

Il en est des **minéraux** comme des êtres vivants, ils ont des physionomies particulières selon les lieux où ils ont pris naissance. Les pierres ont des couleurs, des formes parfois stupéfiantes, étincelantes ou phosphorescentes.

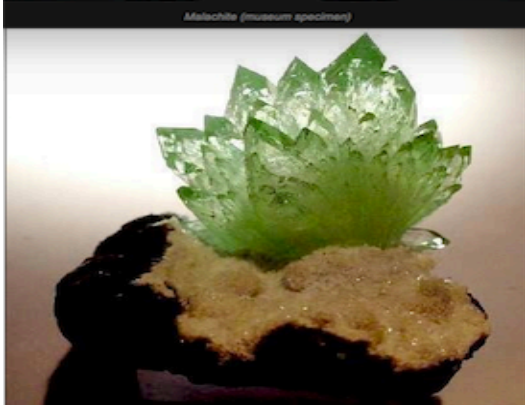




*Richard Dusty Mercier*  
Amethyst Flower from Uruguay (Specimen and Photo: Richard Dusty Mercier)



Malachite (museum specimen)



Fleure d'Apophyllite verte de Lonavala Mine, Poonah



Améthyste Scapin et Cathédrale d'Australie (Specimen and Photo by Patrick Gundersen)



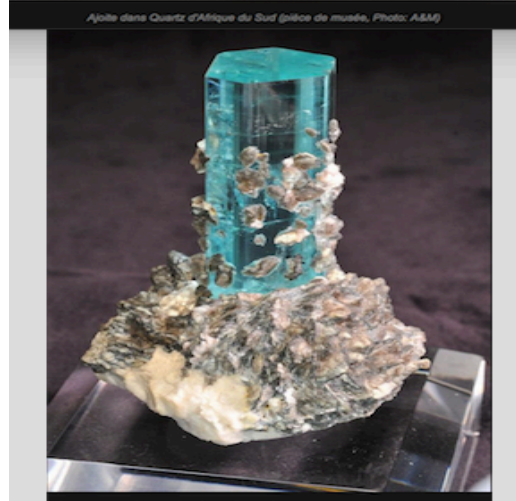
Calcite on Fluorite from Yaogangshan, China (specimen: Fine Mineral International, photography: James Elliott)



Apophyllite verte "Well Pocket" d'Inde (pièce de Gargol Mineral India)



Ajala dans Quartz d'Afrique du Sud (pièce de musée, Photo: A&M)



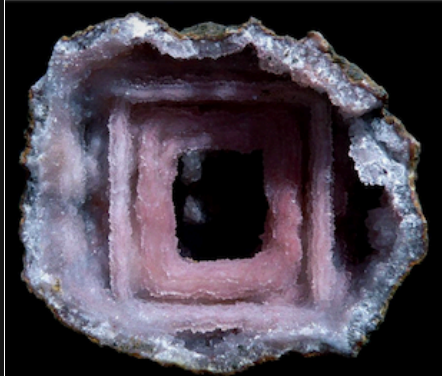
Apophyllite de Shigar Valley, Skardu District, Baltistan, Pothohar Areas, Pakistan (collection private)



Fluorine recouverte d'Améthyste et Calcite (pièce de musée)



Calcedoine (Photo: Albert Russ)



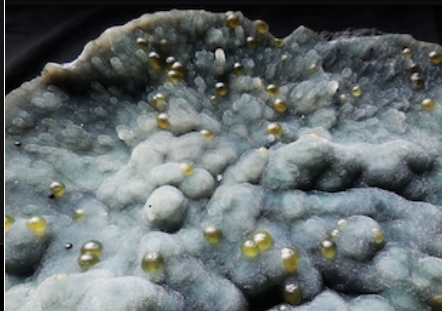
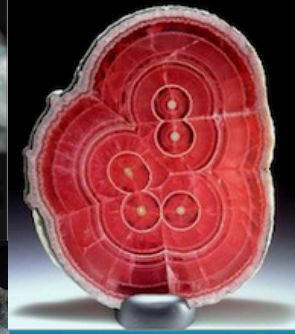
Géode d'Améthyste du Maroc (Photo: Yves Masson)



Agate de Turquoise (collection privée)



Calcedoine (source: mindat.org)



Fluorite botrydale jaune sur Calcedoine de Mahodari Mine, Nasik, Maharashtra, Inde (collection privée)



Améthyste avec sceptre de Calcite du Brésil (pièce de musée, Mark Maulthner)



Fluorine Botrydale rouge sur Calcite de Mahodari Mine, Nasik, Maharashtra, Inde (pièce de khyber minerals)



# L'ingrédient essentiel à la vie : les roches

Elles ne sont pas que belles, elles sont aussi les constituants fondamentaux de la civilisation moderne. Sans ressources minérales, nous n'aurions pas de bâtiment, pas de télévision, pas de voiture, pas d'ordinateur ...

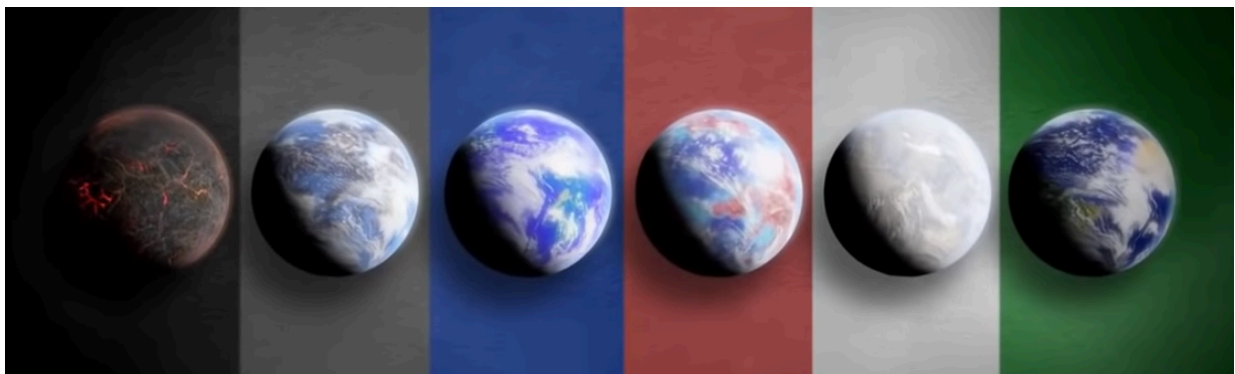
Pourraient-elles également nous aider à résoudre le plus grand des mystères, l'origine de la vie ?

Rien ne semble moins vivant qu'une pierre, c'est inanimé, c'est l'antithèse d'un être vivant. Pourtant malgré leur caractère froid et inerte, on commence à se rendre compte que les roches sont un ingrédient essentiel dans la recette de la vie.

Comment la terre qui n'était au départ qu'une boule de roche fondue est-elle devenue une planète peuplée d'organismes aussi divers que spectaculaires ?

Une toute nouvelle approche montre que la vie « animée » est tributaire des roches et inversement, dans un processus qui a démarré il y a 4,5 milliards d'années. Si on ramenait cette histoire à l'échelle d'une journée, toute l'humanité depuis les premiers squelettes des hominidés jusqu'à l'invention du téléphone portable tiendrait dans les 4 dernières secondes !

