complète » qui fait appel à un *explanans* que l'on peut décrire uniquement au niveau moléculaire. Comme Braillard (2008, 79) le fait remarquer, Rosenberg élabore un argument de principe qui n'implique pas nécessairement une possibilité pratique : une réduction explicative moléculaire est possible en principe, même si les limitations contingentes de la science biologique ne permettent pas de la formuler en pratique.

Le réductionnisme de Rosenberg constitue ce que l'on peut légitimement appeler un « réductionnisme moléculaire ». L'aspect crucial qu'il importe de souligner est que cette forme de réductionnisme constitue une posture épistémique à propos des relations entre les niveaux de description que l'on peut considérer pour expliquer un phénomène biologique. Pour un *explanandum* donné, le réductionnisme moléculaire soutient que, du moins en principe, l'*explanans* peut être complètement caractérisé à un seul niveau de description, en l'espèce le niveau moléculaire.

Pour comprendre la place de cette position dans le panorama philosophique, posons-nous la question suivante : quelle est l'alternative à un réductionnisme moléculaire à la Rosenberg ? En d'autres termes, en quoi consisterait un antiréductionnisme moléculaire épistémique ? Logiquement, il s'agirait d'une posture qui défend l'idée selon laquelle, pour le même *explanandum*, il faut faire appel à un *explanans* qui, en principe, suppose de considérer plusieurs niveaux de description *mutuellement irréductibles*, ainsi que leurs interactions. En particulier, l'antiréductionnisme moléculaire épistémique soutiendrait que, au moins dans certains cas, il est en principe impossible d'expliquer ou de prédire un phénomène biologique en faisant uniquement appel aux composants moléculaires du système qui le produit, et à leurs interactions. Une telle posture serait donc une variante de l'*émergentisme*, doctrine que l'on associe classiquement au slogan « Le tout est plus que la somme de ses parties », et qui met notamment l'accent sur les relations entre les niveaux, ainsi que sur leur organisation hiérarchique. La position émergentiste se constitue à partir de la distinction classique et fondamentale entre propriétés « résultantes » (ou additives) et « émergentes », proposée par Lewes (1875, 368), selon laquelle ces dernières, et non les premières, se caractériseraient par leur nouveauté et imprédictibilité par rapport à leurs constituants (Lloyd Morgan, (1923), 1927, 2-3).

Il est crucial de souligner que l'alternative entre une thèse réductionniste et une thèse émergentiste ne fait sens qu'à la condition que les *explanans* respectifs se réfèrent au même système. En effet, réductionnisme et émergentisme s'opposent sur la façon dont il convient de décrire un système naturel pour rendre compte d'un phénomène, et notamment sur la possibilité de réduire des caractéristiques globales de ce système à ses composantes moléculaires en interaction. Or, cette opposition perdrait toute signification si, pour un phénomène donné, les deux postures ne se réfèrent pas au même système, car, dans ce cas, les *explanans* respectifs ne seraient tout simplement pas comparables. En particulier, si le système considéré par la thèse émergentiste incluait des éléments dépassant les frontières du système auquel se réfère la thèse réductionniste, il serait évidemment impossible pour cette dernière de proposer une réduction. Il faut donc que réductionnisme moléculaire et émergentisme fassent tous deux appel à des systèmes qui soient, du moins en première approximation, comparables, pour que l'on puisse *poser* la question de la réduction d'un tout à ses composants.

