

Développement des stromatolites et évolution de l'atmosphère

Les enveloppes fluides de la Terre (atmosphère et hydrosphère) sont en interaction permanente avec la biosphère et la géosphère.

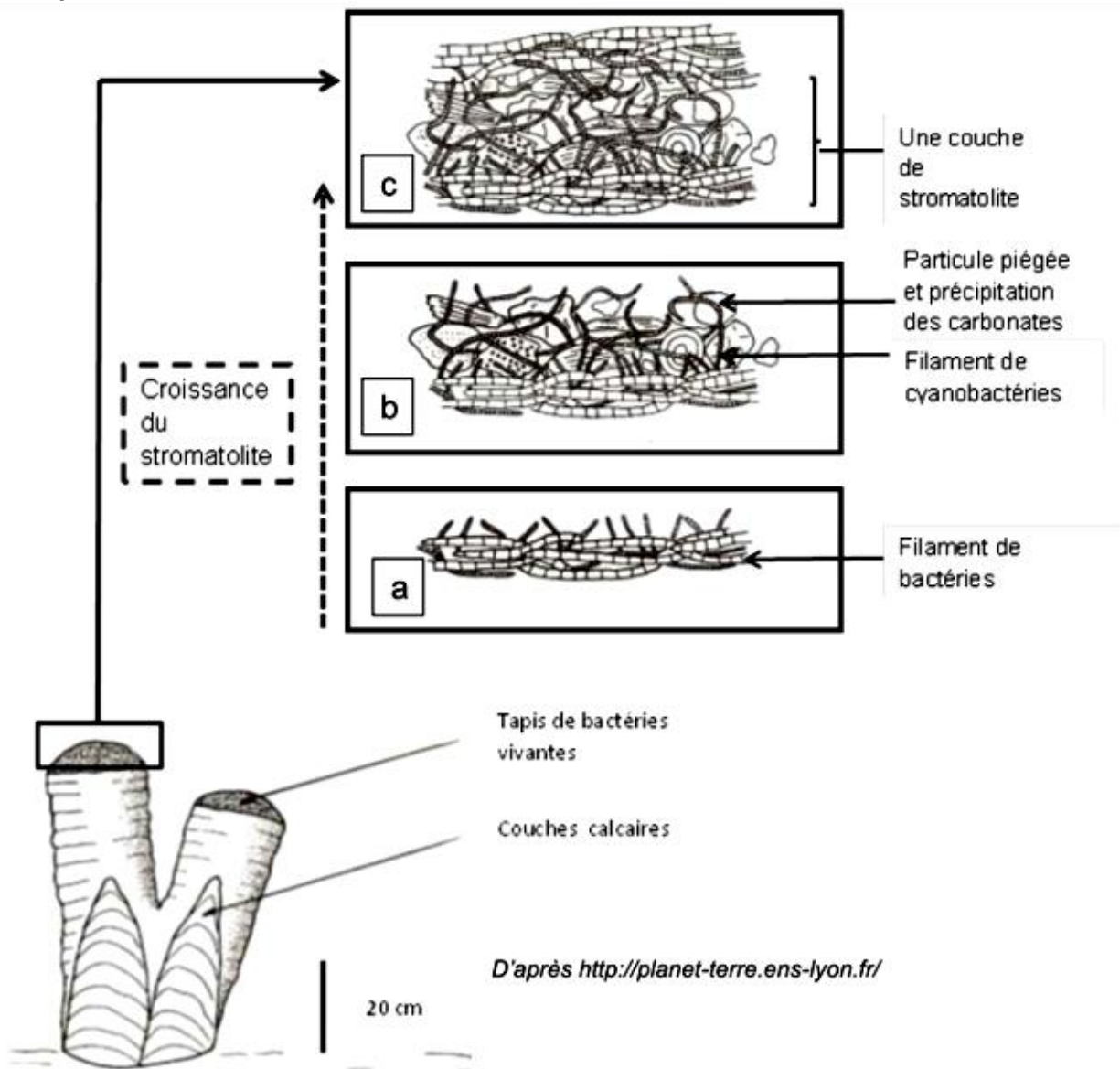
Question :

En s'appuyant sur les données des documents et sur les connaissances, montrer que l'activité d'êtres vivants a des conséquences sur la composition des enveloppes fluides et sur celle de la géosphère, à l'échelle des temps géologiques.

