

# Genèse de la Vie sur Terre

*Comment et dans quelles circonstances s'est déroulé l'abiogenèse de la Vie sur Terre ?*

Thème : Matière et forme

Professeurs : M. Deville

Mme Kerneis

Ensemble scolaire Eugène Napoléon Saint Pierre Fourier

BONA Raffaëlle

DELAMARE Irina

GUILLEBON Claire



*L'histoire de la terre et de l'apparition de la vie sont des choses très complexes et floues, c'est pourquoi nous ne certifions pas les théories et les scénarios présentés dans ce TPE. Nous allons exposer les hypothèses les plus populaires et probables en nous basant sur des données et études scientifiques. Nous nous appuierons sur certaines suppositions pour soutenir et faire avancer notre reconstitution de l'histoire de la vie.*



Photo de naturevolution faite au Makay à Madagascare : Représentation symbolique de la nature enclavé dans une plaine sèche et désertique, évoquant ainsi une survie difficile pour les premiers procaryotes.



# Sommaire :

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| Introduction.....                     | p4  |
| I) La planète Terre                   |     |
| a. Accrétion.....                     | p5  |
| b. Erosion.....                       | p9  |
| c. Bombardement tardif.....           | p15 |
| II) La vie                            |     |
| a. Définition de la vie.....          | p18 |
| b. Datation de la vie.....            | p19 |
| c. Les critères de la vie.....        | p22 |
| III) Les théories                     |     |
| a. Histoire des théories.....         | p27 |
| b. Quand la vie est-elle apparu?..... | p30 |
| c. L'abiogenèse.....                  | p34 |
| Conclusion.....                       | p41 |
| Lexique.....                          | p45 |
| Bibliographie.....                    | p48 |
| Synthèses personnelles                |     |



*Symbole du rôle primordial  
que joue l'eau dans  
l'apparition et le maintien  
de la vie sur Terre*

# Introduction :

Régulièrement, les scientifiques découvrent de nouvelles planètes. Aujourd'hui on en dénombre 2048. Même si, pour l'instant, les planètes comportant des conditions semblables à celle de la terre ne sont qu'une douzaine environ, une équipe australienne a annoncé il y a quelques mois qu'il y en aurait des milliards au sein de notre galaxie.

Jusque-là, aucune n'a montré des signes de vie. La présence de vie sur une autre planète provoque une foule d'hypothèses et de théories, ainsi que de nombreuses recherches et articles.

Mais avant de se demander comment la vie pourrait se développer sur ces exo-planètes, il faudrait d'abord se demander comment la vie est apparue sur Terre et comment notre planète s'est formée.

Cette question a fasciné les scientifiques et les philosophes depuis l'Antiquité. En effet, la vie est un état de matière complexe que nous tenterons de définir au cours de notre TPE.

La vie que nous connaissons aujourd'hui sur Terre est-elle le résultat d'un concours de circonstances unique dans l'histoire de l'univers.

Cependant, reconstituer l'histoire de notre planète n'est pas chose facile en raison des nombreux bouleversements qu'elle a subie durant son évolution comme l'activité tectonique. En effet, il n'existe pas de déroulé exacte de la formation de la terre et cela reste une énigme pour les scientifiques qui tentent de la résoudre avec très peu d'indices puisqu'il n'existe presque aucune trace des premiers millénaires de la Terre.

L'abiogenèse désigne l'apparition de la vie à partir de matière non vivante. Ce terme n'est pas définie clairement et semble être utilisé à des fins contraires. C'est à dire pour parler à la fois de la génération spontanée et des études plus récente sur l'agencement de macromolécule en polymères complexe formant des protocellules. Dans notre devoir nous avons choisis de définir l'abiogenèse comme la transition du non vivant au vivant archaïque, en excluant son utilisation pour la génération spontanée.

Les scientifiques tentent de percer le mystère de la Terre et de reconstituer le puzzle de la vie, cela donne lieu à de nombreuses hypothèses, que nous allons exposer.

En effet, la Terre n'a pas toujours été accueillante et propice à la vie. C'est pourquoi nous proposons de retracer le fil des événements et des critères qui ont permis l'apparition de la vie telle qu'on la connaît.

C'est ainsi que nous pouvons nous demander comment et dans quelles circonstances s'est déroulé l'abiogenèse de la vie sur terre?

# I) La planète terre

## a) Accrétion

### Tout au début

Nous allons nous baser sur le modèle cosmologique du big bang car il est l'objet de nombreuses recherches et donc il nous permet une documentation conséquente.

Contrairement aux idées reçues, le Big bang ne définit pas le début de l'univers mais seulement le début de l'univers tel que nous le connaissons aujourd'hui.

Selon ce modèle, l'univers commence par une dilatation rapide qui donne naissance à une période où l'univers est un ensemble très dense et extrêmement chaud.

Puis il commence son expansion, c'est qu'il s'étend.

Durant une des premières phases, les neutrons, électrons, les protons, les noyaux atomiques et enfin les atomes se forment. Ils seront suivis des étoiles qui se regrouperont en galaxies qui elles-mêmes formeront des amas et des superamas.

### Notre système solaire

Notre soleil est né il y a environ 5 milliards d'années selon les recherches en datation les plus récentes (source : le site sur la datation)

Il est issu d'une génération d'étoiles ; deux générations le précèdent et c'est justement grâce à ces dernières que le soleil existe :

### Explication :

Il y a 4,6 Ga une nébuleuse s'est effondrée et a donné naissance à une première génération d'étoiles. Les plus massives finissent par mourir en supernovas et libèrent dans l'espace de l'isotope fer 60 en grande quantité. Pendant 2 Ma, les isotopes se regroupent en un nuage qui devient tellement dense qu'il s'effondre.

Cela donnera naissance à de nouvelles étoiles, la deuxième génération est là, ces dernières sont encore plus massives que les premières. De plus, elles expulsent des vents chargés en aluminium 26 qui va se mêler aux isotopes fer 60. Et ce pendant 100 000 ans, cela va former un nuage qui se retrouve emprisonné dans une coquille de gaz.