Ainsi, par exemple, un modèle émergentiste peut soutenir que, pour expliquer la transmission de signaux entre cellules d'un organisme multicellulaire, il faut faire appel à la

fois aux interactions entre messagers chimiques et, à un autre niveau (*irréductible*), aux contraintes exercées sur ces interactions moléculaires par l'architecture du tissu. Un modèle réductionniste soutiendra, en revanche, que le contexte tissulaire peut être lui-même réduit (du moins, en principe) au niveau moléculaire. Les deux modèles considèrent le même système naturel et incluent dans l'*explanans* le même ensemble d'objets en interaction (messagers moléculaires et contraintes) : ils divergent sur la possibilité de réduire certains éléments de cet *explanans* (les contraintes) au niveau moléculaire, tout en s'accordant sur leur rôle explicatif. Pour être pertinente, une position émergentiste qui s'opposerait au réductionnisme moléculaire devrait le faire sur un plan épistémique, et pas seulement méthodologique (ce qui reviendrait à défendre l'idée que, méthodologiquement, il n'est pas fécond ou souhaitable, pour différentes raisons, de réduire tous les niveaux biologiques au niveau moléculaire)². En particulier, une telle alternative devrait démontrer qu'il existe des cas dans lesquels il est impossible, en principe, d'expliquer et/ou de prédire un phénomène en faisant appel à un *explanans* décrit uniquement au niveau moléculaire.

Dans ce chapitre, nous ne prendrons pas position par rapport au débat récent, toujours en cours, qui oppose réductionnisme moléculaire et émergentisme. Ce qu'il faut néanmoins souligner, c'est que ce type de position antiréductionniste ne semble pas avoir pris le dessus sur son antagoniste réductionniste. Les choses semblent se présenter de façon différente dès lors qu'on examine l'opposition entre réductionnisme épistémique et holisme.

2. Réductionnisme génétique et holisme

Comme nous l'avons évoqué dans l'introduction, il est possible de distinguer deux versions du réductionnisme épistémique à l'œuvre dans la biologie moléculaire contemporaine. À côté du réductionnisme moléculaire à proprement parler (à la Rosenberg), il existe ce que l'on peut appeler un « réductionnisme génétique ». Afin de le caractériser, rappelons que, pendant environ quatre décennies, la biologie moléculaire s'est développée autour de l'hypothèse – que l'on appellera ici « déterminisme génétique » – selon laquelle le développement et le fonctionnement des organismes biologiques sont essentiellement déterminés par l'information génétique et les mécanismes moléculaires qui en permettent l'expression (Crick, 1958). Selon le déterminisme génétique, les gènes sont la cause fondamentale des phénomènes biologiques, ce qui veut dire que toute spécificité propre à ces derniers serait directement ou indirectement une conséquence de leur présence et de leur expression. À partir de cette hypothèse, une très large part des travaux de biologie expérimentale ont été conçus et menés avec l'objectif d'identifier le substrat (la « base ») génétique de tel ou tel phénomène ou trait biologique. Pour ce faire, la biologie moléculaire a eu tendance à caractériser son *explanans* de façon relativement restreinte, en y incluant exclusivement les gènes et les mécanismes de transmission et de traduction qui aboutissent à la synthèse des protéines fonctionnelles. Tout le reste (et notamment le contexte, entendu ici dans un sens très large), dans ce schéma explicatif, constitue l'*explanandum* de la théorie biologique.

C'est en raison de cette conception de son *explanans* que le déterminisme génétique peut être caractérisé, selon nous, comme une forme de réductionnisme. Le réductionnisme génétique est une posture épistémique à propos des relations entre les *systèmes* auxquels un

² Une forme d'émergentisme ontologique serait également une alternative pertinente. Or, même s'il existe, nous l'avons mentionné, un consensus sur le monisme ontologique, il est concevable qu'une forme d'émergentisme ontologique soit défendue, notamment selon la façon de décrire, à un certain niveau, les « interactions » entre les composants qui génèrent une propriété ou un comportement, à un autre niveau. Nous ne discutons pas de cette piste dans ce chapitre.

explanans peut faire appel pour expliquer un phénomène. Pour un *explanandum* donné, le réductionnisme génétique soutient que l'*explanans* peut faire exclusivement appel au système constitué par les mécanismes de transmission et de traduction qui aboutissent à la synthèse des protéines pertinentes. Tout autre facteur contribuant à produire le phénomène est dû soit à l'action d'un sous-système, qui est lui-même le produit des mécanismes génétiques (et qui peut donc être *réduit* à ces derniers), soit à des causes non biologiques (généralement physiques).