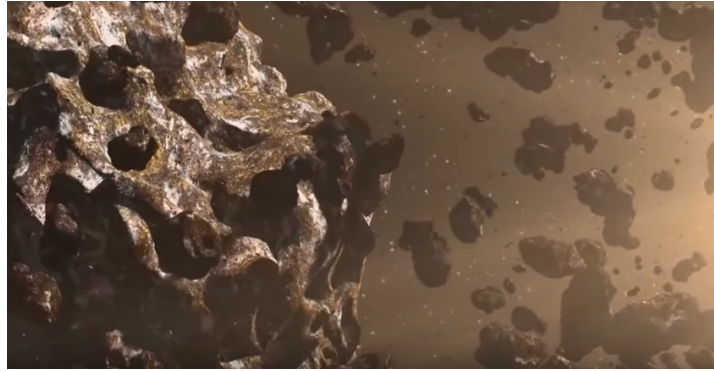
Comprendre l'histoire de la terre n'est pas une mince affaire mais selon cette nouvelle théorie, on distingue six périodes au cours desquelles la Terre s'est vue attribuée des couleurs différentes.



La première étape est la formation de **la terre noire**.

La terre s'est formée à partir des roches et des poussières présentes dans le jeune système solaire. Au fil du temps, des fragments de roches se sont heurtés et agglomérés pour former les planètes en orbite autour du soleil.

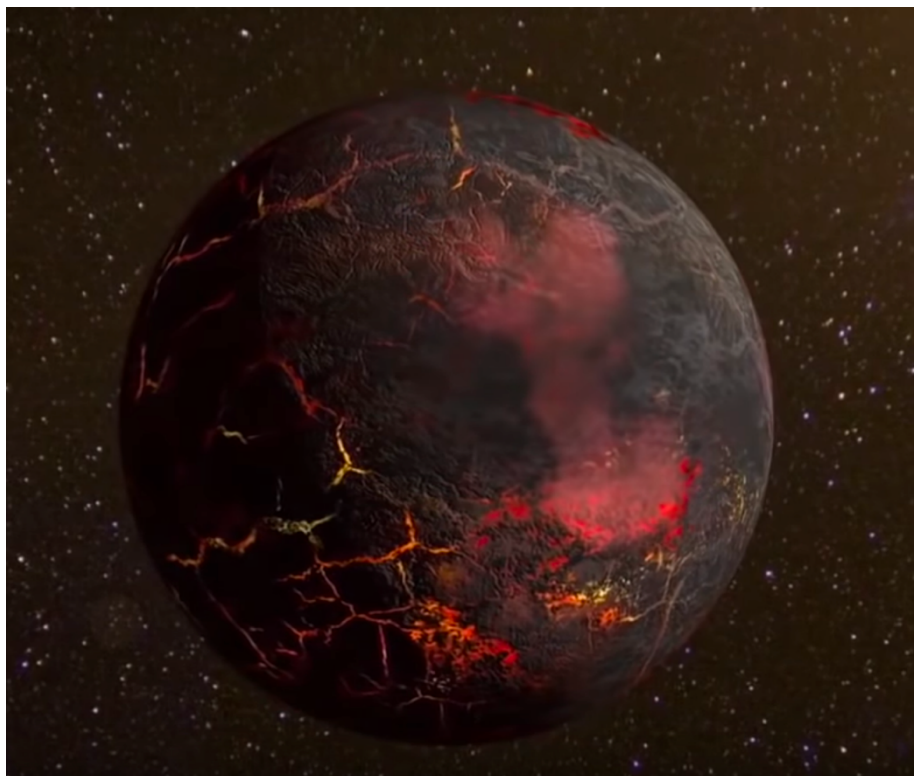




Au début, la terre était constituée de matières en fusion. La température atteignait des milliers de degrés.



Mais au contact de l'espace interplanétaire, la roche s'est refroidie et à commencer à se transformer.



Notre planète était alors un véritable enfer. Rien, pas même un grain de poussière, n'a survécu à la période de la terre noire.

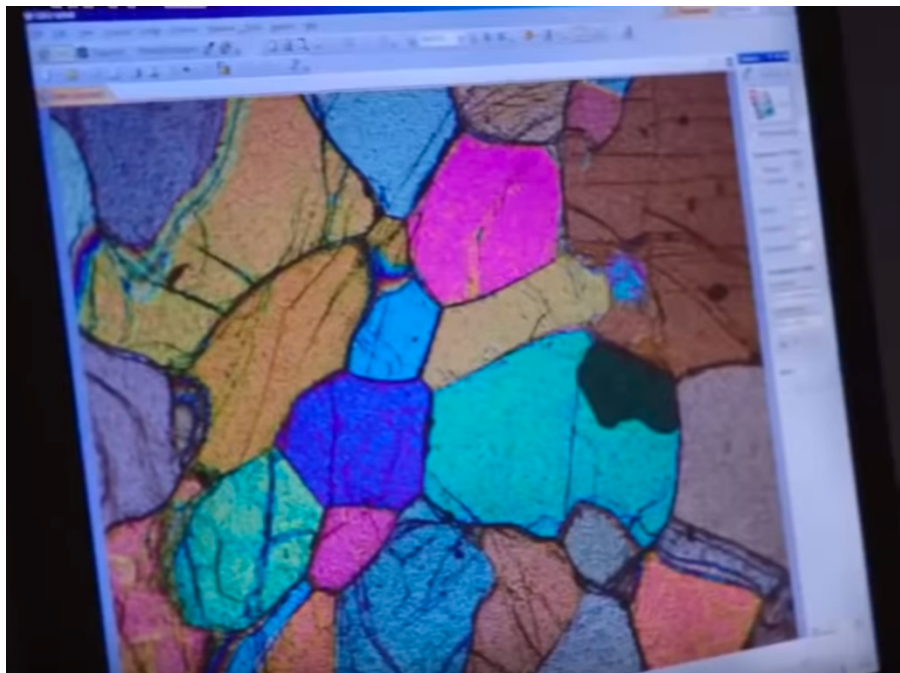
La lave des volcans en refroidissant a recouvert le sol d'une roche appelée basalte qui était de couleur noire.



Ce paysage paraît désolé, pourtant certains des éléments essentiels à la vie sont déjà présents dans ce matériau.



L'observation au microscope de très fines lames de roches de basalte permet de mettre en évidence leur composition minéralogique et un simple morceau de basalte noir éjecté d'un volcan apparaît au microscope comme un patchwork de minéraux colorés.



Les minéraux ne sont pas justes beaux à regarder, ils possèdent des propriétés chimiques et physiques remarquables et sont à l'origine d'un grand nombre d'éléments dont les remarquables propriétés chimiques ont été déterminantes dans l'apparition de la vie. Les météorites qui ont formé notre planète furent une sorte de kit de démarrage qui réunissait la plupart des éléments chimiques.

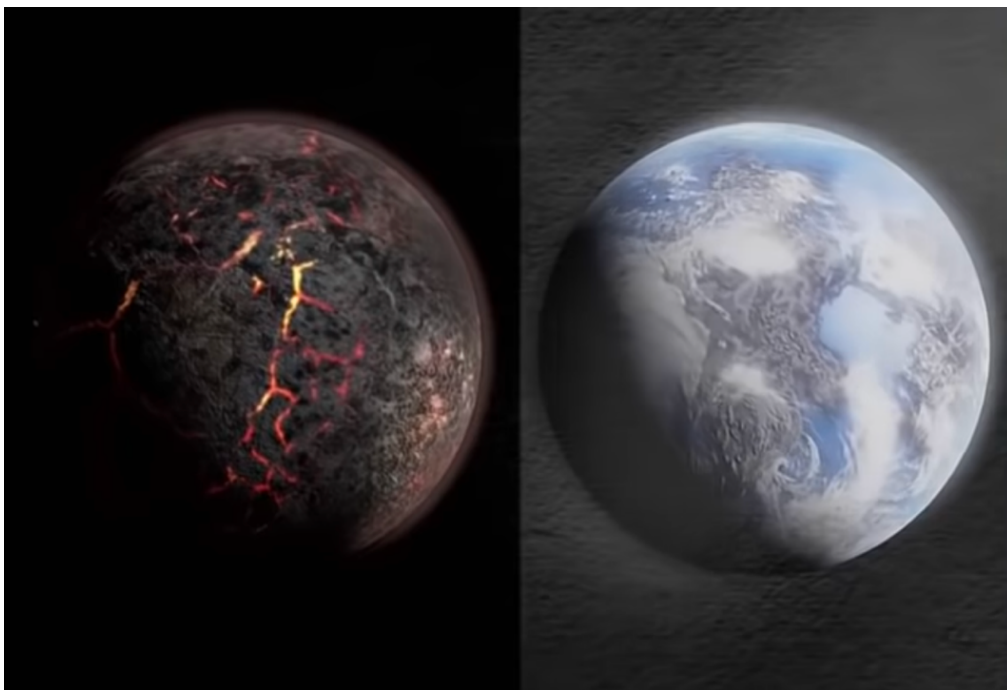


On peut penser que la terre avait besoin de plus de minéraux, pour son évolution, que ce qu'elle possédait au départ. Et ainsi, dans les conditions de pressions et de chaleur extrême qui régnaient sur la terre lors de sa formation, **de nouveaux minéraux sont apparus comme le granit, une roche magmatique.**

Ensuite des roches métamorphiques comme la péridotite constituée de petits cristaux.



