

# 1. Géologie

## Les stromatolites

Annie Cornée, géologue, vice-présidente de la SAGA.

Les stromatolites ont constitué – et constituent encore – un sujet de recherche important non seulement en paléontologie mais aussi en géologie au sens large, en raison de leur origine, de leur mode de formation et de leur signification dans l’histoire de la Terre et de la Vie. Des ouvrages entiers leur sont consacrés.



Figure 1. Grands stromatolites colonnaires du site à partir duquel E. Kalkowsky a décrit ces structures, dans le Trias supérieur du Hartz, en Allemagne. (Photo P.A. Bourque).

Les stromatolites (du grec *strôma*, tapis, et *lithos*, pierre) sont des structures laminées qui résultent d’une activité biologique, essentiellement due à des organismes microbiens.

Une définition souvent reprise est celle de Krumbein (1983) qui lui-même s’inspirait de Kalkowsky, le premier à décrire ces structures en 1908 : « *Stromatolites are laminated rocks, the origin of which can clearly be related to the activity of microbial communities, which by their morphology, physiology, and arrangement in space and time interact with the physical and chemical environment to produce a laminated pattern which is retained in the final rock structure.* » (\*)

On connaît des stromatolites tout au long des temps géologiques. Ils sont observés dans des formations datées d’environ 3,5 milliards d’années, notamment en Australie et en Afrique du Sud, et ils se forment encore aujourd’hui dans différents sites dans le monde.

Les stromatolites ont dominé l’enregistrement géologique pendant près de trois milliards d’années : ils étaient très répandus dans les mers peu profondes jusqu’à la diversification de la vie qui s’est produite avant le Cambrien, vers – 600 Ma.

### Les stromatolites actuels

Grâce aux témoins actuels, on peut étudier le mode de développement de ces structures géologiques et les conditions de milieux dans lesquels elles se forment. On connaît bien les stromatolites d’Australie ; ceux des Bahamas sont célèbres aussi et bien étudiés.

Les stromatolites résultent principalement de l’activité de micro-organismes appelés cyanobactéries.

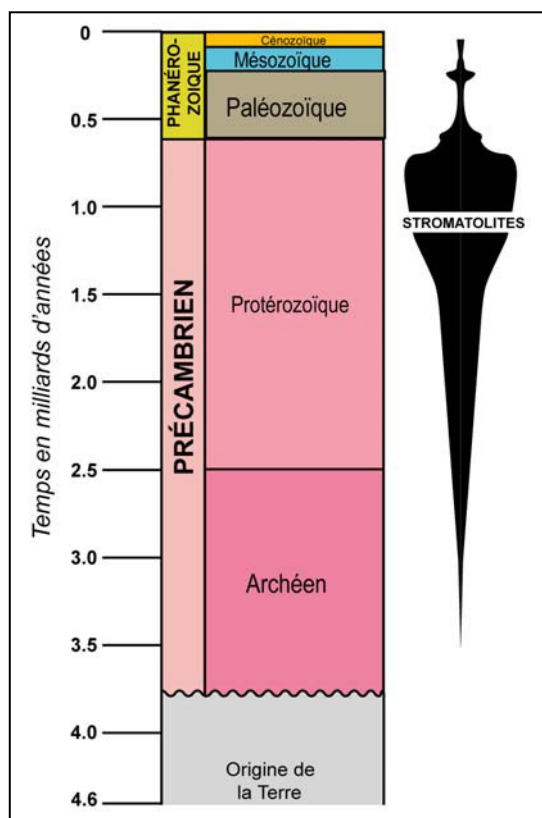
Aujourd’hui, les stromatolites existent principalement en milieu marin côtier. Ils s’observent aussi dans des milieux lacustres, généralement salins.

### Construction des stromatolites

Une colonne stromatolitique est constituée d’une mince couche superficielle vivante, gélatineuse, recouvrant une masse minéralisée, solide, laminée.

Dans cette couche superficielle, il y a développement des cyanobactéries et piégeage de particules sédimentaires.

Figure 3. Extension des stromatolites dans les temps géologiques. (D’après Awramick, 1984).



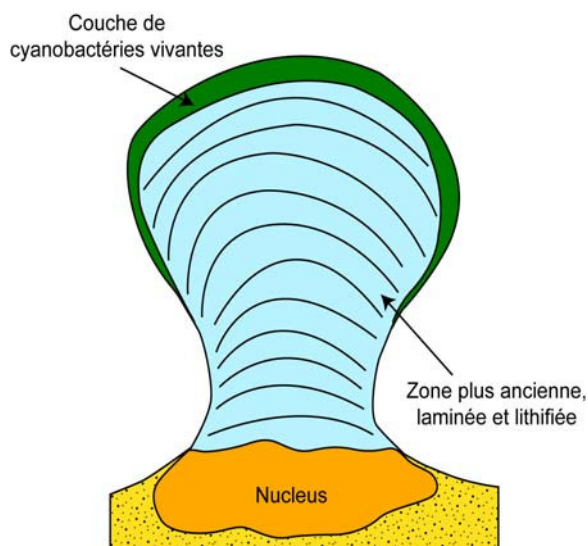


Figure 4. Schéma illustrant la croissance d'un stromatolite.

favorisent la précipitation de  $\text{CaCO}_3$ .