Quelle est l'alternative au réductionnisme génétique ? Un tel antiréductionnisme devrait soutenir la thèse selon laquelle il est *en principe* impossible d'expliquer ou de prédire un phénomène biologique sur la base d'un *explanans* qui contiendrait uniquement les mécanismes d'expression des gènes. Une thèse antiréductionniste soutiendrait donc qu'une explication adéquate de ce phénomène supposerait de faire appel à un système plus vaste qui, en général (mais pas nécessairement), inclut ces mécanismes génétiques, ainsi que d'autres éléments, variables et relations, *irréductibles* à ces mêmes mécanismes. Selon nous, une telle posture serait une variante du *holisme*, doctrine selon laquelle une explication adéquate doit tenir compte de la totalité du système qui est à l'origine d'un phénomène et non pas se focaliser sur l'une de ses parties, dans la mesure où le « tout » est irréductible à chacune de ses parties (Smuts, 1926).

Tout comme l'émergentisme, le holisme met en avant la primauté du « tout » par rapport à ses parties. C'est pour cette raison, il nous semble, qu'ils sont souvent confondus dans la littérature, et conçus comme une alternative unique au réductionnisme moléculaire. Toutefois, la différence qui existe entre les deux positions est fondamentale. Alors que l'opposition entre réductionnisme moléculaire et émergentisme concerne le niveau auquel il convient de décrire l'*explanans* et suppose de considérer le même système, en revanche l'opposition entre réductionnisme génétique et holisme porte sur le *système* pertinent pour expliquer le phénomène, et notamment sur la possibilité de réduire un système global à un système plus restreint sans perdre en pouvoir explicatif³. La thèse émergentiste consiste à affirmer que le tout est plus que *la somme de ses parties* ; alors que le holisme affirme que le tout est plus que *chacune de ses parties*. En ce sens, il s'agit de réponses épistémiques possibles à deux types distincts de réductionnismes à l'œuvre dans la biologie moléculaire – moléculaire et génétique –, des réponses qui mettent en avant soit une réduction de l'*explanans* à un seul niveau (pour le même système) soit une réduction d'un système à l'une de ses parties (quel que soit le niveau⁴).

Pour illustrer cette différence, reprenons l'exemple (qui est, bien sûr, artificiel et illustratif) de la transmission de signaux intercellulaires évoquée plus haut. Pour un *explanandum* donné (un certain phénomène de signalisation), on l'a vu, émergentisme et réductionnisme moléculaire pourraient s'opposer sur la possibilité de réduire, au sein d'un même système de cellules en interaction, les contraintes tissulaires globales au niveau moléculaire, tout en reconnaissant, dans les deux cas, leur rôle explicatif. Holisme et réductionnisme génétique pourraient, en revanche, diverger sur l'opportunité d'inclure ces contraintes dans l'*explanans* (quel que soit le niveau de description), et donc sur la

³ On remarquera que le caractère holiste ou réductionniste d'une approche ou d'un modèle ne peut être que comparatif et exprimable en degrés. Alors qu'il est possible de déterminer si une posture épistémique est réductionniste ou émergentiste, uniquement en fonction des niveaux invoqués, il faut nécessairement comparer au moins deux approches pour déterminer leurs degrés respectifs de holisme (ou de réductionnisme). Une posture A n'est pas holiste ou réductionniste en soi, mais uniquement plus ou moins holiste ou réductionniste par rapport à une posture B.