Ainsi la planète Terre a-t-elle changé d'apparence en **passant du noir au gris.**



Ces immenses parois sont en granit, une roche qui contient des minéraux comme le quartz.



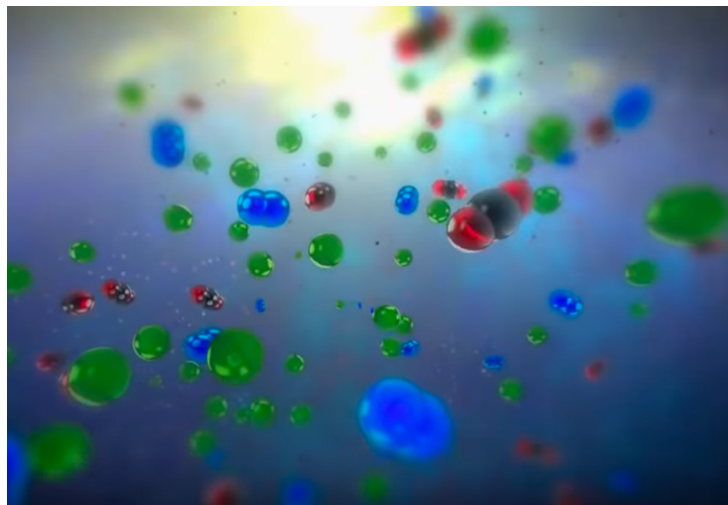
Le granit constitue le socle des continents.



A ce stade, toutes les conditions sont réunies pour qu'apparaisse un nouvel élément dans l'histoire de la planète qui va marquer **le passage à la phase bleue.**



L'eau joue un rôle central dans toutes les théories sur l'origine de la vie car l'eau est un formidable solvant qui permet à tous les différents types de molécules d'y flotter et d'interagir entre elles.



Donc le point de départ, c'est l'eau. A quel stade, la terre s'est-elle suffisamment refroidie pour comporter de **l'eau liquide essentielle à la vie** ? La vitesse à laquelle cela s'est produit reste un **grand mystère.**

Néanmoins, en analysant des paillettes de cristaux de zircon, les plus anciens minéraux qu'on ait jamais découverts, on peut estimer que les **premiers océans** terrestres seraient apparus seulement **100 millions d'années après la naissance de la Terre, donc il y a 4 milliards quatre cent millions d'années.**

Il y avait de l'eau sur la terre primitive, donc la planète se serait refroidie plus vite et était plus humide qu'on ne le pensait. Elle ressemblait bien plus à la Terre que nous connaissons, déjà 100 millions d'années après son apparition. A cette période, les conditions étaient déjà réunies pour que la vie apparaisse.

Si la vie a pu émerger aussi tôt, reste à savoir comment elle a commencé.

En 1871, dans une lettre adressée à un de ses amis, Charles Darwin émet l'hypothèse que la vie serait née dans une petite mare d'eau relativement chaude.



Une soupe d'éléments chimiques chauffée par les rayons du soleil aurait, selon lui, constitué un milieu accueillant où les molécules auraient pu se former et s'organiser pour créer la vie !

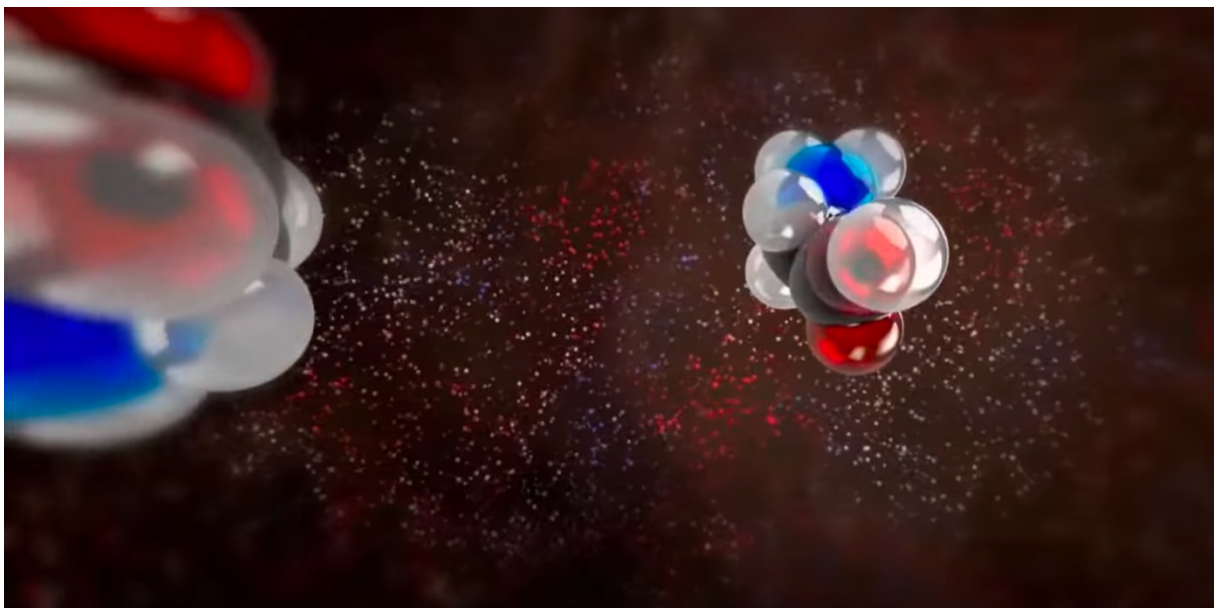
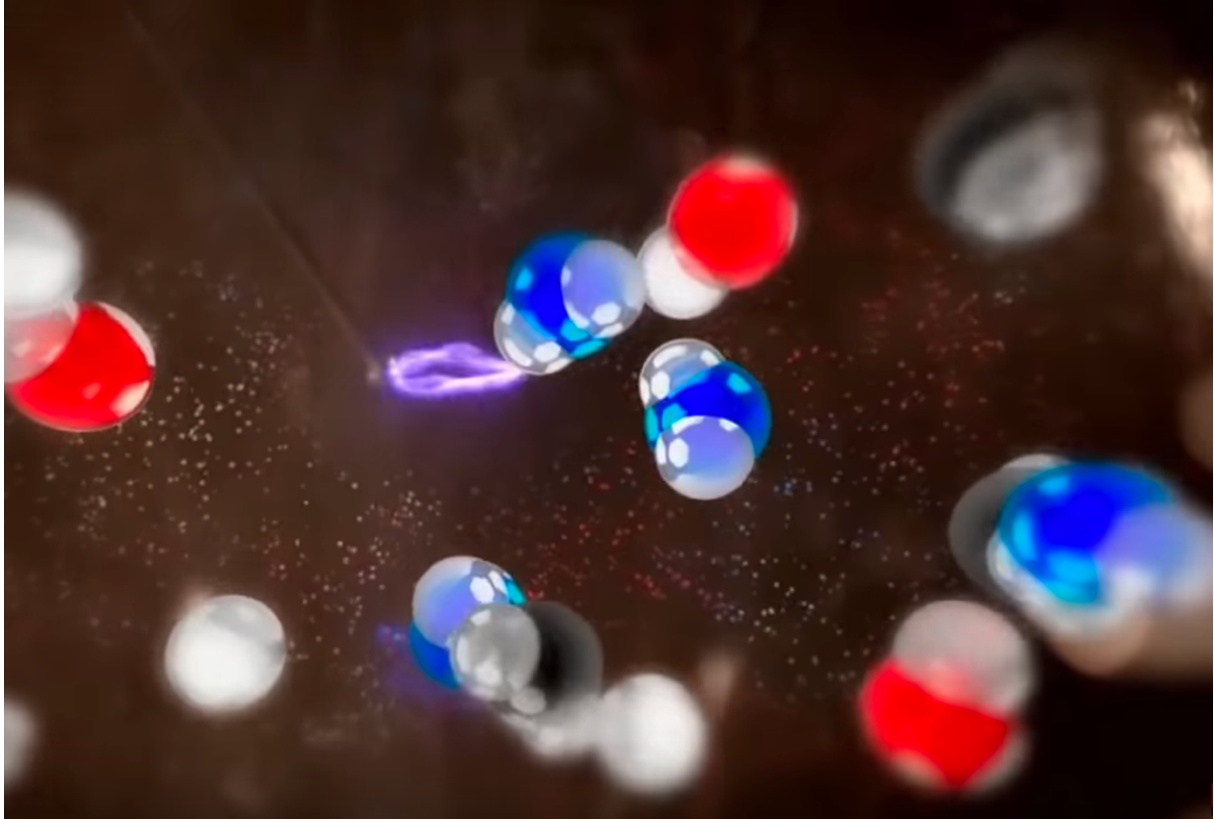
Darwin était très en avance sur son temps, cette idée de bonne petite soupe chaude appelée la soupe pré-biotique va se vérifier.