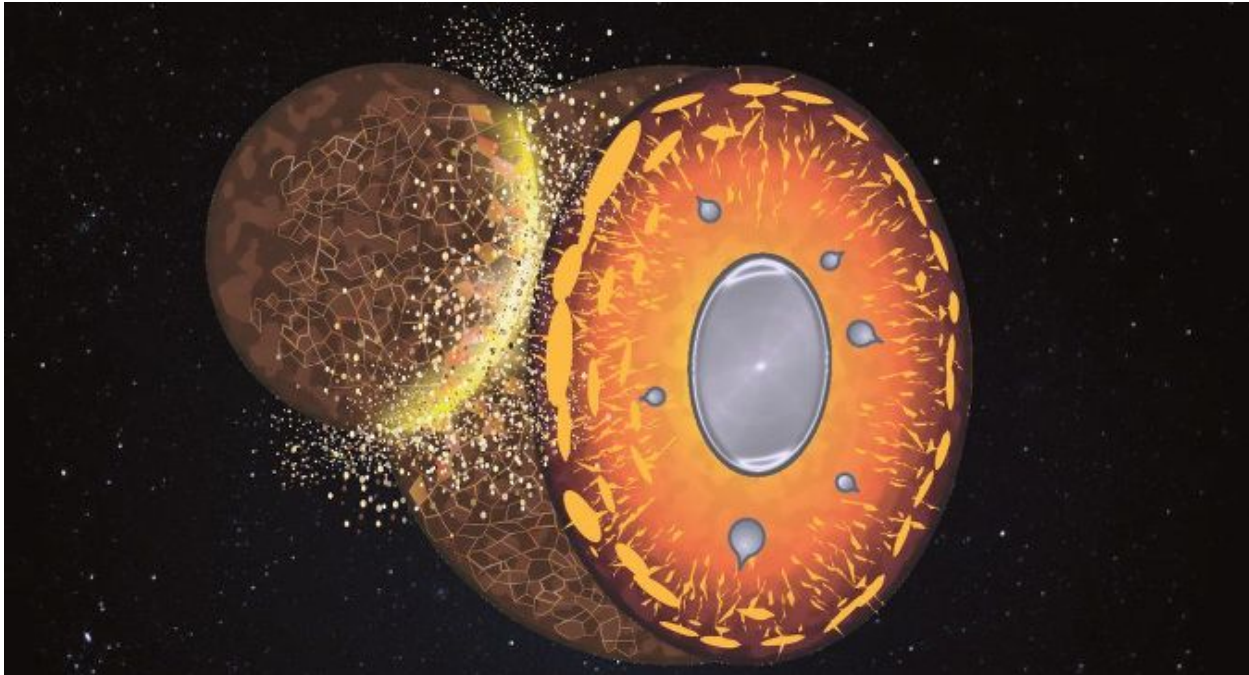
Il devient trop dense et s'effondre comme le nuage d'isotope fer 60 pour donner naissance à une troisième génération d'étoiles dont notre soleil fait partie.

Avec le temps, les autres étoiles s'éloignent et le soleil se retrouve seul, c'est là que commence la formation de notre système solaire.

A l'origine des planètes, la poussière constituée de nombreux éléments flottant dans l'espace, par le processus de l'accrétion.

Les poussières se rassemblent en de minuscules rochers qui à force de rentrer en collision entre eux se mettent à grossir et vont progressivement atteindre la taille de planète ; c'est l'accrétion.

## Formation de la Terre : entre accrétion et érosion



*Représentation de Théia entrant en collision avec une coupe de la Terre*

L'hypothèse la plus répandue aujourd'hui est que la Terre se serait formée par accrétion de météorites primitives. En suivant cette logique la composition de notre planète et des météorites devrait donc être semblable, cependant la Terre semble enrichie en magnésium et appauvrie en silicium par rapport aux météorites.

Une question se pose alors, comment cela est-il possible, comment expliquer la différence de composition chimique des météorites ayant formées la Terre et de notre planète actuelle?

A l'université Blaise Pascal, à Clermont-Ferrand, Asmaa Boujibar et ses collègues ont étudié l'érosion de la croûte terrestre primitive par le bombardement météoritique et ont montré que cela pourrait être la clé du problème. A sa naissance la Terre était un astre très chaud; Cela est dû à l'énergie dégagée par les collisions des météorites et par la

désintégration des éléments radioactifs. Elle s'est ensuite progressivement refroidie, et en quelques dizaines de millions d'années, la température a suffisamment diminué en surface pour qu'une croûte se forme par un phénomène de cristallisation. On peut remarquer par ailleurs que de nos jours la chaleur résiduelle est encore le moteur de l'activité tectonique. Plus en profondeur, le fer et le nickel, deux éléments lourds, ont coulé vers le centre, entraînant la différenciation entre le manteau rocheux et le noyau.

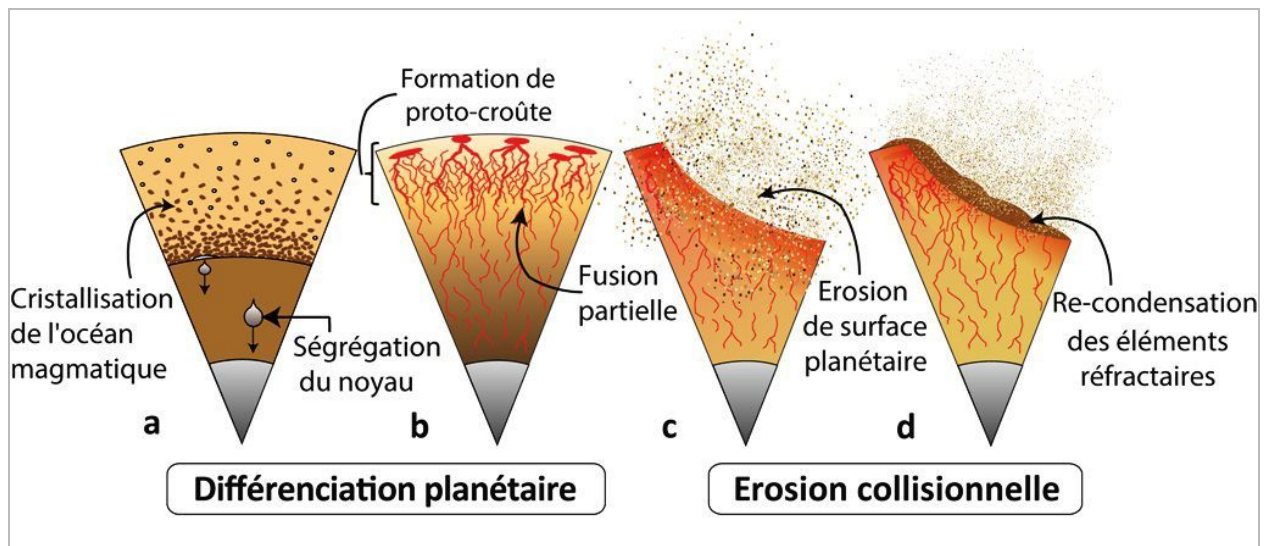
Tout cela n'est qu'une série d'hypothèses émise par des chercheurs, car retracer l'histoire géologique de la Terre n'est pas aisé. Les géophysiciens n'ont accès qu'à la croûte et à quelques échantillons du manteau de la planète. Ils ont cependant pu se faire une idée cohérente de la structure terrestre à l'aide de mesures entre autre issues de la sismologie.