⁴ De fait, le réductionnisme génétique tend à se placer au niveau moléculaire, qui semble le plus pertinent pour décrire les objets et mécanismes d'expression des gènes. Cet état de fait, cependant, ne doit pas être confondu avec une posture épistémique de principe : c'est là tout le sens de la distinction entre les deux types de réductionnismes.

caractérisation du système pertinent. Alors qu'un modèle holiste pourrait estimer que les propriétés fonctionnelles des messagers impliqués dans la signalisation sont déterminées à la fois par le système intracellulaire de synthèse (génétiquement contrôlé) *et* les contraintes tissulaires, un modèle réductionniste génétique pourrait exclure ces mêmes contraintes, sous l'hypothèse, par exemple, que leur rôle est négligeable ou réductible aux mécanismes génétiques. Émergentisme et réductionnisme moléculaire s'accordent sur l'inclusion des contraintes dans l'*explanans*, et divergent quant au niveau de description ; holisme et réductionnisme génétique divergent sur le fait même d'inclure les contraintes dans l'*explanans*.

L'élément crucial ici est que le choix du système pertinent est *conceptuellement disjoint* du choix du niveau de description : une approche holiste peut invoquer un système plus étendu et englobant sans que cela implique nécessairement un changement du niveau de description. Ainsi, une critique holiste d'un réductionnisme génétique peut, en principe, invoquer l'extension du système pertinent au-delà des seules limites des mécanismes génétiques tout en restant compatible avec un réductionnisme moléculaire, en faisant donc uniquement appel à des entités moléculaires.

En tenant compte de l'analyse des relations entre réductionnisme moléculaire et émergentisme esquissée plus haut, il nous semble désormais possible de proposer le cadre d'interprétation suivant. D'une part, l'émergentisme et le réductionnisme s'opposent quant aux relations entre les niveaux de description d'un même système : par conséquent, une posture émergentiste ne peut pas être plus holiste que son alternative réductionniste, précisément parce que l'opposition entre les deux doit concerner le *même* système. D'autre part, une approche holiste n'implique pas *nécessairement*⁵ une thèse émergentiste, dans la mesure où le fait de faire appel à un système plus étendu n'implique pas nécessairement l'idée selon laquelle ce système serait irréductible à l'ensemble de ses composants et de leurs relations. Le résultat principal de cette analyse, en un mot, est que émergentisme et holisme constituent des alternatives distinctes à des formes de réductionnismes distinctes. En particulier, une posture peut être moins réductionniste qu'une autre (au sens où elle serait davantage holiste) sans pour autant être émergentiste. C'est précisément cette implication qui permet, il nous semble, de décrire adéquatement les tendances récentes en biologie.

3. Vers plus d'holisme, voire d'organicisme

La distinction entre deux formes de réductionnisme (moléculaire et génétique) et l'alternative correspondante (émergentisme et holisme) peut permettre d'interpréter l'évolution récente de la biologie. Depuis environ trois décennies, un nombre grandissant de nouveaux domaines ont vu le jour au sein de la biologie, avec pour trait commun de vouloir dépasser le « réductionnisme » imputé à la biologie moléculaire.

Un exemple particulièrement significatif est celui de la « biologie des systèmes », habituellement caractérisée comme le domaine qui étudie la structure et la dynamique de larges réseaux biologiques (génétiques ou autres), en essayant notamment d'intégrer la grande quantité de données expérimentales disponibles par l'élaboration de modèles mathématiques et computationnels (Kitano, 2002). La biologie des systèmes est un champ vaste et composite, au sein duquel on peut identifier des postures assez différentes en fonction, par exemple, de leur degré d'élaboration théorique (O'Malley & Dupré, 2007). Ici, nous n'allons pas détailler ces différences, car ce qui compte pour notre argument, c'est simplement de souligner qu'il

⁵ Ce « nécessairement » est important : la thèse selon laquelle le holisme n'implique pas l'émergentisme *ne signifie pas* qu'une thèse holiste n'est pas compatible avec une thèse émergentiste. Nous reviendrons sur ce point dans la section 4.

semble y avoir un large consensus sur le fait que la caractéristique principale de la biologie des systèmes est la tendance à l'intégration, à savoir l'effort de remettre ensemble ce que la biologie moléculaire a tendu à isoler et à séparer (Noble, 2006, 176). Or, selon certains auteurs, cette tendance correspondrait à une réaction émergentiste au réductionnisme moléculaire (Boogerd *et al.*, 2007, 3-4).