En 1953, par l'expérience de Stanley Miller et Harold Urey, on a pu comprendre que c'est grâce aux éclairs, phénomène omniprésent dans l'atmosphère terrestre, que les molécules de gaz et d'eau se sont décomposées. Grâce à l'énergie produite par ces éclairs, d'autres réactions chimiques se sont enchaînées.

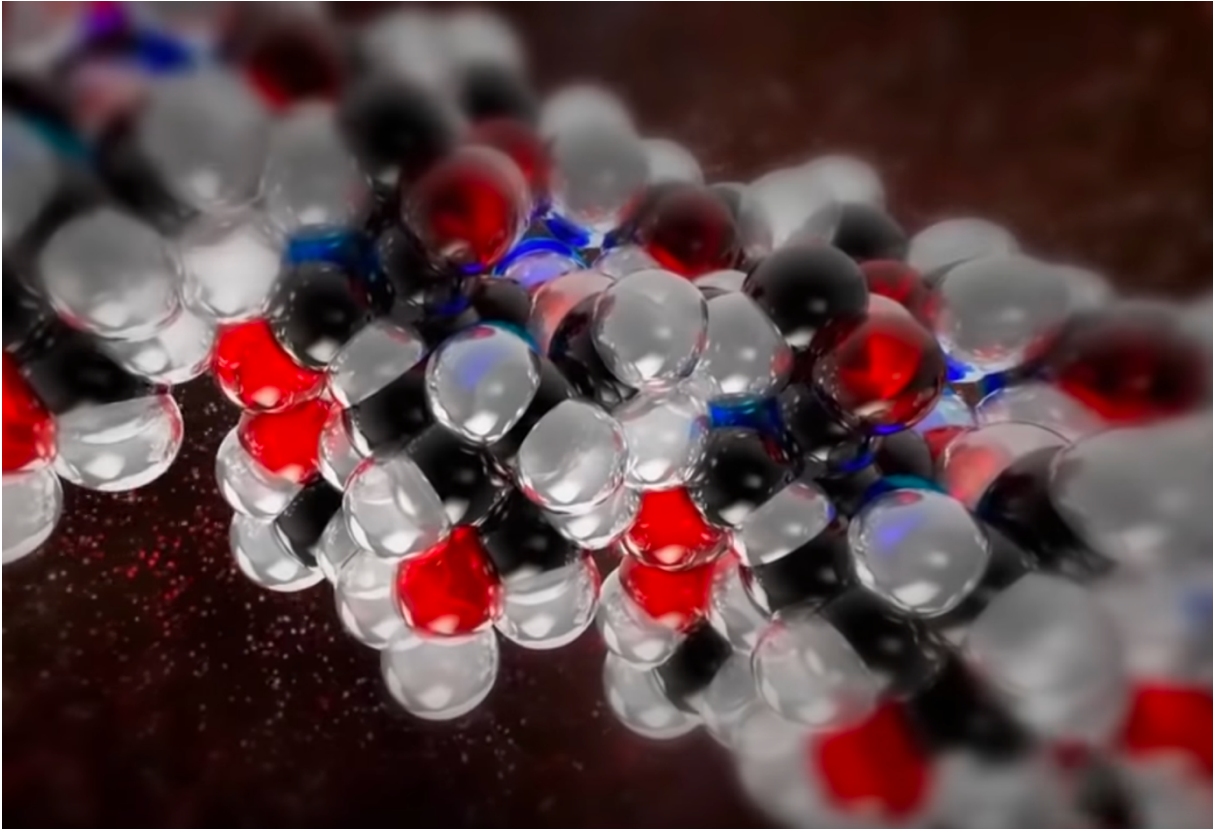


Le moment où la foudre frappe et donne de l'énergie aux molécules dans l'eau.

Après avoir injecté la même énergie que les éclairs par électrolyse, dès le deuxième jour des expériences reconstituées en laboratoire, l'eau s'est teintée de rose et quelques jours plus tard, une matière noire, visqueuse, s'est formée. Ces nouvelles substances se sont avérées être des acides aminés, des composés organiques généralement associés à la vie qui composent les protéines, les ingrédients de la vie.



Les acides aminés sont les briques de base du vivant qui forment les protéines, ingrédients essentiels des muscles et autres tissus.



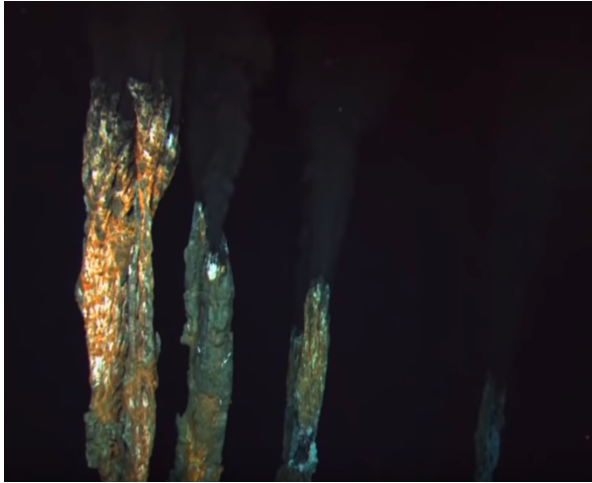
Cette expérience de Miller-Urey semblait confirmer l'hypothèse de Darwin. L'homme avait franchi une étape essentielle : comprendre comment se sont fabriqués les composés essentiels à la vie.

Pourtant 24 ans plus tard, une nouvelle découverte va ouvrir une deuxième voie possible à l'apparition du vivant.