Pour déterminer la composition de la planète, ils s'intéressent à une classe de météorites particulière nommées chondrites à enstatite. L'analyse isotopique des météores révèle que leur composition est très proche de celle de la Terre, ce qui suggère qu'elles sont les briques de base qui ont servi à former la planète.

Néanmoins, on observe tout de même des différences pour certains éléments. Jusqu'à présent, aucun modèle ne parvenait à l'expliquer de façon satisfaisante. Asmaa Boujibar et ses collègues ont étudié la formation de la croûte primitive en analysant la fusion de chondrites à enstatite dans différentes conditions de pression. Ils ont observé que les chondrites fondues qui seraient remontées vers la surface pour devenir la croûte sont particulièrement riches en silicium et appauvries en magnésium.

La croûte primitive devait donc être enrichie en silicium, contrairement à aujourd'hui. Les chercheurs pensent qu'une partie de cette croûte primitive aurait été érodée lors de la période de bombardement météoritique qui a duré 100 millions d'années avant l'impact catastrophique qui a engendré la Lune. Avec ce scénario, la surface de la Terre aurait été pulvérisée par les impacts de météorites successifs, la planète aurait perdu près de 15 % de sa masse, ce qui est suffisant pour altérer sa composition. Comme le silicium s'était accumulé dans la croûte qui a été détruite pendant le premier bombardement, la Terre a donc un déficit en silicium et un excès en magnésium de nos jours.

Les chercheurs expliquent aussi le fait que la planète possède en excès de l'aluminium et du calcium et en déficit du sodium et du potassium car tous ces éléments sont lithophiles. Cela signifie qu'ils ont plus d'affinité avec les roches de la croûte et du manteau qu'avec celles du noyau. Toutefois, les deux premiers éléments sont réfractaires et les deux derniers volatils. Ainsi, lors des bombardements de météorites et la pulvérisation de la croûte, le sodium et le potassium se sont échappés tandis que l'aluminium et le calcium ne se sont pas volatilisés : ils se sont condensés dans l'atmosphère et sont retombés sur le sol, enrichissant ainsi la croûte.



Ce schéma présente les différentes étapes de la formation de la Terre. Tout d'abord le fer migre vers le centre et forme le noyau tandis que le magma cristallise et forme la croûte primitive. Ensuite l'érosion par le bombardement météoritique pulvérise la croûte et appauvrit la Terre en silicium. Les éléments réfractaires retombent à la surface.



## b) Erosion

Il y a 4 500 millions d'années la Terre est à 1 200 degrés, il n'y pas d'air, seulement du gaz carbonique, de l'azote et de la vapeur d'eau. On l'appelle alors proto-Terre. Aucun organisme ne peut y survivre. La terre est particulièrement inhospitalière : aucun continent, pas d'eau liquide, mais à la place un océan magmatique soumis à un bombardement intense.

Il est difficile de reconstituer l'histoire primitive de notre planète parce que sa surface est perpétuellement remodelée par la tectonique des plaques ainsi que par des mécanismes d'altération naturelle comme l'érosion. Il en résulte que toutes traces -ou presque- de cette histoire ont été effacées.

Depuis cette époque, la terre est accompagnée d'un unique satellite, la Lune. Il existe plusieurs scénarios à la formation des satellites. Ils peuvent s'être formés en même temps que la planète autour de laquelle ils orbitent, peuvent être des astres capturés par le champ gravitationnel de la planète ou avoir été créés après la collision entre un objet et une planète.



*Représentation d'une planète en pleine accrétion*

Cette dernière théorie est la plus présente dans l'esprit des chercheurs pour expliquer la création de la Lune, car c'est la plus probable étant donné la proximité de la composition chimique de la Terre et du satellite.

Cependant, cette hypothèse émise en 1975 n'eut pas vraiment d'écho dans la communauté scientifique jusqu'à ce qu'une conférence se tienne en 1984, à Hawaï, sur l'origine de la lune. Avant cette date, les théories peu crédibles quant à la formation de la lune se résumaient au scénario de la fission qui impliquait que juste après sa formation, la Terre était une masse liquide en rotation rapide. Du fait de la force centrifuge, notre planète aurait éjecté une fraction de sa masse qui se serait finalement agglomérée pour donner naissance à la Lune.

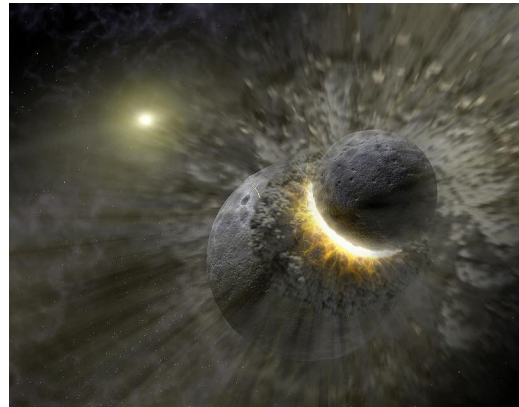
Un autre scénario expliquait que la Terre et la Lune se seraient formées simultanément à partir de la même source de poussières.

Le dernier scénario était celui de la capture, selon lequel la Lune se serait formée dans une région différente du système solaire mais aurait été capturée à un certain moment par le champ de gravité de la Terre.

Cependant, ces hypothèses expliquent de manière peu satisfaisante la création de la Lune, c'est à-dire que la lune possède une composition chimique différente des roches terrestres (bien que très similaire), en particulier en ce qui concerne la proportion de fer. La Lune ne peut donc pas être uniquement formée de matière arrachée à la Terre (premier scénario) et elle n'a pas non plus pu tout simplement naître dans la même région que la Terre (deuxième scénario).