En réalité, une analyse détaillée de cette question (comme celle développée par Braillard (2008) sur laquelle nous nous appuyons ici) semble montrer que l'attitude épistémologique qui sous-tend la biologie des systèmes se comprend mieux comme une critique holiste de la biologie moléculaire. La biologie des systèmes critique fondamentalement l'idée selon laquelle on pourrait ou il faudrait réduire les systèmes constitués par les différents types de réseaux biologiques aux systèmes d'expression des gènes. En revanche, la question de savoir si ces réseaux étendus pourraient être décrits uniquement au niveau moléculaire reste pour l'essentiel en arrière-plan, et ne permet pas de discriminer entre les deux domaines.

Un autre exemple de domaine qui semblerait véhiculer un antiréductionnisme génétique, plutôt que moléculaire, est celui de la « théorie des systèmes en développement » (*Developmental Systems Theory, DST*; voir Oyama *et al.*, 2001). Au sein de la DST, un certain nombre d'auteurs développent une alternative aux recherches classiques sur le développement, autour d'un ensemble de « thèmes majeurs », comme ils les appellent et qui sont la causalité plurale, le contrôle distribué, la sensibilité au contexte, la contingence et l'hérédité étendue (Oyama *et al.*, 2001, 2-6). De la même manière, une tendance holiste similaire semble caractériser la perspective de la biologie développementale évolutionnaire (« *Evolutionary Developmental Biology* » ou *Evo-Devo*) ainsi que plusieurs domaines « -omiques » (protéomique, épigénomique, métabolomique, etc.).

La tendance antiréductionniste qui imprègne la transformation récente de la biologie nous semble consister, pour l'essentiel, en une critique du réductionnisme génétique et en une tendance à l'élaboration de cadres théoriques davantage holistes qui – répétons-le – n'impliquent pas nécessairement une défense de l'émergentisme. Distinguer cette opposition de celle qui existe entre réductionnisme moléculaire et émergentisme nous semble un élément essentiel pour comprendre quels sont les enjeux et les moteurs d'une telle transformation, et pour ne pas tomber dans de fausses représentations ou de faux débats.

Une fois cette distinction établie, d'autres questions peuvent être posées, notamment quant à la direction précise que cette tendance générale vers le holisme peut prendre, parmi d'autres alternatives possibles. Il nous semble important de souligner, à ce propos, qu'une posture holiste peut prendre des formes très différentes, qui ne seront pas toutes nécessairement intéressantes ou fécondes. En particulier, on assiste depuis quelques années à un regain d'intérêt significatif pour une version spécifique du holisme que l'on appelle *organicisme* (Gilbert & Sarkar, 2000). Dans une perspective organiciste, le « tout » qui revêt une importance centrale en biologie est l'organisme, qui est conçu comme l'entité théorique pivot autour de laquelle la science biologique devrait s'articuler : le travail théorique et philosophique consiste, en particulier, à se focaliser sur le concept d'*organisation* et sur ses principes distinctifs. Dans un tel contexte, les systèmes biologiques sont conçus comme des systèmes fonctionnellement organisés, emboîtés à différents niveaux hiérarchiques (unicellulaire, multicellulaire, écologique, etc.). Au sein de ces systèmes, les organismes constituent une classe particulière de systèmes biologiques, pourvus de propriétés distinctives.

