



Des mécanismes physiques interviennent dans des étapes clés de l'embryogenèse



Cet article est initialement paru dans le magazine *Reflets de la physique* : R. Clément, « Stéphane Leduc et la physique du vivant », n° 58, pp. 26-29, juin 2018.

BIBLIOGRAPHIE

R. Clément, **Stéphane Leduc and the vital exception in the Life Sciences**, arXiv, article 1512.03660, 2015.

S. Tirard, **La biologie synthétique : de Stéphane Leduc à Craig Venter... Le retour ?**, *Cahiers François Viète*, série II, vol. 6-7, pp. 137-150, 2012.

J. J. Kupiec et P. Sonigo, **Ni Dieu ni gène. Pour une autre théorie de l'hérédité**, Seuil, 2003.

E. Fox Keller, **Making Sense of Life**, Harvard University Press, 2003.

S. Leduc, **Théorie physico-chimique de la vie et générations spontanées**, A. Poinat, 1910.

rapidement éclipsé les approches physiques chères à Leduc. Avec la découverte de l'ADN comme base moléculaire de l'hérédité, et plus tard du rôle clé des gènes dans le contrôle des étapes de la formation d'un embryon, les biologistes se sont rapidement mis à considérer les gènes comme les blocs élémentaires de la vie et se sont focalisés sur l'influence de l'expression des gènes sur les processus cellulaires. Au-delà du monde scientifique, le gène s'est très vite installé dans l'imaginaire collectif et la culture populaire comme support de tout ce qui pouvait être spécifique au vivant, y compris à l'humain. James Watson, codécouvreur de la structure de l'ADN, déclara même en 2001 : « Nous pensions que notre destin était dans les étoiles, nous savons maintenant qu'il réside en grande partie dans nos gènes. »

À une époque où le vitalisme, du moins en science, avait complètement disparu, il est frappant de voir l'enthousiasme avec lequel le paradigme génétique et sa terminologie ont été adoptés, comme si leur caractère vital, spécifique du vivant, rendait plus facile à accepter la nature physicochimique de la vie. Malgré les progrès spectaculaires permis par la génétique, cette approche très microscopique peine pourtant parfois à établir une chaîne causale entre expression génique, comportement cellulaire et phénotype macroscopique. *Best is yet to come* (le meilleur reste à venir), titrait la revue *Nature* en 2011 dans un éditorial célébrant les dix ans du séquençage du génome humain. Et de fait, le séquençage relève encore plus « d'une prouesse de technologie que de compréhension scientifique », comme le soulignait en 2010 Philip Ball, éditeur pour *Nature* et journaliste scientifique, dans *Prospect Magazine*.

En 2003, face aux difficultés rencontrées par le paradigme du tout génétique, les biologistes Pierre Sonigo et Jean-Jacques Kupiec évoquaient, dans leur ouvrage *Ni Dieu ni gène* la nécessité d'une « révolution copernicienne » en biologie et l'adoption d'une vision moins

biaisée par la spécificité du vivant. Cette révolution se dessine enfin aujourd'hui. Ces dernières années, la biologie a connu une explosion de l'utilisation de concepts issus de différents domaines de la physique comme la physique statistique, la mécanique ou l'étude des systèmes complexes.

LE RENOUVEAU DE LA PHYSIQUE DU VIVANT

En biologie du développement, l'utilisation de modèles physiques ou mécaniques pour comprendre l'émergence macroscopique de formes à partir de comportements cellulaires est devenue courante, pas seulement dans les revues de biologie théorique ou de biophysique, mais aussi dans les revues classiques de biologie ou les revues généralistes, y compris les plus prestigieuses. Des mécanismes physiques interviennent ainsi dans des étapes clés de l'embryogenèse des vertébrés comme la gastrulation (l'apparition dans l'embryon, à un stade où il ressemble à une boule de cellules, de feuillettes qui se spécialisent) et la formation du plan d'organisation, qui définit par exemple où pousseront les membres. Et la physique explique aussi en partie la phyllotaxie, la disposition des feuilles sur la tige des plantes. Leduc, en affirmant que le problème de la biologie devait être de comprendre « le jeu des forces physiques sur la matière vivante », et en mettant en lumière les considérables « facultés d'organisation » des forces physiques ordinaires, préfigurait cette évolution.

L'héritage de Stéphane Leduc ne se limite donc pas à ses expériences osmotiques parfois naïves, mais englobe son approche théorique très novatrice des questions d'organisation en biologie. Si certaines de ses idées semblent maintenant datées ou simplistes, comme l'a par exemple souligné en 2002 l'historienne Evelyn Fox Keller dans son livre *Making Sense of Life*, il a pourtant introduit l'idée remarquable, et des preuves de principe expérimentales, que les forces physiques ordinaires ont une « faculté d'organisation » largement sous-estimée jusqu'à très récemment en biologie, préfigurant ainsi le concept moderne d'autoorganisation. Comment alors expliquer que ses contributions aient été si largement oubliées ?

Certes, il a pu manquer à son travail expérimental, qui repose essentiellement sur des analogies de forme, un support théorique plus solide. Mais son éviction témoigne aussi de la réticence à adopter en biologie une démarche non spécifique au vivant. Pourtant, de plus en plus de travaux montrent aujourd'hui comment des principes physiques hérités de Leduc ou de D'Arcy Thompson peuvent aider à appréhender les mécanismes d'organisation de la matière vivante, apportant ainsi leur pierre à la grande quête des mécanismes de l'épigenèse. ■