De plus, le premier scénario exige une vitesse de rotation excessivement grande et le deuxième est incapable d'expliquer pourquoi la Lune possède un noyau beaucoup plus petit que la Terre. Enfin, le troisième scénario n'est pas satisfaisant car il est extrêmement difficile d'imaginer comment la Terre aurait pu capturer un objet aussi massif que la Lune et l'amener dans une orbite stable. De plus, l'analyse de la proportion de différents noyaux atomiques montre une très forte similarité entre la Terre et la Lune, ce qui est très difficile à s'expliquer si les deux corps ont été créés de façon indépendante.

L'hypothèse qui reste donc en mémoire est celle de la collision frontale entre Théia (confère lexique) et la Terre libérant beaucoup d'énergie thermique. Une enveloppe de matière chaude à l'état de fluide supercritique (fluide qui est à une pression et une température au-delà (mais proche) du seuil critique) formée essentiellement du manteau de la Terre avant la collision se serait ensuite condensée par accréation pour donner la Lune mais aussi une partie importante du nouveau manteau de notre planète.



### *Deux images montrant Théia en collision avec la Terre*

Cela expliquerait l'abondance de certains isotopes du potassium, en l'occurrence  $^{41}\text{K}$  et  $^{39}\text{K}$ , mesurés dans les roches lunaires rapportées par le programme Apollo et qui vient appuyer cette hypothèse. En effet, la mécanique céleste rend une collision bien plus probable qu'une capture de la Lune par la Terre.

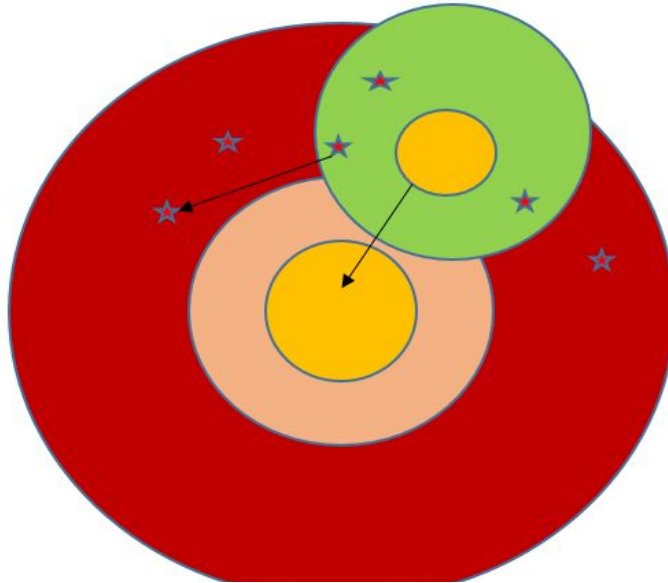
Cependant plusieurs hypothèses quant à la taille, la masse, la vitesse ou la trajectoire de Théia propose une version différente de l'événement, bien que les conséquences soient similaires.

Selon ces paramètres, une plus ou moins grande quantité du manteau terrestre aurait été éjectée dans l'espace pour être ensuite incorporée dans la jeune Lune.



A priori, Théia devait avoir une composition isotopique différente de celle de la Terre. Selon les chercheurs, pour expliquer que la Lune et la Terre aient perdu la mémoire de cette différence, il faut supposer qu'une collision frontale s'est produite entre les deux corps célestes.





*Schéma de Théia bombardant la proto Terre, fait par nos soins*

Or, jusqu'à présent, c'était l'hypothèse d'une collision latérale, avec un angle de  $45^\circ$ , qui était favorisée. Toutefois, un impact tangent à la planète, aurait éjecté une plus grande quantité de matériaux en provenance du manteau de notre planète et ces derniers se seraient mélangés aux restes de Théia pour se retrouver dans la jeune Lune et la jeune Terre. Le noyau ferreux de Théia se serait alors incorporé à celui de la Terre (rendant le noyau magnétique). Avec une collision à  $45^\circ$ , la Lune aurait contenu plus de matériaux provenant de Théia, ce qui ne semble pas être le cas.

Bien que très crédible, cette théorie a encore besoin d'être étayée par des observations sur la nature géologique de la Lune.

*Schéma retraçant l'histoire de la Terre*



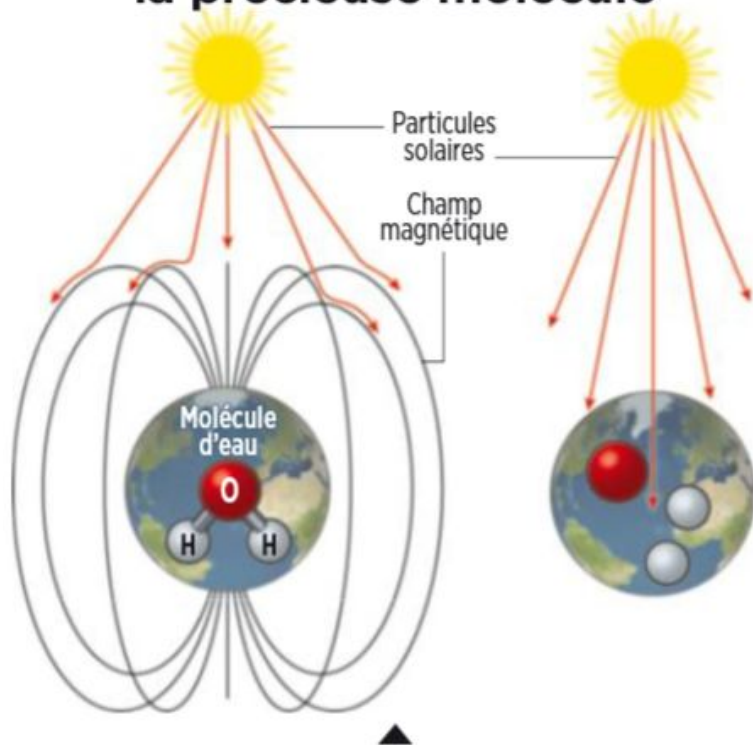
Les scientifiques ne parviennent pas à se mettre d'accord sur la taille et la masse de Théia. Néanmoins, l'hypothèse la plus retenue serait que cette protoplanète serait d'environ la taille de Mars (Théia : 6 500 km de diamètre ; Mars : 6 779 km de diamètre). Mais si Théia avait bien une taille semblable à celle de Mars, il faudrait une vitesse d'impact de 15 km/s pour pouvoir déformer la surface de notre planète.