Sans décrire en détail la production récente relativement à l'organicisme, nous voudrions préciser que la distinction précédemment évoquée entre les deux formes d'antiréductionnisme évoquées plus haut est pertinente aussi pour éviter des confusions quant à la posture épistémologique de l'organicisme. Il est vrai que, dans sa formulation classique (Bertalanffy, 1933), l'organicisme – ainsi que la théorie des niveaux d'intégration (Needham, 1937) développée en parallèle – mettait explicitement en avant un antiréductionnisme qui se

voulait à la fois holiste et émergentiste. Cependant, l'organicisme, tout comme d'autres formes de holisme, ne semble pas impliquer *nécessairement* l'émergentisme (Mossio *et al.*, 2013). Ainsi, des travaux futurs devront clarifier les conditions de possibilité de l'organicisme impliquant une forme d'émergentisme, que ce soit sur le plan épistémique ou même, comme nous l'avons évoqué plus haut (note 2), ontologique en faisant notamment appel aux interactions entre des entités situées à des niveaux d'organisation différents.

4. Conclusion

En guise de conclusion, nous précisons deux points importants, afin de prévenir toute incompréhension sur l'argument développé dans ce chapitre.

D'une part, l'argument selon lequel la tendance antiréductionniste que l'on peut observer dans la biologie contemporaine devrait s'interpréter dans les termes d'une critique holiste – plutôt qu'émergentiste – de la biologie moléculaire ne signifie *pas* qu'une alternative émergentiste n'est pas possible ou souhaitable. Bien au contraire, nous considérons que cette piste mériterait d'être explorée davantage : elle implique de montrer que l'explication biologique suppose de faire appel, à certains niveaux de description, à des objets ou des propriétés qui sont en principe irréductibles à d'autres niveaux de description, notamment moléculaire. On peut d'ailleurs supputer qu'il existe un lien conceptuel entre holisme et émergentisme, dans le sens où le fait de considérer un système plus vaste inciterait à considérer des objets ou des propriétés irréductibles au niveau moléculaire (notamment lorsque le système contient une hiérarchie de niveaux d'organisation)⁶. L'objectif de ce chapitre n'est donc en aucun cas celui d'argumenter contre la possibilité, ou l'intérêt, d'un émergentisme épistémique ; simplement, il nous semble que, pour le moment, aucun argument décisif en faveur d'une telle position (ou de son contraire) n'a été formulé en biologie.

D'autre part, l'argument développé dans ce chapitre porte spécifiquement sur l'opposition entre réductionnisme et antiréductionnisme sur le plan épistémique, c'est-à-dire sur la possibilité de réduire, en principe, la connaissance d'un domaine à celle d'un autre domaine. Or l'affirmation selon laquelle un émergentisme épistémique ne va pas de soi en biologie et nécessite une justification conceptuelle et théorique adéquate *n'implique pas* que toute explication biologique doit être réduite au niveau moléculaire. Au contraire, la distinction entre réductionnisme épistémique et réductionnisme méthodologique montre ici tout son intérêt, dans la mesure où – nous l'avons montré – l'antiréductionnisme méthodologique doit être appliqué, et ce *même* s'il n'y avait pas d'arguments décisifs en faveur d'un antiréductionnisme épistémique. La raison en est que, même en l'absence d'un argument d'irréductibilité, la réduction d'un domaine à un autre, et notamment d'un niveau à un autre, devrait constituer un horizon théorique vers lequel une discipline scientifique, telle que la biologie, tend progressivement, plutôt qu'elle n'est une pratique immédiate. Le danger, lorsque le réductionnisme épistémique s'accompagne d'une *méthode* réductionniste, est d'utiliser des outils inadaptés qui ne permettent pas de saisir la spécificité de phénomènes que l'on cherche à expliquer, dans la mesure où ces outils ont été conçus pour rendre compte de phénomènes décrits dans un *autre* domaine ou à un *autre* niveau. L'antiréductionnisme méthodologique constitue selon nous une bien meilleure attitude puisque chaque discipline doit se doter d'un « appareil heuristique » approprié pour pouvoir rendre compte du domaine ou du niveau qu'elle étudie ; l'unification ne viendra que par la suite, lorsqu'elle devient possible, voire souhaitable.

