

Est-il possible de synthétiser le vivant ?

Robert PASCAL

Directeur de Recherche émérite au CNRS
Laboratoire de Physique des Interactions Ioniques et Moléculaires
Aix-Marseille Université, CNRS

Comme celui des autres sciences, l'objectif de la chimie est de comprendre le monde qui nous entoure. Mais elle se fixe surtout pour but de concevoir et construire les architectures moléculaires les plus complexes. Même si cela peut heurter des préjugés, pour tout chimiste, la question d'une origine de la vie, celle liée à sa compréhension, suppose donc aussi de manière implicite celle de la création d'un être vivant de toutes pièces, que ce soit dans un milieu naturel comme celui de la Terre primitive ou au laboratoire. La présence de vie sur Terre nous montre d'ailleurs qu'un passage est possible du non-vivant vers le vivant. La formation de briques moléculaires comme les acides aminés de l'expérience de Miller a donné un grand espoir dans cette direction en 1953. Pourtant, plus de 70 ans plus tard, il ne semble pas que nous ayons beaucoup progressé. Il est même devenu évident que la chimie organique abiotique mène à une diversité moléculaire organique bien supérieure à celle du vivant. Au sein de cette diversité, les traces d'une auto-organisation sont loin d'être évidentes. Peut-être notre incompréhension vient-elle de notre vision du vivant qui n'est pas adaptée ?

Ce webinaire va s'intéresser au paradoxe auquel s'était attaqué Erwin Schrödinger dans son petit livre « Qu'est-ce que la vie ». La vie semble en effet défier le second principe de la thermodynamique (selon lequel l'entropie d'un système isolé ne peut qu'augmenter) en démontrant qu'une évolution vers la diversité et la complexité organisationnelle des êtres vivants modernes est possible. C'est bien une telle auto-organisation que l'évolution réalise au moyen de la transmission des gènes et, bien sûr, des mutations et de la sélection naturelle de Darwin. La question de l'origine de la vie est donc bien celle du passage de systèmes chimiques dont l'évolution mène vers l'état d'équilibre à des systèmes dont l'évolution est gouvernée par la sélection naturelle. Des voies peuvent-elles rendre compte de cette transition ? Ces voies devraient certainement faire appel à des conceptions de la chimie et de la biologie basée sur des processus plutôt que sur des objets. Ce n'est donc pas un objet (un ARN par exemple) qu'il s'agit de synthétiser mais plutôt un système dynamique autonome. Même si l'on peut être émerveillé par la structure des acides nucléiques ou des systèmes enzymatiques présents dans le vivant actuel, nous montrerons qu'il faut plutôt s'atteler à construire des systèmes dynamiques dans lesquels la réactivité associée aux espèces organiques faites de liaisons covalentes joue un rôle essentiel pour leur permettre de fonctionner, et cela même aux premiers stades du vivant.

Références utiles

- S. L. Miller, A production of amino acids under possible primitive earth conditions. *Science* **1953**, 117, 528.
- C. Darwin, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*. Murray, London, **1859**.
- E. Schrödinger, *What is life?* Cambridge University Press, Cambridge, **1944**.
- A. Pross, *What is Life? How Chemistry Becomes Biology*, Oxford University Press, Oxford, **2016**.
- R.Pascal, A. Pross, J. D. Sutherland, Towards an Evolutionary Theory of the Origin of Life Based on Kinetics and Thermodynamics. *Open Biol.*, **2013**, 3, 130156.
- R. Pascal, A. Pross, Stability and its Manifestation in the Chemical and Biological Worlds. *Chem. Commun.* **2015**, 51, 16160.
- A. Pross, R. Pascal, How and why kinetics, thermodynamics, and chemistry induce the logic of biological evolution, *Beilstein J. Org. Chem.*, **2017**, 13, 665.
- G. Danger, L. Le Sergeant d'Hendecourt, R.Pascal, On the conditions for mimicking natural selection in chemical systems. *Nat. Rev. Chem.*, **2020**, 4, 102.
- A. Pross, R. Pascal, On the emergence of autonomous chemical systems through dissipation kinetics. *Life*, **2023**, 13, 2171.
- R. Pascal, Evolutionary Abilities of Minimalistic Physicochemical Models of Life Processes. *Chem. Eur. J.*, **2024**, 30, e202401780.
- J. Dupré, D. J. Nicholson, A Manifesto for a Processual Philosophy of Biology. In *Everything Flows: Towards a Processual Philosophy of Biology* (Eds: D. J. Nicholson, J. Dupré), Oxford University Press, Oxford, **2018**, pp. 3–46.