Cet incident aurait eu de nombreuses conséquences essentielles pour la Terre:

- La modification de la masse de la Terre : Avant la collision, notre planète ne faisait que deux tiers de sa masse actuelle. Lors de la collision, la Terre aurait absorbé une partie de la masse de Théia, lui permettant de devenir bien plus massive.
- L'accroissement de la gravité terrestre : la gravité sur la proto-Terre était comparable à celle de Vénus. Cette gravité a permis de retenir les gaz de l'atmosphère primitive.
- La modification de la structure de la couche externe par de violents remous se ressent jusqu'à 3000 km de profondeur
- La création de la lune par accréation des débris
- La stabilisation de l'axe rotation de notre planète : sans la Lune, l'axe oscillerait de façon irrégulière à l'échelle du temps géologique. Le climat changerait du tout au tout et cela aurait des effets particulièrement défavorables au développement de la vie.
- la création d'un noyau plus gros, plus massif et principalement constitué de fer : le noyau est à l'origine de la magnétosphère terrestre qui protège la planète des radiations du vent solaire.



## Le bouclier a préservé la précieuse molécule



▲  
**Le champ magnétique** dévie les particules de haute énergie émises par le Soleil (à gauche). En l'absence de ce champ (à droite), ces particules dissocieraient alors les molécules d'eau de la haute atmosphère. L'hydrogène libéré s'échapperait de celle-ci, empêchant la persistance de l'eau.

L'impact aurait aussi eu comme effet d'augmenter la convection mantellique (c'est un phénomène physique se produisant à l'intérieur du manteau terrestre. C'est une composante essentielle de la théorie de la tectonique des plaques). Le noyau étant plus massif et diffusant une forte énergie, la roche en fusion du manteau aurait commencé à monter vers la surface de la Terre créant des volcans grâce à l'intrusion du magma entre les plaques tectoniques. Cela entraîna de nombreuses éruptions libérant dans l'atmosphère d'énormes quantités de dioxyde de carbone et de méthane. La libération de ces gaz aurait alors créé l'effet de serre et aurait par conséquent permis à la Terre de se réchauffer. Suite à ce réchauffement, la vapeur d'eau envoyée lors des éruptions volcaniques auraient pu s'accumuler sous forme de nuages pour une moitié et l'autre moitié de toute l'eau de la Terre serait tombée sous forme de pluie.

Ce sont tous ces éléments qui, mis bout à bout ont favorisé le développement voire l'apparition de la vie sur terre.

## c) Bombardement tardif

Le bombardement tardif est une période de l'histoire du système solaire s'étendant approximativement de 4,1 à 3,9 milliards d'années avant notre ère. Cette période est à l'origine d'un renouvellement minéralogique du a une notable augmentation des impacts météoritiques ou cométaires sur les planètes composée essentiellement de roche, appelée planète tellurique.

Le bombardement n'est pas un fait avéré, cependant il y a de nombreuses preuves scientifiques qui l'attestent tel les datations des roches lunaires rapportées par les missions du programme Apollo ayant pour but d'atteindre la Lune. Ces missions permirent de déterminer que les sols de la Lune sont âgés d'environ 4 milliards d'années, soit plusieurs centaines de millions d'années de moins que le Système solaire lui-même.

Ce bombardement est célèbre car il est considéré comme le catalyseur de tous les éléments nécessaires à l'apparition de la vie. Nous verrons plus tard quels sont ces éléments et les autres hypothèses temporelles de l'apparition de protocellule.

L'existence de ce bombardement permet d'établir des théories sur un potentiel événement astronomique ayant eu un important impact sur notre système solaire et ayant conduit à une forte augmentation des impacts cosmiques.



*Ancienne représentation d'une planète aride et inhospitalière qui pourrait être la Terre durant le bombardement tardif*



*Représentation artistique plus en accord avec les découvertes actuelles de la Terre durant le bombardement tardif*

### **Impact cosmique :**

Un impact cosmique est la collision entre des objets célestes.

La fréquence des impacts cosmiques dans le système solaire a varié selon les époques ; ils étaient très fréquents au moment de la formation du système solaire il y a 4,6 milliards d'années, et ils se sont progressivement raréfiés avec la diminution du nombre de corps célestes.

Les impacts cosmiques se sont à nouveau multipliés il y a environ 4 milliards d'années durant l'épisode qu'on nomme bombardement tardif. Cela est probablement dû à la modification de l'orbite des planètes externes dont la planète Jupiter, qui a contribué par la suite à diminuer la fréquence des impacts sur Terre, à l'aide de son important champ gravitationnel, en capturant un grand nombre de petit corps céleste. Les impacts cosmiques ont joué un rôle important dans la genèse de la Terre.

La collision de la Terre et de Théia, qui a donné naissance à la Lune, serait à l'origine d'un changement de la composition de la croûte terrestre qui aurait elle-même

permis l'apparition de la tectonique des plaques. L'impact des comètes auraient également permis la formation des océans selon certaines hypothèses.

Sur Terre la fréquence des impacts d'objets célestes de petite taille est importante mais les collisions avec des astéroïdes susceptibles de bouleverser la surface de la planète sont rares : environ un objet d'un diamètre de 50 mètres tous les 1000 ans, un astéroïde de 500 mètres tous les demi-millions d'années.

## II) La vie

### a) Définition de la vie

Avant de parler de l'abiogenèse de la vie, il est important de définir le terme de *vie* et de savoir ce qu'elle représente.

Depuis l'antiquité, beaucoup de philosophes et de scientifiques ont disserté sur la question *Qu'est que la vie ?*, sans pour autant apporter de réelle réponse. Ce qui rend la vie particulièrement difficile à définir. Elle est d'autant plus ardue à définir qu'elle est immatérielle et qu'elle représente un état d'un organisme tout entier et non celui d'une seule cellule.

Cela explique pourquoi il est très difficile d'en donner une seule et unique définition. Il existe en effet de multiples façons de définir la vie.

Du point de vue scientifique, la *vie* est « *tout être qui possède la capacité de se construire à partir de la matière qu'il produit et de se reproduire* ».

Une autre définition est « *un organisme dit vivant lorsqu'il échange de la matière avec son environnement en conservant son autonomie lorsqu'il se reproduit et évolue de façon naturelle.* »

Cependant cette définition reste incomplète car il existe plusieurs contre-exemples. Un cristal, par exemple, pour ne pas avoir d'impureté est capable de sélectionner les éléments naturels qui le constituent. Or un cristal n'est pas considéré comme un être vivant.

Dans la définition précédente, il semble qu'il manque une caractéristique de la vie : le hasard. Or cela influence une infinité de paramètres qui rend la vie imprévisible. C'est cela qui en permet l'évolution.

