

Bio-minéralisations

Au cours de l'évolution biologique qui a débuté sur Terre il y a plus de 3,5 milliards d'années, les organismes vivants ont développé la capacité d'associer des éléments minéraux à des molécules organiques pour former des structures minéralisées rigides. Ce phénomène, que l'on nomme la **bio-minéralisation**, est à l'origine de la formation des plaques calcaires des algues unicellulaires, des squelettes externes de nombreux « invertébrés » ou bien encore du squelette des vertébrés. Le vivant possède la faculté de modeler la cristallisation des minéraux sous différentes formes (calcite, quartz, phosphate...). Les plus répandus sont le phosphate de calcium (CaPO_4), le carbonate de calcium (CaCO_3), et la silice (SiO_2). Les bio-minéralisations Minéral Carbonate de calcium Oxalate de calcium, Silice, Sulfates, Oxyde de fer, Phosphate de calcium Polymorphe, Calcite Aragonite Amorphe, Célestite (strontium) Vatérite Opale Amorphe Ferrihydrite Organismes Coccolithophoridés, foraminifères mollusques, crustacés, échinodermes, mammifères Vertébrés Cnidaires, , Plantes supérieures.....).

Voici un éventail de cas de bio-minéralisations chez les organismes vivants, exemple Spicules des éponges. Les éléments (spicules) qui forment la charpente squelettique de 90 % des espèces d'éponge sont minéralisés sous forme de silice (SiO_2) amorphe combinée à de la matrice organique, leur donnant des propriétés structurales (résistance et flexibilité) et optiques (conduction de la lumière) qui sont aussi remarquables que la diversité de leur formes. Arrangés précisément dans l'espace avec des fibres organiques et éventuellement un ciment minéralisé (siliceux ou carbonaté), les spicules forment un squelette hiérarchisé caractéristique utilisé pour l'identification morphologique des espèces. Au centre du spicule siliceux se trouve un filament axial riche en une enzyme (la silicatéine) qui, en interaction avec d'autres protéines et du collagène, assure la « croissance » de la silices.

L'exosquelette des coraux constructeurs de récifs Les scléactiniaires construisent un exosquelette calcifié continu, participant à la formation des récifs coralliens. La croissance du squelette se fait de manière cyclique, par addition régulière d'incrémentes. Le bio-minéral est un composite mêlant une phase minérale de CaCO_3 cristallisé sous la forme d'aragonite et une phase organique. La bio-minéralisation est extracellulaire, contrôlée par un tissu spécialisé, le calicoderme, recouvrant étroitement le squelette et sécrétant la matrice organique. Le corail utilise le CO_2 qu'il produit par sa respiration comme source de carbonate et puise dans l'eau de mer le calcium, ainsi que les éléments-traces (strontium, magnésium, soufre) qui sont incorporés dans la maille cristalline et à l'interface avec la matière organique. L'association symbiotique avec des dinoflagellés photosynthétiques vivant à l'intérieur des cellules de corail augmente de deux à trois fois le taux de croissance squelettique. Les bio-minéraux peuvent être classés en deux grandes catégories : lorsqu'ils sont amorphes, c'est-à-dire non cristallisés, leur rôle est souvent associé à des fonctions de stockage et ils constituent des réserves d'éléments minéraux mobilisables pour l'organisme.

Lorsqu'ils sont cristallins, ils constituent des matériaux composites particulièrement résistants et flexibles, à la base des charpentes squelettiques. La structure la mieux étudiée est la coquille calcaire formée par un tissu spécialisé, le manteau. Elle joue un rôle Nature important dans la protection du corps mou, dans le déplacement, la flottabilité ainsi que dans le stockage d'ions vitaux. Sa morphologie et sa composition varient, selon les groupes, de celle unique et spiralée des gastéropodes à celle à deux valves articulées chez les bivalves. Certains mollusques ne possèdent plus qu'une fine coquille interne (os de seiche) voire plus de coquille du tout (limace). Cette coquille se compose de 95 à 99 % de CaCO_3 et de 1 à 5 % de matrice

Chaque espèce exerce un contrôle biologique strict du (ou des) processus de biominéralisation, ce qui se reflète pour chacune, par exemple pour l'élaboration du squelette, dans la diversité de ses formes et de sa composition. Ainsi, en ce qui concerne le calcium, l'organisme vivant élabore des molécules spécifiques liant ce minéral comme certaines protéines acides, des polysaccharides et des lipides. Ces composants, sécrétés principalement dans l'espace extracellulaire, réserves de calcium Exosquelette, spicules Squelette, réserves de calcium Capteur de gravité Capteur de champ magnétique, dents Endosquelette, dents, réserves de calcium Capteur de gravité Protéines de stockage du fer forment une matrice organique qui sert de support pour la minéralisation et conditionne l'orientation, la croissance des biominéraux et le type de réseau cristallin. C'est pourquoi, selon la nature des molécules organiques, le carbonate de calcium cristallise sous la forme de calcite dans le squelette des échinodermes, mais sous forme d'aragonite dans la nacre des mollusques.