Ces structures lithifiées résultent donc de l'accumulation des particules minérales piégées par les cyanobactéries et de la précipitation de  $\text{CaCO}_3$  pendant mais, surtout, après la mort des microorganismes.

La vitesse de développement est estimée à environ 1 mm par an à Shark Bay, en Australie, mais cette croissance est discontinue : il y a des phases d'arrêt de croissance et même d'érosion des couches déjà constituées qui empêchent de déterminer à quelle durée précise correspond une structure donnée.

Les stromatolites présentent différentes morphologies. La taille des structures produites est très variable (décimétrique ou plurimétrique), mais elle peut atteindre plusieurs centaines de mètres, comme dans l'île de Baffin (Canada).

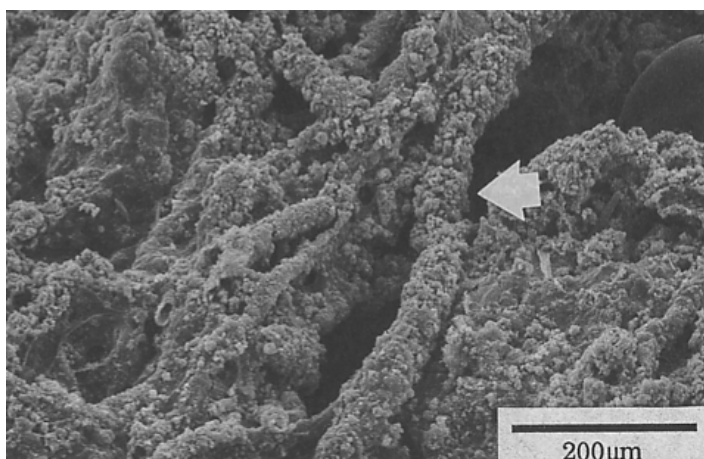


Figure 6. Processus de lithification : précipitation de carbonates autour des filaments cyanobactériens. (D'après Chafetz et Buczynski, 1992).

Le piégeage des particules sédimentaires est d'autant plus actif que les cyanobactéries sont entourées d'une sorte de mucus qui retient efficacement les particules.

Puis, à ces processus de piégeage, sont associés des phénomènes de cimentation, de lithification. Les processus sont complexes, mais on sait que l'activité bactérienne joue un rôle déterminant. Plusieurs mécanismes sont invoqués pour expliquer la calcification des stromatolites :

1) des processus purement physico-chimiques de précipitation de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) ;

2) une calcification des gaines de cyanobactéries liée à l'activité photosynthétique, puisque cette dernière utilise le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) et modifie l'équilibre des carbonates ;

3) la décomposition bactérienne de la matière organique des cyanobactéries et du mucus qui les entoure, sous la couche superficielle, décomposition qui provoque des changements dans les conditions physico-chimiques (modification du pH, par exemple, etc.) et qui libère différents éléments. Certaines de ces réactions



Figure 5. Enchevêtrement de filaments et piégeage de particules. Vue au microscope électronique à balayage (MEB) (barre = 10 µm). Cette observation a été faite dans un « tapis algair » - on dit maintenant tapis microbien - des marais salants de Camargue. Structure laminée produite par des cyanobactéries selon les mêmes processus que ceux aboutissant à la formation des stromatolites. (Photo A. Cornée, 1983).

### Les stromatolites, précieux indicateurs des débuts de la vie sur la Terre

Comme on l'a vu, certains stromatolites ont été datés d'environ 3,5 milliards d'années. Ces stromatolites les plus anciens ont fait l'objet de très vives controverses quant à leur origine et à leur mode de formation. Pour certains auteurs, ces structures laminées ne résultent que de processus physico-chimiques sans aucune intervention biologique. D'autres ont construit des modèles mathématiques pour démontrer que la cimentation de particules détritiques en milieu marin peut aboutir aussi à des structures laminées, là encore sans la moindre activité biologique. Il faut dire que ces structures comptent parmi les



roches les plus anciennes à la surface de la Terre ; leur interprétation est très difficile car la plus grande partie d'entre elles a été plus ou moins détruite et/ou très fortement modifiée (tectonique, métamorphisme poussé, etc.).