La vie se crée à partir de matière organique qui elle-même est constituée de composés organiques d'origine animale ou végétale.

Les composés organiques sont des substances chimiques contenant du carbone et, dans certains cas, de l'oxygène, du nitrogène, du phosphore et d'autres éléments.

Ces composés organiques peuvent être classés en deux grands types : molécules organiques naturelles (synthétisées par les êtres vivants) et les molécules organiques artificielles (substances fabriquées par l'homme, tel que le plastique).

Lorsque nous avons été interrogé un chercheur, Hervé Cottin, nous lui avons demandé sa définition de la vie afin de nous donner un exemple de plus pour notre propre définition. Pour lui et son équipe, la vie est « *toutes structures capables de se répliquer tout en commettant des erreurs* ».

Au final, après plusieurs concertation et idée de définition, nous avons porté notre choix final sur:

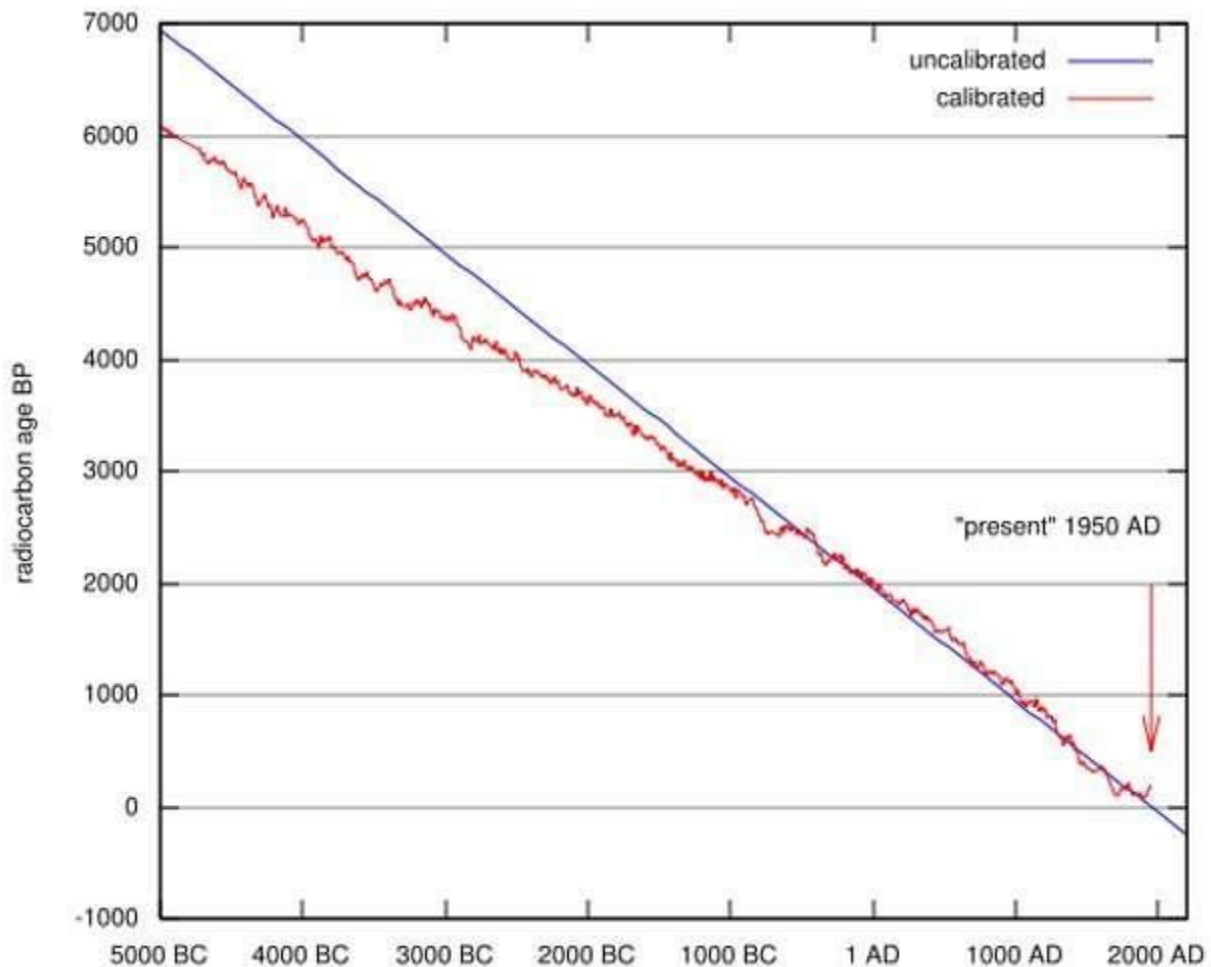
« *La vie est tout être capable d'échanger de la matière avec son milieu, de se construire à partir de la matière qu'il produit et de ses répliquer tout en commettant des erreurs.* »



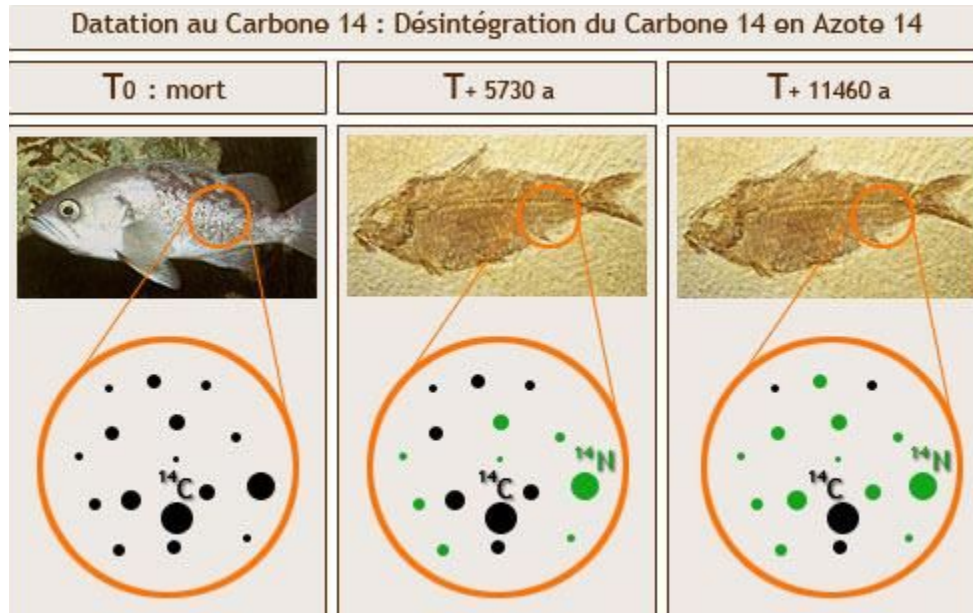
## b) Datation de la Vie

La datation d'un objet a pour but de le situer dans le temps. Bien que la méthode la plus connue soit celle de la datation au carbone 14, elle ne peut pas être utilisée dans le cadre des recherches sur l'origine de la vie. Nous verrons pourquoi et nous donnerons ses substituts. C'est grâce à ces datations que les scientifiques émettent et confirment leurs hypothèses dans l'abiogénèse de la vie.