Dans les profondeurs océaniques, à plus de 1,5 kilomètres de la surface, des explorateurs découvrent des sources hydrothermales brûlantes et riches en minéraux, des sortes de volcans sous-marins. La température de l'eau y atteint plus de 600 degrés et il y fait noir.



Robot dans les fonds sous-marins.



Pourtant une vie abondante s'y est développée en exploitant, non pas l'énergie solaire mais l'énergie chimique de ces cheminées. Personne ne pensait que la vie pouvait prospérer sans lumière. Là, en plus, on a des températures et des pressions extrêmes.

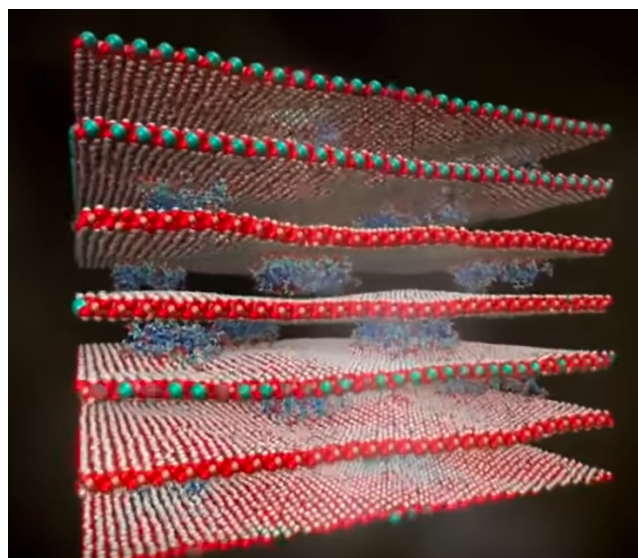
Il faut donc revoir nos croyances : ce n'est pas parce qu'un milieu est extrême pour nous, qu'il est extrême pour ces microbes.

Au lieu d'émerger dans une eau peu profonde, la vie aurait-elle pu apparaître dans cet environnement sombre et inhospitalier ?

A nouveau, on a refait l'expérience dans les mêmes conditions en laboratoire. Déception car rien ne se passait.

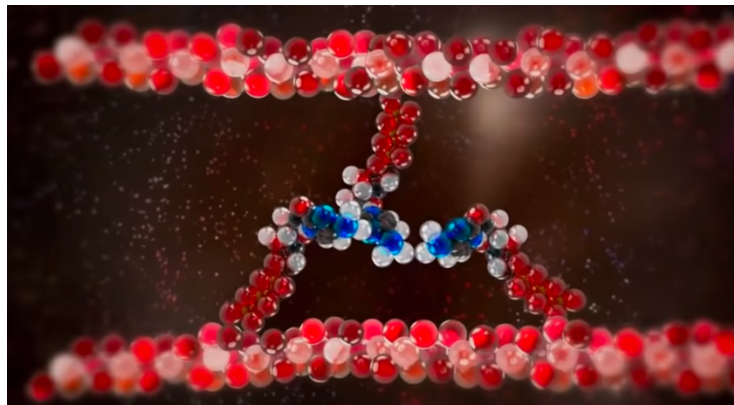
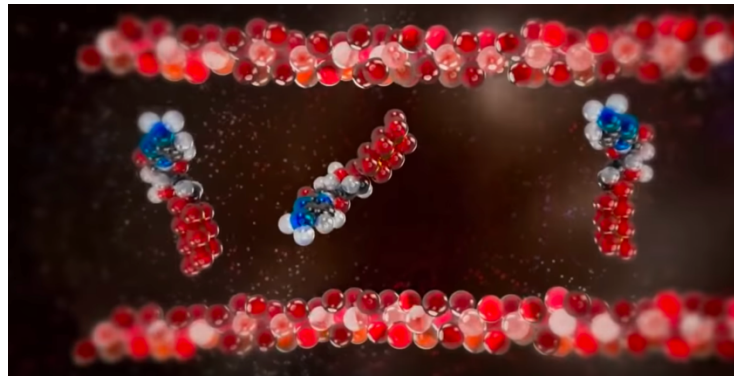
Ils avaient oublié un ingrédient : les roches. En introduisant des roches et des minéraux réduits en poudre, cette fois, cela a fonctionné.

Depuis on s'interroge sur le rôle joué par les roches et les minéraux, dans l'apparition de la vie. Dans un laboratoire londonien, on y étudie la boue. Elle peut contenir de l'argile, elle-même constituée des minéraux les plus courants sur terre. C'est dans sa structure atomique que l'on découvre ce qui la rend collante et peut-être propice à l'émergence de la vie.

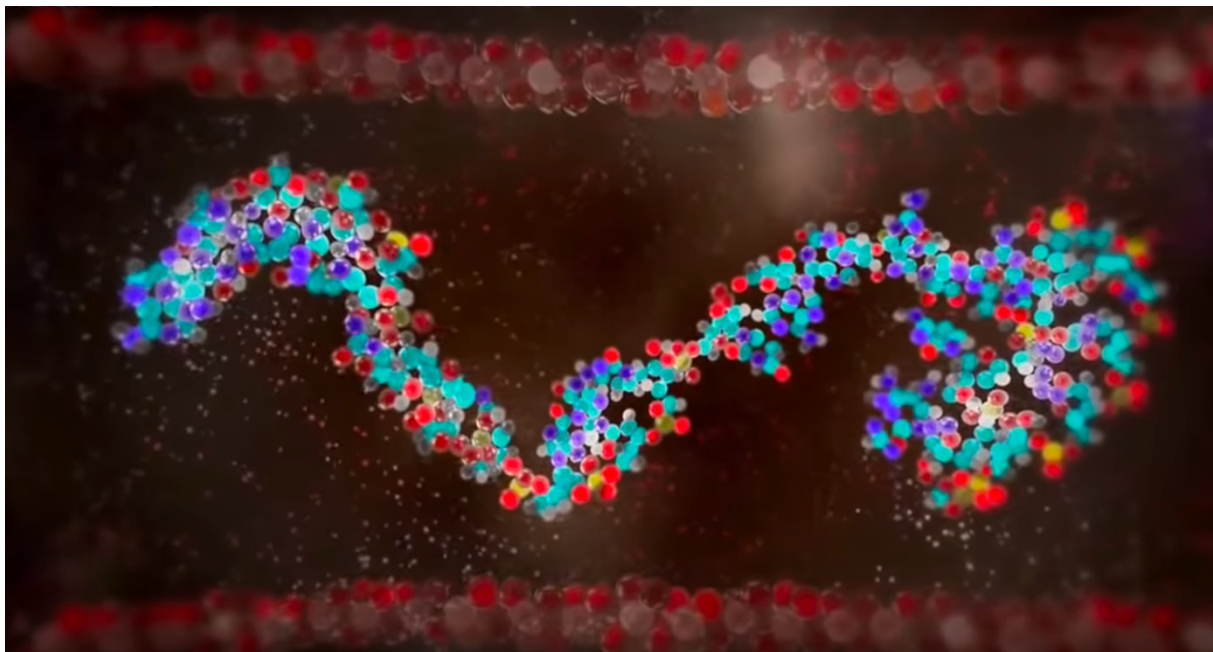


Dans cette structure de base, l'argile est composée d'un grand nombre de feuillets empilés.

Ceux-ci sont séparés par des espaces qui se remplissent d'eau et d'autres molécules.



