

Barème :

Démarche cohérente qui permet de répondre à la problématique	Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et associant tous les éléments scientifiques issus des documents.	3
Démarche maladroite et réponse partielle à la problématique	Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et associant de manière incomplète les éléments scientifiques issus des documents ou	2
Aucune démarche ou démarche incohérente	Tous les éléments scientifiques issus des documents sont présents et reliés le plus souvent entre eux mais la réponse à la problématique est erronée ou partielle.	1
	Même s'ils sont reliés entre eux, seuls quelques éléments scientifiques issus des documents sont cités.	0

- L'utilisation des courbes 1, 2 et 3 permet alors d'affiner les conditions de formation.

■ Mobiliser ses connaissances

- Dans les chaînes de montagnes anciennes, on observe à l'affleurement une plus forte proportion de matériaux transformés (métamorphisme) et formés en profondeur que dans les chaînes récentes.
- Ce sont surtout des compétences (lecture d'un diagramme P/T) qui sont à mobiliser.

CORRIGÉ 22

- La roche considérée fait partie du Massif central, chaîne de montagnes ancienne longuement soumise à l'érosion : les roches qui affleurent actuellement se sont donc formées en profondeur.
- La roche présente un aspect rubané, feuilleté (**document 1**). Les feuillets alternativement clairs et foncés sont plissés. Ces caractères sont ceux d'une **roche métamorphique** provenant de transformations à l'état solide.
- Les courbes du **document 2** permettent de préciser les conditions de formation de cette roche. Les roches métamorphiques contiennent du silicate d'aluminio qui peut se présenter sous trois espèces minérales suivant les conditions de pression et de température : andalousite, sillimanite ou disthène.
- La roche étudiée ne contient ni andalousite ni disthène mais un peu de **sillimanite**. Elle s'est formée dans des conditions où la sillimanite est stable donc, sur le diagramme P/T (**document 2**), dans le triangle dont les sommets ont pour coordonnées : 480 °C/3,9 kb, 600 °C/6 kb et 700 °C/1 kb.
- Les courbes des réactions métamorphiques permettent de préciser les conditions de formation. La courbe 2 sépare deux domaines. Le domaine de droite est caractérisé par la présence de **cordilérite** existant également dans la roche étudiée : dans le triangle défini précédemment, la zone de formation se situe donc **à droite de la courbe 2**. La courbe 3 sépare deux domaines. Le domaine de droite est caractérisé par la présence de **feldspath potassique**, absent dans la roche étudiée. Donc, dans le triangle précédemment défini, la zone de formation se situe à **gauche de la courbe 3**.
- La zone où sont réunies les conditions de formation de la roche est celle représentée en rouge sur la figure. Ces conditions correspondent à une température comprise entre 530 et 650 °C et une pression de 2 à 6 kb.

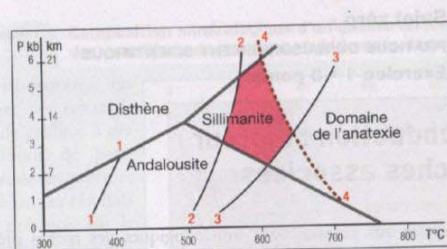


Figure Zone réunissant les conditions de pression et de température nécessaires à la formation de la roche étudiée (en rose).

Remarque : La roche (document 1) peut être également interprétée comme une migmatite (roche qui a partiellement fondu), d'où certaines régions de type gravitaire témoins de cette fusion et d'autres ayant conservé un aspect de gneiss (roche métamorphique). La photographie ne permet pas de trancher entre gneiss et migmatite, d'où la correction choisie. Si la roche est une migmatite, cela signifie qu'il y a eu fusion et que la roche est passée au cours de son histoire dans les conditions régnant à droite de la courbe 4 et à gauche de la courbe 3.

2ème PARTIE - Exercice 2 - Résoudre un problème scientifique (Enseignement spécialité). 5 points.

Temps indicatif : 1h10

ATMOSPHÈRE, HYDROSPHÈRE, CLIMATS : DU PASSÉ À L'AVENIR

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

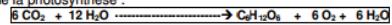
En s'appuyant sur les données des documents et sur les connaissances, montrer que l'activité d'êtres vivants a des conséquences sur la composition des enveloppes fluides et sur celle de la géosphère, à l'échelle des temps géologiques.

Qualité de la démarche	Démarche cohérente	Démarche maladroite	Pas de démarche ou démarche incohérente
Elément scientifiques tirés des connaissances et des documents	Suffisants dans les deux domaines	Suffisants pour un domaine et moyen dans l'autre ou moyen dans les deux	Suffisants pour un domaine et moyen dans l'autre ou moyen dans les deux
note	5	4	3
			2
			1
			0

La biosphère s'est développée aux interfaces avec deux enveloppes fluides (atmosphère et hydrosphère) et une solide, la géosphère avec lesquels elle a été et est en interaction permanente. Nous allons principalement étudier l'impact qu'à pu avoir le développement de Cyanobactéries photosynthétiques appelées aussi « Algues bleues » sur la formation de deux roches de la géosphère.

Les Cyanobactéries sont des Prokaryotes photosynthétiques. Par leurs pigments chlorophylliens (la chlorophylle a et la phycocyanine notamment), l'énergie lumineuse est captée et convertie en énergie chimique.

On rappellera l'équation-bilan de la photosynthèse :



que l'on pourra simplifier ici en



Le glucose produit est ensuite converti en diverses molécules organiques : glucides complexes, lipides, acides aminés.

