

Introduction

Georges CHAPOUTHIER¹ et Marie-Christine MAUREL²

¹ *ICM-CNRS, Paris, France*

² *ISYEB-CNRS-MNHN, Sorbonne Université, Paris, France*

L'une des caractéristiques essentielles des êtres vivants, peut-être la plus importante, c'est une explosion de leurs formes, liée à l'extrême diversité des milieux auxquels ils ont pu s'adapter. C'est justement, sous toutes ses facettes, la multiplicité de ces étonnantes morphologies que vise à sonder le présent ouvrage.

Bien sûr, cette diversité trouve son origine dans l'origine même de la vie, comme le relate [Marie-Christine Maurel](#). La diversité des conditions physiques et chimiques sur Terre au temps de l'Hadéen ainsi que la diversité des planètes et des multiples corps du système solaire, ont pu donner lieu à la formation de molécules, d'organisations et de protocellules aux formes et aux métabolismes très variés. Les différents éléments chimiques de l'océan primitif et des traces fossiles issues des premiers stromatolithes pourraient en apporter la preuve. Ainsi, la biodiversité est originelle et la recherche actuelle découvre de multiples façons d'être « en vie », loin d'une vision standardisée du vivant.

Ces considérations amènent, bien entendu, à se poser la grande question fondatrice : qu'est-ce que la vie ? C'est ce à quoi tente de répondre [Andreas Losch](#). S'il est clair que, en dernier ressort, la matière vivante se résume à des créations de la physique et de la chimie, s'il est vrai qu'il n'existe pas de mystérieux « principe vital », la vie ne trouverait-elle pas alors justement sa spécificité dans l'explosion même de ses formes ? Mais se pose alors une question de langage. Ce que nous appelons la « vie » dans le langage courant, ce dont nous avons une expérience existentielle, n'est pas nécessairement ce qu'est la vie sur le plan scientifique, où les

L'explosion des formes de vie,

coordonné par Georges CHAPOUTHIER et Marie-Christine MAUREL. © ISTE Editions 2020.

bases matérielles importent plus que les formes. Comme pour d'autres concepts complexes, la « vie » est en fait une *combinaison* mal définie de propriétés que ne possèdent pas les substances minérales, où la forme joue un rôle essentiel, et il manque encore des « mots pour le dire ». En effet, que nous diront les « robots » et autres artifices dans quelques décennies ?

Chez les êtres vivants déjà constitués, la forme devient, comme le montre [Jean-Pierre Gasc](#), un moyen de connaissance. D'Aristote à Cuvier, la fonction est interprétée en relation avec la morphologie. De nos jours, on insiste davantage sur le poids du cadre physique, qui suggère que la forme est une adaptation aux contraintes environnementales, comme en témoignent par exemple la symétrie des Bilatériens, l'apparition des appendices pairs (permettant « la locomotion “appendiculaire” sur la terre ferme ») ou la « céphalisation » des animaux mobiles. Dans un second chapitre, [Jean-Pierre Gasc](#) rappelle le rôle central des thèses du zoologiste écossais D'Arcy Wentworth Thompson, dans son célèbre livre *Growth and form*, qui tient « une place quasi légendaire dans la littérature scientifique » et qui en fait, en quelque sorte, le prophète du lien entre forme et adaptation fonctionnelle.

On sait aujourd'hui que, si les gènes définissent les grands paramètres de la forme des êtres vivants, la partie essentielle, la forme définitive, est constituée par les tout-puissants processus d'épigenèse. [Jonathan B. Weitzman](#) nous conduit sur ces étonnants chemins embryologiques qui, en dépassant les bases génétiques, mènent, par étapes successives, à la génération de la forme dans l'embryon en développement. Aujourd'hui, on en sait beaucoup sur les mécanismes épigénétiques par lesquels les signaux environnementaux et les caractéristiques génétiques sont intégrés et contribuent à la formation de belles formes sous-jacentes au *paysage épigénétique* cher à Waddington.

Le monde très original des protistes et des bactéries nous est présenté par [Guillermo Paz-y-Miño-C](#) et [Avelina Espinosa](#). Les stratégies nombreuses par lesquelles ces êtres se détectent et communiquent entre eux pour survivre et se développer offrent des exemples saisissants de l'explosion des formes au niveau microscopique. En même temps, ces processus permettent de mieux comprendre quelles sont les stratégies évolutives impliquées dans la transformation des formes, comme la valeur sélective inclusive dont le succès adaptatif est dû aux descendants directs mais aussi à la sélection de parentèle.

[Florian Jabbour](#) et [Guilhem Mansion](#) abordent le domaine fascinant des formes végétales. « La myriade de formes végétales a toujours été – et demeure encore – une source d'étonnement, de contemplation, voire d'inspiration à laquelle l'homme ne peut rester insensible ». Mais les auteurs montrent que cette diversité, que l'on pourrait qualifier d'« anthropocentrique », n'est pas celle perçue par d'autres

représentants du règne animal, comme les insectes pollinisateurs, « souvent sensibles à des signaux seulement observables dans l’ultraviolet ». Les auteurs analysent comment émergent les formes des plantes, tant sur le plan du développement individuel (ontogénèse) que sur celui de l’évolution des lignées (phylogénèse), et comment ces évolutions permettent aux plantes une adaptation au milieu environnant et aux contraintes qu’il impose, mais aussi parfois à des contraintes internes de fonctionnement. Enfin, les auteurs consacrent une large part de leur article à toutes les manières dont les sociétés humaines ont utilisé à leur profit ces formes végétales.