### I. Datation au carbone 14



La datation au carbone 14 permet, par une loi exponentielle du carbone, de dater des matières organiques en évaluant le reste de radiocarbone présent.



La datation au carbone 14 repose sur la mesure de l'activité radiologique du carbone 14 dans la matière organique.

Elle a été mise au point par le chimiste Willard Frank Libby et utilisée pour la première fois en 1949. Cette théorie repose sur l'existence de carbone 14 dans toute matière organique dont la présence diminue petit à petit après la mort de l'organisme en se transformant en Azote 14. C'est ainsi qu'il suffit de calculer le nombre carbone 14 entre l'instant de la mort (en utilisant des êtres à constitution similaire aujourd'hui) et la présence de carbone 14 sur les fossiles présents aujourd'hui.

Cependant cette méthode a ses limites. Bien qu'elle puisse dater précisément jusqu'à 50 000 ans, on ne peut pas remonter jusqu'aux origines de la vie. Or, après 50 000 ans, il n'y a plus de carbone 14 dans les fossiles et il devient donc impossible d'utiliser cette forme de datation.

Elle est donc essentiellement utilisée dans les domaines de l'archéologie, de la paléanthropologie et de la paléontologie où elle permet de dater des organismes préhistoriques.

## II. Autre méthodes

Plusieurs autres méthodes utilisent la radioactivité pour déterminer l'âge d'une matière. Les fossiles, ou encore les produits de l'activité humaine, contiennent souvent des éléments radioactifs. Avec le temps, ces atomes radioactifs se désintègrent en formant d'autres éléments. Cette "désintégration-formation" se produit de manière régulière (selon la demi-vie ou période radioactive de l'élément père considéré) et mesurable.

On peut donc mesurer les dosages respectifs des éléments père et fils pour déterminer l'âge exact d'un objet, soit par comptage radioactif, soit en utilisant des spectromètres de masse et en dénombrant les atomes des éléments considérés. La datation au carbone 14 a déjà été expliquée c'est pourquoi nous nous attacherons aux autres types de datation radiométriques.

Seule une est capable de remonter jusqu'à l'apparition en gardant malgré tout une certaine précision. C'est celle de la datation au Rubidium-Strontium.

En effet, cette datation utilise un principe identique à celui de la datation au carbone 14. Le Rubidium 87 se désintègre en formant du Strontium 87. En 48.8 milliards d'année, la moitié des atomes de Rubidium sera désintégré.

Elle est la plus utilisée dans la datation des éléments présents lors de l'apparition de la vie. Car elle est très précise.

## c) Les critères de la Vie

Bien qu'il existe plusieurs scénarios quant à l'apparition de la vie, les conséquences restent similaires : la vie telle que nous la connaissons n'aurait pu apparaître sans eau et d'autres facteurs qu'il ne faut pas négliger.

### **L'ORIGINE DES OCÉANS :**

Quand la Terre n'est encore qu'une immense boule volcanique il est difficilement imaginable qu'elle sera un jour regorgeante de vie. L'eau est indispensable au développement de la vie.

Comment l'eau a-t-elle pu voir le jour dans ces conditions extrêmes ?

Il existe de nombreuses théories pour expliquer l'apparition de l'eau sur Terre. Vraisemblablement, l'eau, si indispensable à l'apparition de la vie, aurait été apportée sur terre par des comètes constituées de glace et de poussières. L'étude de leur composition isotopique en hydrogène indique qu'au maximum, vingt pour cent de l'eau terrestre seraient d'origine cométaire. Il semble donc que l'eau des océans ait été apportée soit durant les phases finales d'accrétion par des planétismes provenant de la ceinture externe d'astéroïde soit par un bombardement postérieur à la formation de la terre.

Je vais ici en présenter deux :

#### - Le Dégazage massif,

D'après certains scientifiques, les roches constituant la Terre auraient contenu des molécules d'eau. Il serait alors possible que lors de l'intense activité volcanique il y a 4,4 milliards d'années les gaz contenus dans le magma se soient échappés laissant place à une atmosphère contenant de la vapeur d'eau.

#### - Le Bombardement cosmique,

Pour d'autres chercheurs, c'est le bombardement de comètes et de météorites constituées de glaces et de roches qui aurait apporté l'eau sur la jeune planète. De la vapeur d'eau se serait formée et aurait donné naissance à une atmosphère. Les astéroïdes renfermaient des cristaux composés d'eau, en infime quantité, qui se sont accumulés durant 20 millions d'années et qui ont fini par recouvrir d'eau la planète toute entière. C'est dans cette hydrosphère que les molécules se retrouveront en concentration suffisante pour permettre des réactions chimiques en grande quantité. L'eau est de plus l'un des éléments indispensables à de nombreuses interactions chimiques nécessaires à la vie, du moins dans une forme similaire à la nôtre. Cette hydrosphère offre également une protection accrue contre les rayonnements solaires, nuisibles aux premières molécules.

Quoi qu'il soit arrivé, le résultat est que cette couche de gaz protège la surface terrestre des rayonnements UV du soleil et accentue son refroidissement. La vapeur d'eau peut alors se condenser et former une épaisse couche nuageuse. Un déluge de plusieurs millions d'années aboutira à la formation des océans, il y a 4,2 milliards d'années.

Ces pluies torrentielles sculptent la surface du globe et immergent une partie de la croûte terrestre, la Terre voit naître ainsi les premiers océans.

Le gaz carbonique, un puissant gaz à effet de serre qui est très abondant dans l'atmosphère de la jeune Terre, se dissout dans l'eau. Il forme le calcaire en réagissant avec le calcium des roches. Comme une grande partie du CO<sub>2</sub> s'est dissout dans l'eau, la Terre se refroidit et atteint une température semblable à celle d'aujourd'hui.