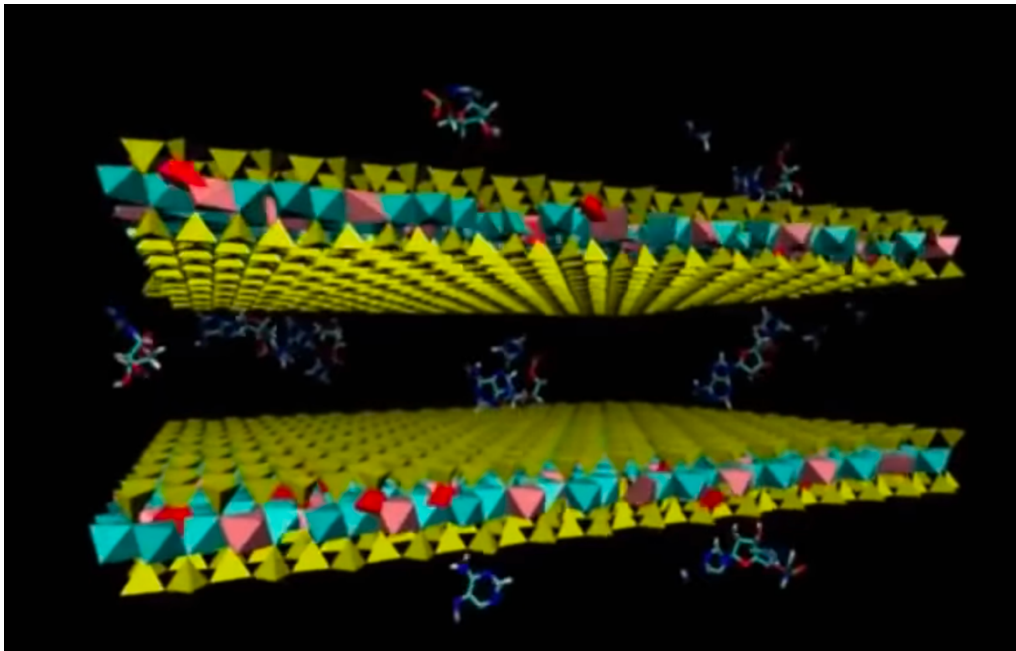
Ces surfaces, assez étendues, sont propices à la formation de molécules plus complexes, voire d'ARN, une partie essentielle du code génétique commun à tous les êtres vivants.



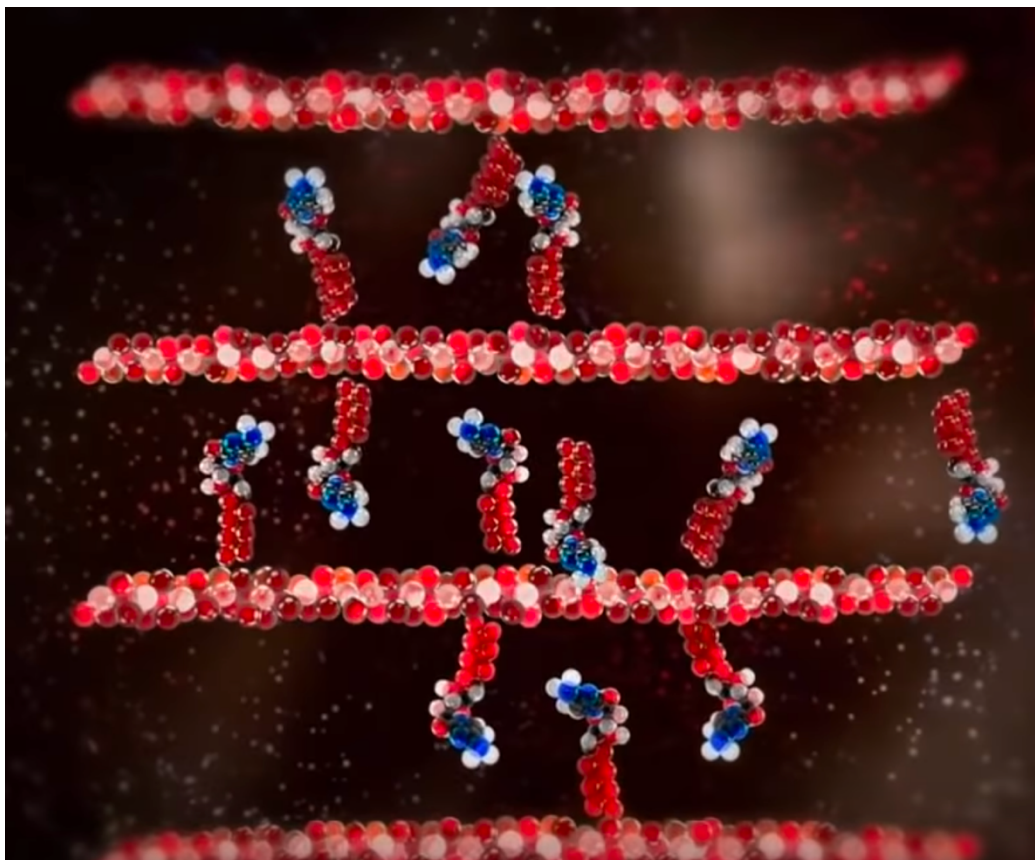
**L'une des questions les plus difficiles sur l'origine de la vie est de savoir comment on a pu passer de simples briques élémentaires chimiques, aux structures complexes qui composent les systèmes vivants biologiques.**



L'argile est peut-être la réponse, elle offre un mécanisme qui permet de passer d'un stade à l'autre, du chimique au biologique avec l'apparition de l'ARN, très proche chimiquement de l'ADN. Ces simulations montrent que le secret de l'argile réside dans ses surfaces.



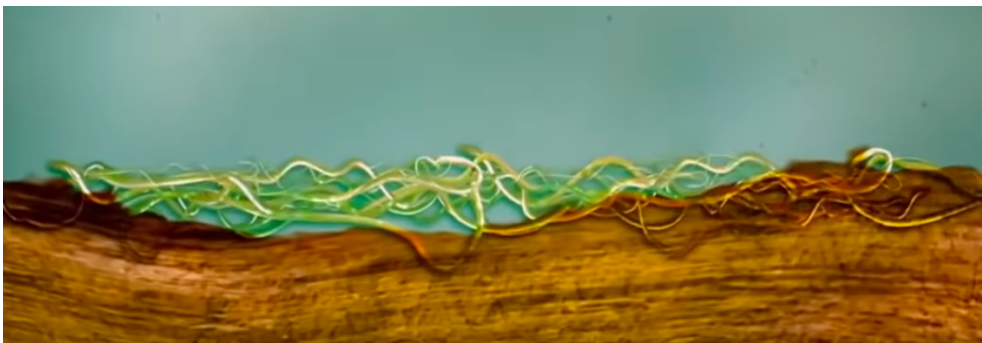
La surface de ces minéraux est incroyable. Elle produit toutes sortes de réactions chimiques.



Les minéraux, comme par exemple ici l'argile, illustrent un aspect fascinant de la chimie car la surface où les réactions se produisent, est parfois tout aussi importante que les ingrédients eux-mêmes : la chimie la plus délicate se déroule à **la surface des solides**.

Nous commençons enfin à comprendre le rôle caché qu'on put jouer les minéraux dans l'apparition de la vie. Ils ont fourni une partie des ingrédients et des surfaces sur lesquelles s'opèrent d'importantes réactions chimiques : la partie vivante est uniquement la surface externe, un tapis microbien qui fabrique les couches, au rythme de moins d'un millimètre par an.

Les microbes qui la constituent accomplissent un travail remarquable. Ils captent les minéraux et le sable présent dans l'eau et les cimentent, couche après couche, pour former ces monticules.



Mais quand tout cela a-t-il commencé ? A quelle époque, la planète est-elle devenue bleue ?

Les traces des toutes premières formes de vie terrestre ont été découvertes en Australie. Ce sont les restes fossilisés d'organismes vivants qu'on appelle des stromatolithes parfaitement préservés dans ces roches anciennes qui constituaient un fond marin, il y a 3,4 milliards d'années. Tout comme les coraux, ils ont une structure minérale solide qui se construit couche par couche et les bâtisseurs de ceux-ci sont des microbes, des organismes monocellulaires. Ce sont les plus anciens fossiles qu'on ait jamais trouvés sur terre.