Document 1 : organisation des stromatolites

Les stromatolites (du grec « stroma » tapis, et « lithos » pierre) sont des structures en couches qui résultent de l'activité de microorganismes photosynthétiques appelés cyanobactéries et d'un piégeage de particules sédimentaires. Ils se forment dans différents sites mondiaux en milieu marin côtier.

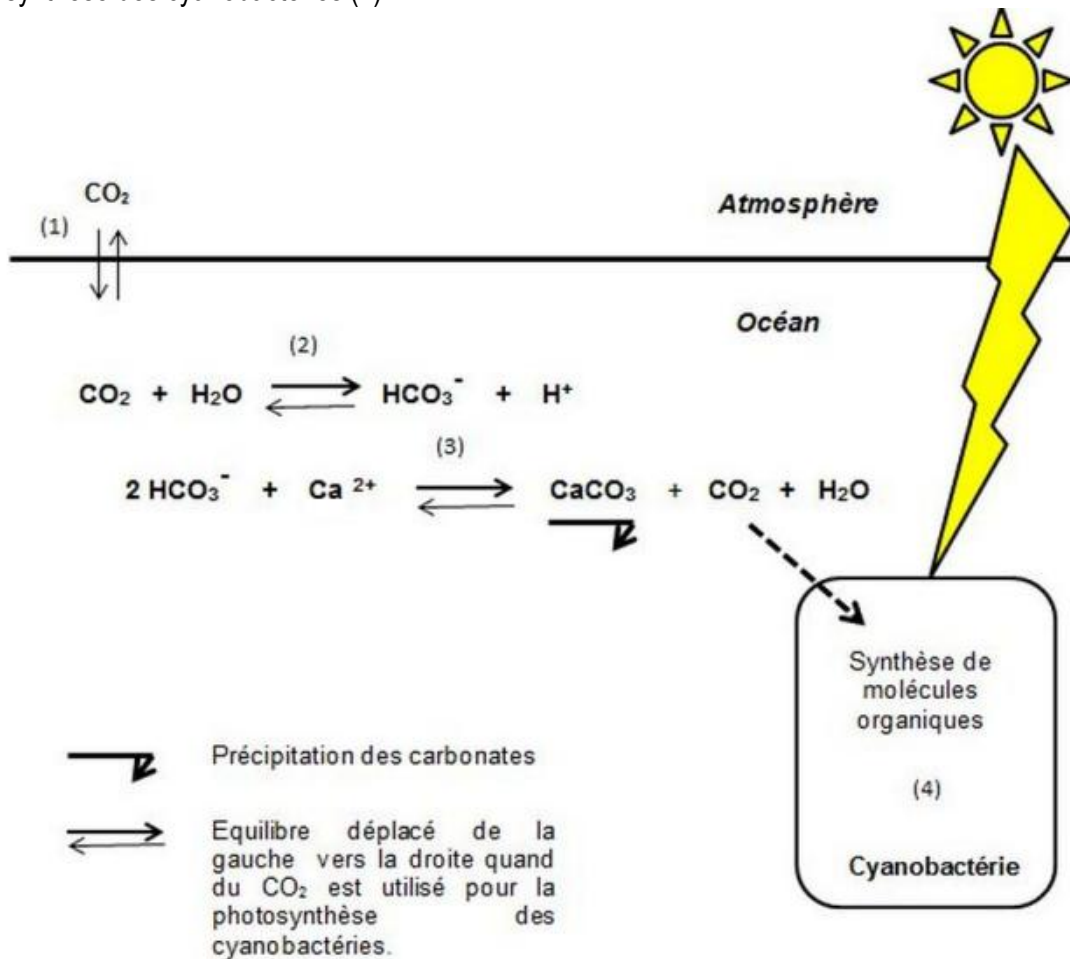
Ci-dessous : a et b présentent la croissance verticale de cyanobactéries le jour avec piégeage des sédiments et précipitation des carbonates. C présente la croissance horizontale des filaments d'autres bactéries la nuit et fixation des particules