Mais des travaux détaillés, comme ceux d'Allwood et *al.* (2006), apportent des arguments forts tendant à prouver que certaines structures stromatolitiques de la région de Pilbara, en Australie, âgées de 3,4 milliards d'années, ont bien une origine biologique. Les auteurs ont étudié des dépôts qui étendent sur plus de 10 km et qui montrent une grande variété de la morphologie de ces structures (sept types différents) et cette variété, selon eux, ne peut pas s'expliquer par une origine abiotique ; elle refléterait des changements environnementaux.

### Les stromatolites, excellents témoins des relations Terre et Vie

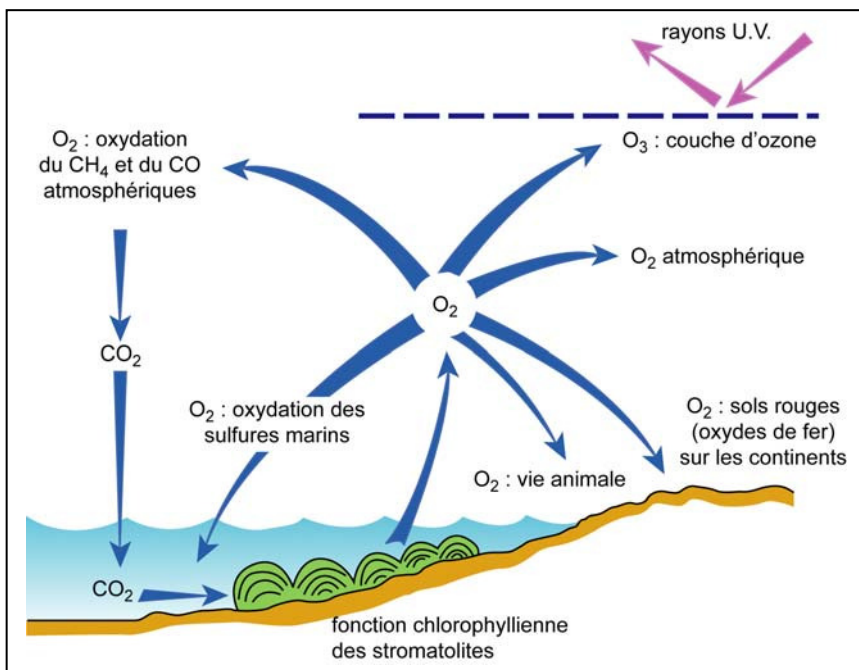


Figure 7. Conséquences de la production d'oxygène par photosynthèse sur l'évolution de l'atmosphère terrestre. (D'après Montenat, in Lécolle et Meyer-Roudet, 1997).

Les microorganismes à l'origine des stromatolites ont profondément modifié l'environnement de la planète Terre dans la première moitié de son histoire.

Les communautés microbiennes qui sont à l'origine des stromatolites ont joué un rôle primordial pour la régulation de la sédimentation (piégeage des particules et précipitation, en particulier des calcaires) et dans les cycles des principaux éléments : C, O, Fe, S, N. Leur activité a modifié la composition de l'atmosphère terrestre aux alentours de 2 milliards d'années et a permis son oxygénation, grâce à la photosynthèse aérobie : production d'oxygène et consommation du CO<sub>2</sub>, dont la quantité va alors chuter dans l'océan et dans l'atmosphère.

D'autre part, vers 1,5 milliard d'années, la production d'oxygène a permis la formation de la couche d'ozone qui va constituer un véritable bouclier protecteur de la vie terrestre vis-à-vis des rayonnements ultraviolets.

### Choix bibliographique

ALLWOOD A.C. et *al.* (2006) – *I ature*, 441, 714-718.  
 ALLWOOD A.C. et *al.* (2009) – *PI AS*, 106, 9548-9555.  
 COHEN Y., CASTENHOLZ R.W. & HALVORSON H.O. (1984) – Microbials mats : stromatolites. Alan R. Liss, Inc., New-York, MBL *Lectures in Biology*, vol. 3, 498 pages.  
 WALTER M.R. (1976) – Stromatolites. Elsevier, 790 pages.  
 WHITTON B.A. & POTTS M. (2000) – The Ecology of Cyanobacteria. Their diversity in time and space. Kluwer Academic Publishers, 668 pages.  
 Voir aussi le numéro de juillet 2010 de *Géosciences*, sur site Internet du BRGM : [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr), rubrique « Publications/revues ». Téléchargeable au format pdf.

(\*) « Les stromatolites sont des roches laminées dont l'origine peut être clairement reliée à l'activité de colonies microbiennes, qui, par leur morphologie, leur physiologie et leur arrangement dans le temps et dans l'espace, interagissent avec les conditions physico-chimiques du milieu pour produire une structure laminée qui sera conservée dans la roche finale. »

\*\*\*\*\*



*Stromatolites actuels de Shark Bay, Australie. (Photo Warwick Hillier. Source : Internet). (Figure 2, article A. Cornée).*