Il y a encore aujourd'hui des stromatolithes vivants.



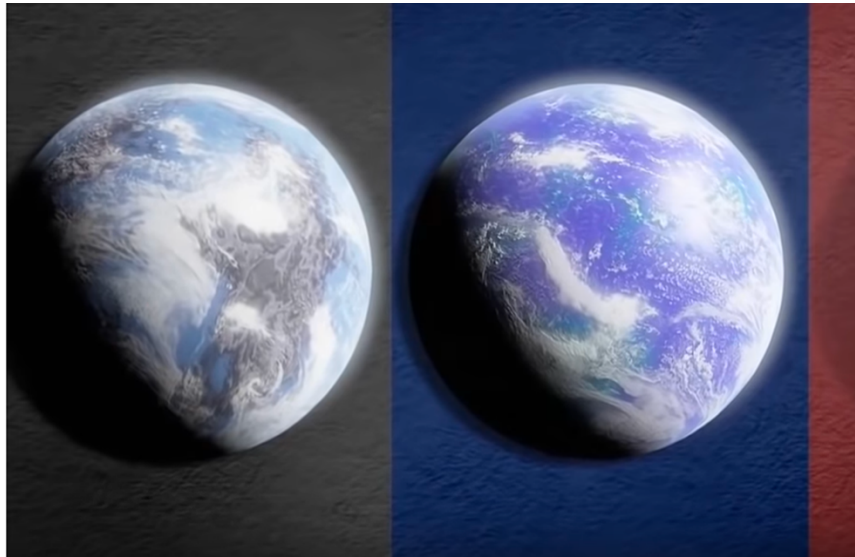
Mais si les stromatolithes sont les plus anciens fossiles connus, cela ne fait pas forcément d'eux, les premières formes de vie.

On pense qu'à l'époque où ils sont apparus, la vie avait déjà beaucoup évolué car ces fossiles sont déjà des colonies qui ont construit des structures incroyablement complexes, donc beaucoup de choses ont dû se passer avant d'arriver à ce stade d'évolution et cela a dû prendre un temps considérable. C'est donc cette complexité qui nous fait dire que la vie a probablement émergée très tôt sur terre.



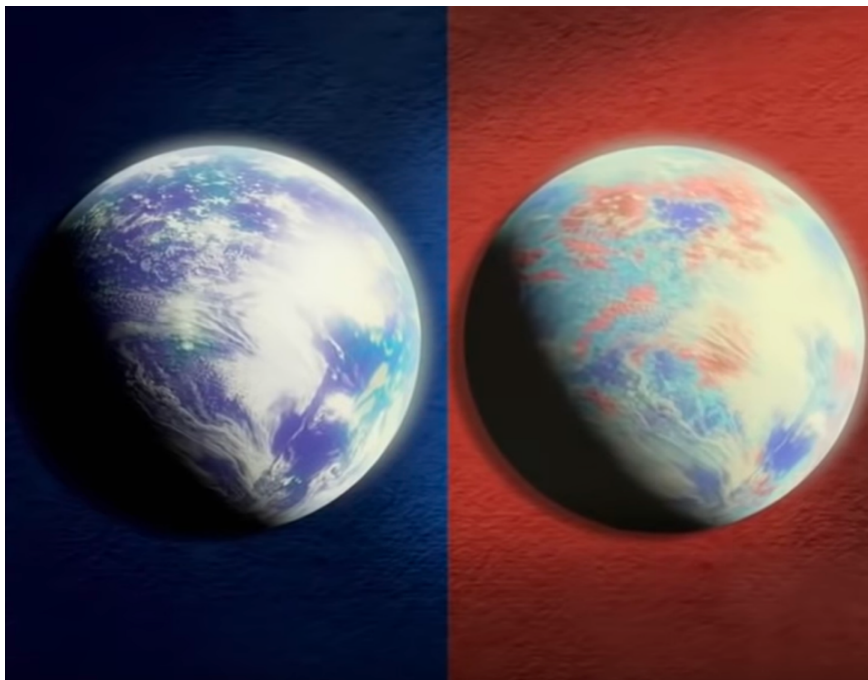
De récentes découvertes font remonter les plus anciennes traces de vie 700 millions d'années après la formation de la terre ! Ce sont des roches du Groenland qui ont une signature biologique.

Donc le début de la phase bleue date, au moins, de cette période-là.



Les connaissances de la terre primitive restent lacunaires mais nous en avons aujourd'hui une vision plus claire. A cette période, il y avait des océans incroyablement riches en minéraux et abritant une vie microbienne abondante. Mais, par contre, les humains seraient rapidement morts dans de grandes souffrances, asphyxiés par l'atmosphère riche en azote et en dioxyde de carbone et pauvre en oxygène.

Une autre période se développe grâce à un nouveau phénomène incroyable : les insignifiants microbes qui flottaient dans l'eau ou qui étaient fixés sur les stromatolithes, ont commencé à tout modifier autour d'eux **rendant la terre rouge**.





La terre est devenue rouge car dans ces roches, une étonnante évolution de la vie primitive s'est développée et a proliféré abondamment.



On observe ici l'un des processus les plus ingénieux que la vie ait jamais inventé, à savoir convertir la lumière du soleil en énergie : des microbes comparables à ceux des stromatolithes ont commencé à exploiter l'énergie solaire par le biais de **la photosynthèse**. Cette activité a entraîné un dégagement massif dans l'atmosphère d'un élément nouveau : **l'oxygène**.



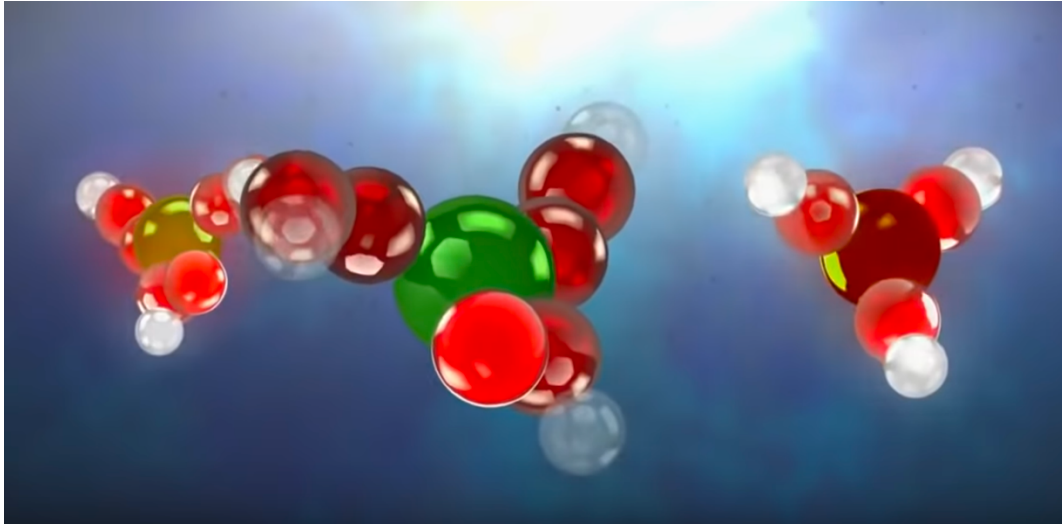
Pour nous, l'oxygène est un gaz porteur de vie. Mais dans un monde qui, jusqu'alors en était dépourvu, c'était un dangereux cocktail corrosif. Les océans primitifs étaient riches en fer dissous. Au contact de l'oxygène, il s'est oxydé et est tombé au fond de la mer.

Ces êtres microscopiques, les microbes, ont produit l'oxygène qui a oxydé le fer des océans et c'est ainsi que des couches de fer de milliers de mètres d'épaisseur s'étendent sur des centaines de kilomètres carré.