⁶ Ce lien serait en quelque sorte le *pendant* du lien entre réductionnismes génétique et moléculaire mentionné plus haut.

5. Conclusion

- Berkeley, G. (1993 [1710]) *Principes de la connaissance humaine*, Paris: Flammarion.
- Bertalanffy, L. von (1933). *Modern Theories of Development. An Introduction to Theoretical Biology*, London: Oxford University Press.
- Boogerd, F., Bruggeman, F., Hofmeyr, J.H.S. & Westerhoff, H. V. (eds.) (2007). *Systems Biology. Philosophical Foundations*, Amsterdam : Elsevier.
- Braillard, P. A., (2008). *Enjeux philosophiques de la biologie des systèmes*, Thèse de doctorat, Université Paris 1-Panthéon Sorbonne.
- Cohen, R.S., Hooker, C., Michalos, A. & van Evra, J. (eds.). *PSA 1974*, Dordrecht: Reidel.
- Crick, F. (1958). « On Protein Synthesis », *The Symposia of the Society for Experimental Biology*, 12, p. 138-163.
- Descartes, R. ((1641), 2009). *Méditations métaphysique*, Paris: Flammarion.
- Gilbert, S. F. & Sarkar, S. (2000). « Embracing Complexity: Organicism for the 21st Century », *Developmental Dynamics*, 219 (1), p. 1-9.
- Hull, D.L. (1976). « Informal Aspects of Theory Reduction », dans Cohen et al. (eds.), p. 653-670.
- Kitano, H. (2002). « Computational Systems Biology », *Nature*, 420 (6912), p. 206-10.
- La Mettrie, J.J.O. ((1747), 1999). *L'Homme Machine*, Paris: Gallimard.
- Lewes, G.H. (1875). *Problems of Life and Mind. First series: The Foundations of a Creed* (2 Vols.), Boston (MA): James R. Osgood & Co.
- Lloyd Morgan, C. (1923), 1927). *Emergent Evolution*, New York: Henry Holt & Co.
- Morange, M. (2003). *Histoire de la biologie moléculaire*. Paris: Editions La Découverte.
- Mossio, M., Bich, L. & Moreno, A. (2013). « Emergence, closure and inter-level causation in biological systems », *Erkenntnis*, 78(2), p. 153-178.
- Nagel, E. (1961). *The Structure of Science*. New York: Harcourt, Brace & World.
- Needham, J. (1937). *Integrative Levels: A Revaluation of the Idea of Progress*, Oxford: Clarendon Press.
- Noble, D. (2006). *The music of life: Biology beyond the genome*. Oxford: Oxford University Press.
- O'Malley, M.A. & Dupré, J. (2007). « Size doesn't matter: towards a more inclusive philosophy of biology », *Biology and Philosophy*, 22(2), p. 155–191.
- Oyama, S. Griffiths, P. & Gray, R. (eds.) (2001). *Cycles of Contingency. Developmental Systems and Evolution*, Cambridge (MA) The MIT Press.
- Rosenberg, A. (2006). *Darwinian Reductionism or How to Stop Worrying and Love Molecular Biology*, Chicago (Ill.) The University of Chicago Press.
- Schaffner, K.F. (1976). « Reduction in Biology: Prospects and Problems », in Cohen et al. (eds.), p. 613-632.
- Smart, J.J.C. (1959). « Sensations and Brain Processes », *Philosophical Review*, 68, p 141-156.
- Smuts, J. (1926). *Holism and Evolution*. London: MacMillan.
- Wimsatt, W. (1976). « Reductive Explanation: A Functional Account », dans Cohen et al. (eds.), p. 671-710.
- Wimsatt, W. (2000). « Emergence as non-aggregativity and the biases of reductionisms », *Foundations of Science*, 5(3), p. 269-297.