Les formes se manifestent non seulement dans l’architecture des êtres vivants, mais aussi, particulièrement chez les animaux, dans leurs performances et dans leurs réalisations. [Robert Jaffard](#) aborde l’une des performances les plus centrales du psychisme : la mémoire. Il analyse les différentes formes de mémoire qui permettent à l’individu d’adapter son comportement aux contraintes et aux changements de son environnement. Allant du simple phénomène d’habituation présent chez les invertébrés à la capacité hautement sophistiquée à former des souvenirs, ces différentes formes de mémorisation se juxtaposent au fur et à mesure que le système nerveux se complexifie.

Un autre domaine qui contribue, de manière essentielle, aux performances des animaux est celui des univers sensoriels, dont [Dalila Bovet](#) nous offre un panorama détaillé. Sensibilités chimiques comme le goût ou l’odorat, mécaniques comme le toucher ou l’audition, électromagnétiques comme la vision, mais aussi les sensibilités électriques, magnétiques ou thermiques, voici quelques-unes des innombrables formes sensorielles qui ont permis aux animaux de développer des comportements si particulièrement complexes.

Au-delà des êtres vivants, les robots sont construits par les êtres humains sur des bases qui s’inspirent des formes vivantes. Ils possèdent notamment des formes sociales et affectives très intéressantes, que nous expose [Laurence Devillers](#). Elle montre que, bien que ces formes soient simulées, nous « anthropomorphisons » les comportements des machines. Nous imaginons du vivant dans des formes artificielles. Elle explique donc la nécessité de parler d’éthique et de transparence dans la conception de ces machines que les non-experts sont loin de comprendre et qui pourraient facilement nous manipuler.

Sur le plan technologique, mimer le vivant, ses formes, pour développer et concevoir les technologies médicales – orthèses, prothèses et autres systèmes de suppléance fonctionnelle électrophysiologique ou cognitive, intra ou extracorporelles –, est une nécessité pour reconstruire l’anatomie et rétablir la physiologie. Après avoir situé cette question dans une perspective historique et épistémologique, [Didier Fass](#) élargit la réflexion critique aux formes de pensée ou de traitement par

les machines médicales et symbiotiques. Il explicite les concepts associés et les principes théoriques nécessaires à la compréhension de l'organisation du vivant, essentiels pour concevoir et modéliser les artefacts médicaux dans une bio-ingénierie intégrative. Ainsi sont décrits les besoins fondamentaux de biocompatibilité et de bio-intégration ainsi que les exigences fondamentales, dont celles de forme(s), de l'ingénierie « humain-artifice » pour la médecine et pour « l'humain augmenté ». Pour conclure, l'auteur propose une mise en perspective de la bio-ingénierie intégrative à la bio-impression de dispositifs médicaux et à l'ingénierie tissulaire.

Sur un plan plus général et plus philosophique, [Georges Chapouthier](#) se demande si, malgré leur extrême diversité, les formes biologiques (anatomiques comme mentales), et par suite les formes technologiques créées par l'homme, qui ont une origine commune, ne pourraient pas aussi avoir des principes communs de construction. Selon lui, toutes les formes de vie ou de systèmes qui miment la vie résulteraient en effet de l'application répétée de deux grands principes : *juxtaposition* d'unités similaires ; puis *intégration* de ces unités pour constituer des structures plus complexes, dont les unités originelles deviennent alors des parties. Comme dans une mosaïque, les nouvelles structures complexes (le « tout ») laissent alors un degré d'autonomie aux parties qui les composent.

Le livre se termine par une réflexion philosophique de [Jean-Michel Besnier](#) sur le rôle même de la « forme » dans notre société du XXI^e siècle. Une tendance actuelle vise à oublier la forme pour la remplacer par une potentialité fluide où « rien ne subsiste, tout évolue et s'offre aux mutations et aux transformations ». Dans cette optique, la toute-puissante « information » ne vise pas seulement à compléter la forme. Elle vise, selon certains auteurs, à la remplacer complètement par la « puissance », « un processus qui s'est débarrassé des conditions formelles ». Besnier analyse et souligne les dangers de ce processus, triomphe d'une technologie aveugle, soutenu par des courants transhumanistes souvent catastrophistes, et où « la puissance échappe finalement à l'esprit, c'est-à-dire à la maîtrise humaine ». Par cette « déformation », « l'absence de forme équivaut à la violence et à la mort ».

Cette superbe conclusion donne toute sa pertinence et toute sa légitimité à notre ouvrage, qui est, comme nous l'avons vu, un plaidoyer, à voix multiples, pour la forme dans le vivant « sous toutes ses formes », mais aussi, par suite et par là-même, un profond plaidoyer pour la vie elle-même...