Document 2 : processus chimiques à l'origine de la croissance des stromatolites

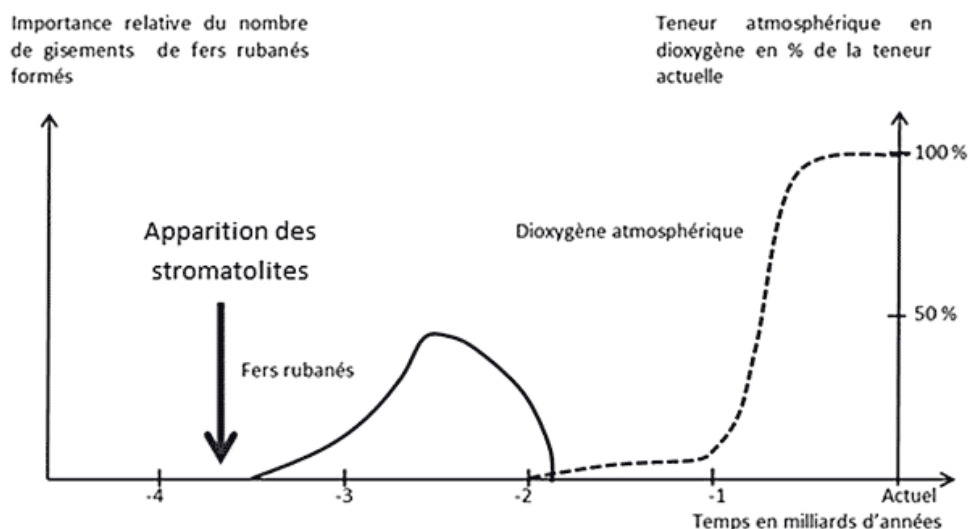
La croissance en couches successives d'un stromatolite, outre le dépôt et le piégeage mécanique de particules sédimentaires par les filaments bactériens, est la conséquence :

- de la solubilisation du dioxyde de carbone atmosphérique dans l'eau (1)
- de la dissolution du dioxyde de carbone qui donne des ions hydrogénocarbonates (HCO_3^-) (2)
- de la précipitation biochimique du carbonate de calcium (CaCO_3) formant un ciment calcaire à partir des hydrogénocarbonates (HCO_3^-) et des ions calcium (Ca^{2+}) (3)
- de la photosynthèse des cyanobactéries (4)



Document 3: les formations de fers rubanés et apparition du dioxygène atmosphérique

Avant deux milliards d'années, l'océan contenait des ions ferreux Fe^{2+} provenant de l'érosion des continents qui réagissaient avec le dioxygène dissous dans l'eau pour former des oxydes de fer à l'origine des fers rubanés. Depuis un peu moins de 2 milliards d'années l'océan est dépourvu d'ions ferreux car ils se combinent avec le dioxygène atmosphérique pour former des oxydes de fer sur les continents.



Eléments de correction

Compréhension globale du sujet (idées essentielles attendues)

Idee 1- Les cyanobactéries sont des bactéries photosynthétiques qui élaborent les stromatolites. En effectuant la photosynthèse elles prélèvent du CO₂ océanique, ce qui accélère sa solubilisation et appauvrit donc indirectement l'atmosphère en CO₂.

Cette activité des cyanobactéries entraîne aussi la précipitation des carbonates de calcium qui forment les couches calcaires des stromatolites

Idee 2- La photosynthèse produit du dioxygène dans l'océan d'abord puis dans l'atmosphère ensuite. Ce rejet d'O₂ dans l'océan, entraîne l'oxydation du fer ferreux venu des continents et sa précipitation sous forme de fers rubanés. Plus tard, le rejet de l'O₂ dans l'atmosphère, entraîne l'oxydation du fer ferreux sur place (sols rouges continentaux), et l'arrêt de la formation des fers rubanés à cause de la rupture de l'approvisionnement de l'océan en fer ferreux.