Ce phénomène est la conséquence inimaginable de la respiration de milliards de milliards et plus encore, de microbes. Ce changement fondamentale de la chimie de la terre résulte donc de la hausse du taux d'oxygène qui engendre également la formation d'une multitude de nouveaux minéraux.

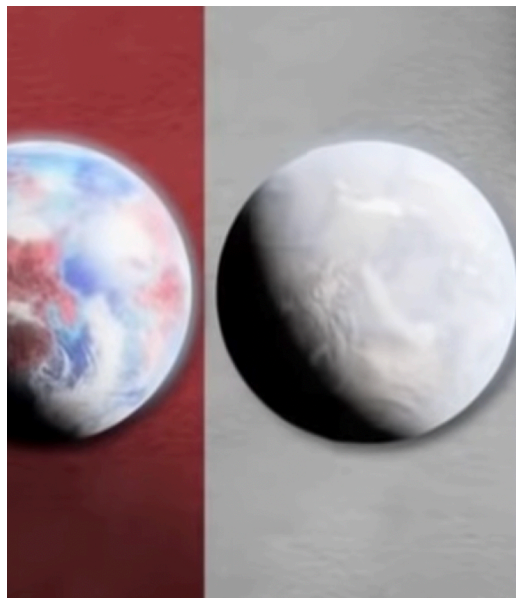




On estime que les météorites qui ont formé la terre primordiale ne contenaient environ que 250 minéraux différents. Aujourd'hui on en dénombre plus de 5000 sur notre planète et on pense que les deux tiers des minéraux qui constituent la terre sont apparus suite à l'introduction de l'oxygène, lequel a été produit par des êtres vivants, des microbes.

C'est incroyable : les roches créent la vie et la vie crée des roches. Elles sont étroitement liées et on commence tout juste à comprendre comment.

Mais c'est une route mouvementée qui attend les êtres vivants et les roches : alors que l'on s'achemine vers la phase suivante, de nouveaux continents se forment puis se fragmentent, produisant des conditions climatiques extrêmes, ce phénomène sera abordé dans le paragraphe suivant.



Plongée dans un froid glacial, **la terre devient blanche** et la quasi-totalité du vivant disparaît de la surface du globe. Par chance, des volcans actifs percent la couche de glace, crachant du dioxyde de carbone ou CO<sub>2</sub>.



Agissant comme un isolant thermique autour de la terre, ce dernier retient la chaleur et permet à la vie de se maintenir. La vie s'était pratiquement éteinte, puis le taux de CO<sub>2</sub> a monté, l'effet de serre s'est amplifié et la glace s'est mise à fondre.

Cette alternance de cycles a de profondes conséquences pour le vivant car la hausse du taux d'oxygène permet l'apparition d'animaux de plus grandes tailles.



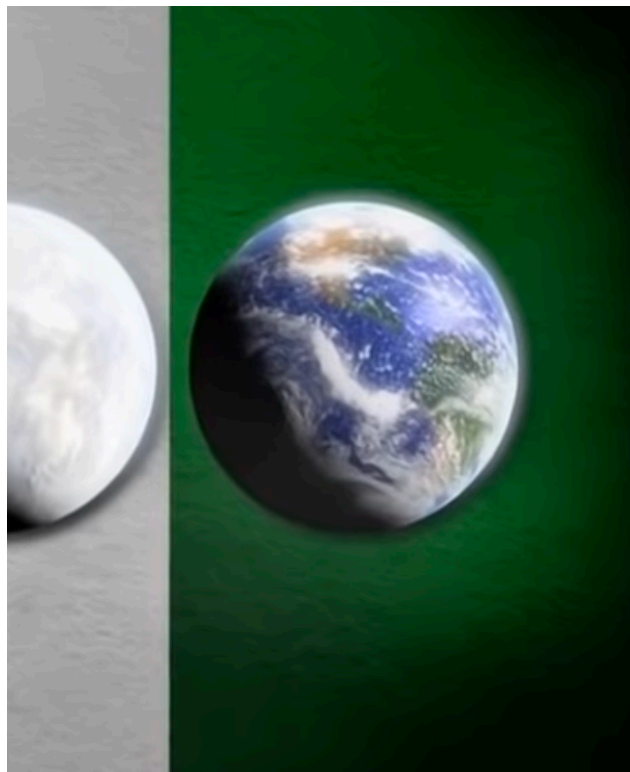
Les changements radicaux survenus durant la phase blanche nous amènent à la phase actuelle qui a débuté, il y a seulement 540 millions d'années. Notre planète se couvre d'une multitude de plantes et d'animaux spectaculaires. Ces êtres vivants se livrent une guerre sans merci où seuls les plus aptes survivent.

Mais là encore, les roches jouent un rôle non négligeable. Les plus vieux animaux que l'on puisse trouver, préservés sous forme de fossiles, sillonnaient les fonds marins. Ils possédaient un avantage évolutif majeur : une carapace.



Les carapaces sont constituées de carbonate de calcium, un minéral présent dans le calcaire. Les êtres vivants se sont mis à fabriquer eux-mêmes de la roche pour leur propre usage, un concept qui sera très largement décliné. Avec une carapace, vous pouvez survivre bien plus longtemps qu'un animal à corps mou qui en est dépourvu.

La carapace minérale annonce une nouvelle phase d'évolution des animaux et catapulte notre planète dans sa phase actuelle : **la terre verte**.



Une période d'une incroyable biodiversité peut alors commencer et de nombreux organismes doivent leur évolution et leur survie au monde des minéraux : les carapaces puis les os et les dents ont permis aux êtres vivants de devenir plus gros et plus résistants. Le vivant a utilisé les minéraux et en a fait un avantage évolutif majeur.

Pendant des siècles, on a séparé le règne animal du règne minéral mais il s'avère qu'ils sont inextricablement liés. Ils ont co-évolué, la vie fabrique des minéraux et les minéraux ont donné naissance à des nouvelles formes de vie. Ils sont indissociables.

La vie et les roches font toutes parties de la même histoire. Étape par étape, tout au long de l'évolution de la terre, les minéraux et la vie ont conjointement déclenché les réactions chimiques qui ont sculpté la planète que nous voyons aujourd'hui et contribué à créer la vie que nous connaissons.

On prend conscience de la constance des changements et que la vie prend son temps pour les faire. Elle crée et sculpte notre environnement de manière assez incroyable. Elle a le pouvoir de transformer la planète.

Évidemment les hommes transforment eux-aussi la planète, on construit des villes, des routes, on modifie la composition de l'atmosphère et celle des océans. Il va y avoir des changements planétaires. Mais la terre évoluera en conséquence, peut-être sans nous... nous n'aurons fait que passer. Dommage que le CO2 ne soit pas de couleur rose, cela convaincrerait certainement d'avantage les hommes de la gravité de la situation ! Mais, malheureusement, le futur paraît loin, il ne fait pas peur aux hommes, comme l'immédiateté...

Ces changements dont les conséquences commencent à se faire sentir sont le dernier chapitre en date de l'histoire mouvementée de la terre, une histoire qui a commencé il y a 4,5 milliards d'années avec un bout de roche.

Maintenant que nous avons une idée un peu plus concrète de l'émergence de la Terre, il y a forcément une autre question qui s'impose : la Terre est-elle d'une grande banalité astrophysique, avec des clones d'elle-même un peu partout dans l'univers ? Ou doit-on la considérer, au contraire, comme exceptionnelle, voire unique ?

En d'autres termes, et pour faire court, sommes-nous seuls dans l'univers ?

Nous allons relater tous les hasards qui furent nécessaires (peut-on encore parler de hasard ?) pour que la terre soit ce qu'elle est, c'est-à-dire un miracle d'écosystème avec une originalité exceptionnelle : des êtres vivants.