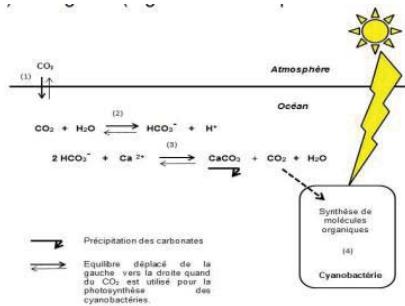
Nous allons constater que la réalisation de cette photosynthèse ici bactérienne va avoir des conséquences moins connues que la production de diverses matières organiques et de dioxygène.....

Le document 1 montre l'organisation des stromatolites. Ces structures calcaires sont formées de l'accumulation du bas vers le haut, souvent en forme de boule, de couches successives formées journellement. Un tapis de bactéries en colonies filamenteuses qui se sont multipliées pendant la nuit supporte une couche où se mêlent de nouvelles bactéries et des cristaux de carbonate de calcium (CaCO_3) mêlés à des particules sédimentaires. La séquence se répète les 24h suivantes. Si l'on peut comprendre la présence de bactéries photosynthétiques en milieu marin côtier (profondeur quasi-nulle à faible, donc bonne pénétration de l'énergie lumineuse), comment expliquer la présence de ces éléments calcaires ?

Le document 2 précise les processus chimiques à l'origine de la croissance des stromatolites. La création des dépôts calcaires se fait en trois étapes :

- solubilisation du dioxyde de carbone atmosphérique dans l'eau. On sait que ce gaz est très soluble dans l'eau, contrairement au dioxygène (1)
- dissolution du dioxyde de carbone qui donne avec l'eau des ions hydrogénocarbonates (HCO_3^-) et des protons H^+ (2)
- précipitation biochimique du carbonate de calcium (CaCO_3) formant un ciment calcaire à partir des (HCO_3^-) et des ions calcium solubilisés, présents dans l'eau de mer (Ca^{2+}) (3)

La photosynthèse des cyanobactéries (4) qui prélève du CO_2 dans le milieu marin déplace l'équilibre vers le bas (réaction 1) et la droite (réactions 2 et 3).



Mais la photosynthèse est paradoxalement aussi à l'origine des principaux minéraux de Fer connus sur Terre et appelés « Fers rubanés ».

Le document 3 permet de comprendre la période et les mécanismes de leur formation.

Avant deux milliards d'années, l'oxygène était encore quasiment absent. On rappelle que la quasi-totalité de l'oxygène présent sur Terre dans les enveloppes fluides est d'origine biologique, photosynthétique. Cette absence d'oxygène rendait l'atmosphère et l'eau de mer fortement « réductrices » (sur un plan chimique oxydo-réducteur). Le cycle de l'eau arrachait aux continents alors dépourvus de toute vie des ions ferreux Fe²⁺ qui étaient véhiculés jusqu'aux océans eux aussi réducteurs....sauf en certains endroits où des Cyanobactéries constituaient des oasis de vie encore localisées. Le dioxygène libéré par cette photosynthèse procaryotique réagissait avec les ions ferreux, ce qui donnait de l'hématite Fe₂O₃ où l'oxygène est sous sa forme ferrique Fe³⁺ (mais aussi de la magnétite Fe₃O₄ où l'oxygène est seulement partiellement sous forme ferrique Fe₃O₄=Fe₂O₃ et son fer ferrique +FeO et son fer ferreux).

Le graphique montre effectivement que la création des premiers fers rubanés est quasiment contemporaine de l'apparition des stromatolites. On notera que dans les fers rubanés, l'alternance se fait entre des couches ferriques et des couches siliceuses et qu'aucun être vivant n'est directement impliqué comme dans les Stromatolites). Avec la prolifération sur Terre, en milieu côtier, des stromatolites, les formations de fers rubanés se sont étendues.

Reste à expliquer la disparition de leur genèse après deux milliards d'années. On peut sans doute faire l'hypothèse que la photosynthèse s'est fait de plus en plus intense sur Terre, les cellules Eucaryotes sont apparues. La photosynthèse procaryotique et eucaryotique a enrichi progressivement l'atmosphère en oxygène qui est alors devenue oxydante. Ainsi donc les ions ferreux libérés -notamment par l'érosion continentale- étaient désormais oxydés sur les continents. On sait que l'ion ferrique est très peu soluble. Se sont donc formés des oxydes de fer continentaux, non rubanés. La pénurie d'ions ferreux arrivant dans les océans aurait tari la création des fers rubanés. La concentration en oxygène atmosphérique, nulle encore à -2GA, qui augmente progressivement à partir de cette date semble aller dans le sens de cette hypothèse.

Ainsi donc l'activité d'êtres vivants comme les Cyanobactéries a des conséquences sur la composition des enveloppes fluides et sur celle de la géosphère, à l'échelle des temps géologiques. Nous venons de démontrer que la photosynthèse a conduit à la formation de calcaires biogéniques et de fers rubanés. Ces éléments s'ajoutent à la production d'oxygène et de matières organiques. On pourra aussi préciser que les matières organiques photosynthétiques peuvent, si elles ne sont pas totalement dégradées, générer après enfouissement, élévation de la température et de la pression, des roches carbonées (telles que charbon, pétrole, gaz) si importantes pour l'homme. Les êtres vivants chlorophylliens interagissent considérablement avec leur milieu.