Critères	Indicateurs (éléments de correction)
<p>Éléments scientifiques issus des documents : (complets, pertinents, utilisés à bon escient en accord avec le sujet...)</p>	<p><u>Doc.1</u> - Les stromatolites sont des constructions calcaires d'origine biologique : ils se forment en milieu marin grâce à l'activité des bactéries photosynthétiques, au piégeage de particules sédimentaires et à la précipitation des carbonates. - La croissance des stromatolites est verticale.</p> <p><u>Doc.2</u> -La croissance des stromatolites, est le résultat de la solubilisation du CO₂ atmosphérique dans les océans sous forme d'ion hydrogénocarbonate HCO₃⁻ qui se combinent avec le calcium en solution Ca²⁺ pour donner un ciment calcaire. En effet, lorsque les bactéries pratiquent la photosynthèse, elles prélèvent du CO₂ dissous (premier membre de l'équation 3) ce qui accélère la précipitation des carbonates (déplacement équilibre vers la droite)</p> <p><u>Doc.3</u> -Avant -3.5Ga, il n'y a pas de stromatolites, ni de fers rubanés dans les océans. -L'apparition des stromatolites, précède de peu celle des fers rubanés dans les océans. -Avant -2Ga, dans l'océan il y a du fer Fe²⁺ provenant de l'érosion des continents. -Ce Fe²⁺ réagissait avec le dioxygène dissous pour donner des oxydes de fers à l'origine des fers rubanés. -Le dioxygène atmosphérique apparaît vers -2 Ga, l'océan est alors dépourvu de Fe²⁺, il n'y arrive plus car il forme des oxydes de fers sur les continents.</p>
<p>Éléments scientifiques issus des connaissances</p>	<p>► Enveloppes fluides = atmosphère, hydrosphère, Géosphère = ensemble des roches de la lithosphère. ► L'atmosphère initiale de la Terre était différente de l'atmosphère actuelle : en particulier absence d'O₂, présence d'une forte quantité d'eau et de CO₂ atmosphérique. ► Les carbonates (CaCO₃) sont des roches calcaires. ► La photosynthèse est d'abord une source d'O₂ océanique d'abord (photosynthèse des stromatolites dès -3,5 Ga) puis ensuite atmosphérique ensuite (continentale). ► Les fers rubanés sont des roches marines qui résultent de l'oxydation du fer ferreux (Fe²⁺) en solution, en fer ferrique (Fe³⁺) lorsqu'il est au contact de l'O₂. ► Les sols oxydés continentaux (sols rouges) résultent de la précipitation du fer ferreux sur les continents au contact de l'O₂ atmosphérique.</p>
<p>Éléments de démarche L'élève présente la démarche qu'il a choisie pour répondre à la problématique, dans un texte soigné (orthographe, syntaxe), cohérent (structuré par des connecteurs logiques), et mettant clairement en évidence les relations entre les divers arguments utilisés. Un bilan clair est proposé en fin de devoir.</p>	<p><u>Les mise en relation attendues :</u> Idee 1 : Les stromatolites sont des constructions calcaires qui découlent de l'activité de photosynthèse des cyanobactéries.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Le lien est fait entre la consommation du CO₂ atmosphérique dissous lors de la photosynthèse et la précipitation des carbonates. ● Le lien est fait avec la diminution du CO₂ atmosphérique au fur et à mesure de son piégeage dans les carbonates et donc avec la modification de la composition de l'atmosphère (↘CO₂) et de la géosphère (↗des roches calcaires). <p>Idee 2 La photosynthèse produit de l'O₂ dans l'océan d'abord puis dans l'atmosphère ensuite</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Le lien est fait entre l'apparition des cyanobactéries et l'apparition de l'O₂ dans les océans. ● Le lien est fait entre le rejet d'O₂, et la précipitation du fer Fe²⁺ sous forme de fers rubanés. ● Le lien est fait entre la photosynthèse et l'apparition de l'O₂ dans l'atmosphère. ● Le lien est fait entre l'apparition de l'O₂ dans l'atmosphère et l'oxydation du fer ferreux directement sur les continents. ● Le lien est fait entre l'oxydation du fer ferreux directement sur les continents et sa disparition dans les océans ainsi que la fin de la formation des fers rubanés.

Exemple de conclusion réponse à la pb :

En consommant du CO₂ océanique, la photosynthèse des cyanobactéries constructrices de stromatolites, a accéléré sa solubilisation depuis l'atmosphère et son piégeage dans les roches calcaires de la lithosphère. En produisant de l'O₂ dans l'océan d'abord, dans l'atmosphère ensuite, cette activité photosynthétique a entraîné la formation des fers rubanés puis plus tard la formation des sols continentaux oxydés (sols rouges).

L'activité photosynthétique des cyanobactéries (et des autres organismes photosynthétiques) a donc bien contribué à la modification des enveloppes fluides (hydrosphère atmosphère) et des roches de la lithosphère (géosphère)