

## Promenade entre le minéral et le vivant

Par Rudi CLOOTS

*Réflexion menée à la lecture du manuscrit « Le minéral et le vivant » par Jean-Paul Poirier, aux éditions Fayard, 1995.*

Existe-t-il des liens obligés entre le minéral et le vivant ? Comment concilier des fondements tels que l'organisation, le métabolisme, la reproduction, l'adaptation, l'évolution, mais aussi la disparition des individus et des espèces, en d'autres termes « la vie », et la matière brute, inerte, immuable, et éternellement morte souvent symbolisée par la rigueur géométrique figée d'un cristal ? Difficile tâche de prime abord. Si on y regarde de plus près cependant, on constatera que la nature est soumise à des lois qui sont quasi-identiques pour le caillou ou le papillon ! Difficile en effet de dissocier complètement le minéral du vivant : les perles comme les calculs rénaux sont là pour nous rappeler que les organismes secrètent des minéraux. De nombreuses relations de similitudes peuvent également être énoncées sur base de concepts fondamentaux tels que la régularité, la symétrie, la beauté géométrique des formes dont les lois d'assemblage, d'empilement, et de croissance traduisent la solution donnée par la nature pour construire un édifice énergétiquement stable (il a fallu attendre le XX<sup>ème</sup> siècle pour que soit révélé, par la diffraction des rayons X, l'ordre atomique des cristaux).

C'est donc dans les modes de croissance des minéraux et du vivant qu'on s'évertuera à marquer les différences et/ou les similitudes. Un cristal se forme à partir d'un fluide où les constituants du futur cristal sont dans un état d'agitation et de désordre. La croissance en un cristal s'opère lorsque les conditions expérimentales sont telles que l'édifice cristallin devient plus stable que l'état de dispersion. Suivant les conditions expérimentales, des instabilités du front de croissance des cristaux peuvent apparaître et les cristaux se présentent alors en arborescences ou dendrites. Ce qui caractérise donc la croissance des minéraux c'est que l'augmentation de volume est due à l'addition de nouvelles parties à la surface extérieure du cristal. Par contre, le vivant lui croît par intussusception. Les cellules vivantes possèdent des organites spécialisés (chloroplastes ou mitochondries) capables de transformer l'énergie du milieu extérieur pour fabriquer de la matière vivante. Les lois physiques qui régissent les mécanismes de croissance à l'intérieur de ces organites sont cependant les mêmes que celles qui sont responsables des morphologies cristallines. Des formes tourmentées peuvent apparaître lorsque des phénomènes de diffusion réactive des espèces actives gouvernent l'organisation du milieu. On retrouve ces mêmes phénomènes

de diffusion réactive dans l'origine des théories morphogénétiques modernes expliquant les motifs quasi périodiques par exemple des pelages de léopards.

Quoiqu'il en soit, la structure de n'importe quel agrégat de matière, qu'il soit organique ou inorganique, naturel ou artificiel, dépend de contraintes géométriques et topologiques, simples mais forcées, liées au remplissage de l'espace disponible. On retrouve ainsi des similitudes frappantes entre des objets cristallins synthétiques (comme le C60) et la coque renfermant l'acide nucléique de certains virus, voire le squelette siliceux de certains microorganismes planctoniques tels les radiolaires. Ces mêmes similitudes s'observent également dans des structures moins périodiques mais où l'assemblage obéit à des règles géométriques simples : c'est le cas de l'arrangement compact spiralé des écailles de pommes de pin ou d'ananas, ou des florets du cœur des fleurs de tournesol ou de marguerites (phyllotaxie), présentant la même structure que celle récemment découverte dans certains alliages métalliques : une structure non périodique, à symétrie locale pentagonale et dans l'analyse de laquelle le nombre d'or joue un rôle fondamental.

Dès qu'il s'agit de structurer l'espace, le minéral et le vivant obéissent aux mêmes contraintes géométriques. L'originalité du vivant réside ailleurs : il est le siège de réactions chimiques qui fabriquent ce dont il a besoin en utilisant l'énergie du milieu extérieur.

Ce qui est sûr c'est que le vivant crée du minéral, généralement parce qu'il en a besoin. Ces processus de bio-minéralisation sont loin d'être compris, et très souvent une trame organique sert de matrice d'accueil de la structure minérale. Ces minéraux sont différents de ceux qui résulteraient d'un processus classique de précipitation à partir d'une solution aqueuse : ils sont hors d'équilibre avec le milieu environnant et laissés à eux-mêmes ils tendraient à évoluer vers des situations plus stables en se dissolvant. Les exemples de bio-minéralisation sont multiples et je ne citerai ici que les bactéries magnétotactiques anaérobies renfermant des oxydes de fer jouant le rôle de récepteur magnétique les empêchant de s'aventurer en dehors des zones pauvres en oxygène.

Cet état de non équilibre rend très difficile la synthèse en laboratoire de nouveaux matériaux inspirés de la biologie. Il y a comme un processus de reconnaissance moléculaire entre la matrice organique et le minéral qui assure sa germination, sa croissance, sa morphologie et son orientation cristalline.

Et le minéral lui, crée-t-il du vivant ? D'une façon ou d'une autre les minéraux auront probablement joué un rôle dans l'apparition de la vie sur terre... mais ça c'est une autre histoire !

Professeur Rudi CLOOTS  
Université de Liège  
Département de Chimie (B6)  
B-4000 Liège  
Belgique