*Roche sculpté par l'eau*

Si l'eau a pu rester sur notre planète c'est parce qu'elle se trouve dans la zone habitable du système solaire.

Sa masse était suffisamment élevée pour retenir ses gaz autour d'elle et former une atmosphère et sa distance par rapport au soleil était idéale, ni trop loin ce qui aurait engendré une planète trop froide ni trop proche ce qui aurait engendré une planète trop chaude. Une importante partie de son eau a pu passer de l'état gazeux à l'état liquide.

Avec des océans, le support pour que la vie puisse se développer est enfin posé.

Bien que l'eau soit indispensable, la masse de la planète reste un paramètre essentiel. Elle doit d'abord être suffisante pour que la gravité retienne des éléments légers comme le carbone ou l'oxygène. C'est pour cela que Mars, dont la masse est trop faible, s'est refroidi trop vite et sur laquelle on ne note aucune activité notable. Mais la masse ne doit pas non plus être trop grande. Pour les planètes géantes du système

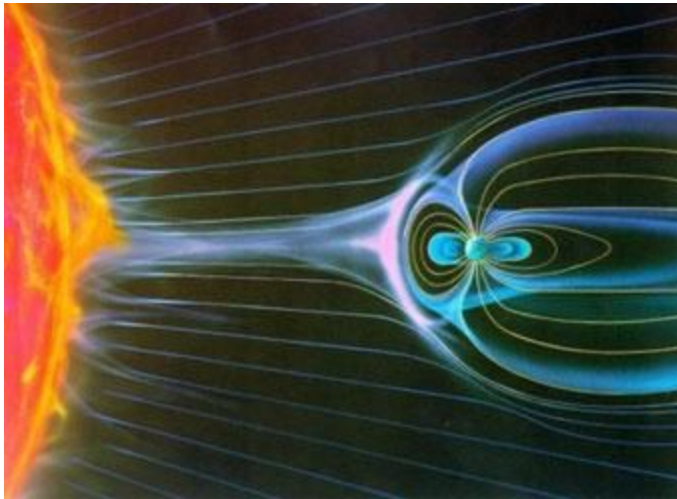


solaire, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, la gravité est si forte qu'aucun élément chimique n'a pu s'échapper. Ces planètes sont ainsi constituées essentiellement d'hydrogène et d'hélium, un environnement qualifié de réducteur qui empêche la formation des molécules de la vie. La masse définit donc la composition de l'atmosphère, qui protège la planète face à la radioactivité solaire.

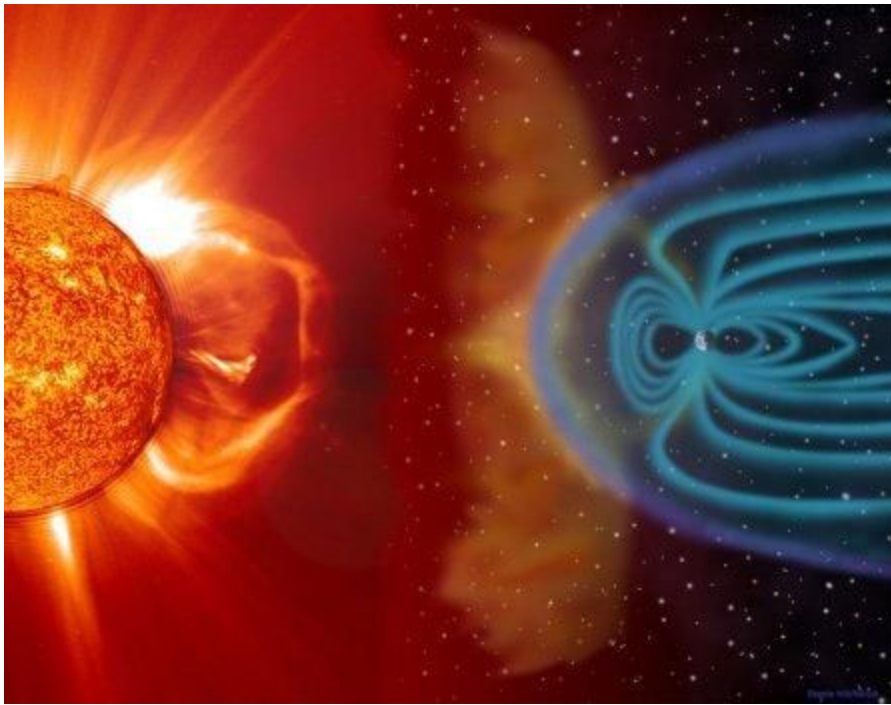
Cette atmosphère possède également d'autres propriétés non négligeables, comme sa capacité à assurer la synthèse des molécules organiques, car cette synthèse est impossible dans le vide. Elle constitue également un écran protecteur qui protégera les premières molécules complexes.

Un autre élément probablement essentiel est une lithosphère, c'est-à-dire une surface solide. L'agrégation de petites molécules en ensembles plus complexes semble en effet nécessiter une surface solide plutôt qu'un milieu liquide en mouvement permanent. De plus, la meilleure façon d'obtenir des concentrations élevées d'un composé chimique est de déposer ce composé dans une flaque d'eau et de laisser l'évaporation faire son travail.

Un autre élément à prendre en considération : Le noyau métallique terrestre et son influence sur les champs magnétiques terrestres. En effet, ce noyau produira par sa rotation un champ magnétique qui formera une magnétosphère capable de protéger la surface de la planète des rayons cosmiques néfastes au développement de la vie. Lorsque les particules du vent solaire atteignent notre planète, la plupart sont déviées par le champ magnétique et contournent la magnétosphère.



*Une vue d'artiste de l'interaction entre le vent solaire et la magnétosphère terrestre (échelle non respectée). Crédit : [ESA](#)*



*LE BOUCLIER MAGNÉTIQUE QUI ENSERRE LA TERRE NOUS PROTÈGE DES VENTS ET DES ÉRUPTIONS SOLAIRES.*

Il semble par ailleurs que la Lune, par son influence sur notre planète, ait été un élément important à l'apparition de la vie sur terre, et bien que cette condition soit la plus controversée, il nous semble tout de même important de la préciser. Son influence première serait gravitationnelle, en assurant une plus grande stabilité de l'axe de rotation de la planète et donc une plus grande stabilité de paramètres telle que la température moyenne.

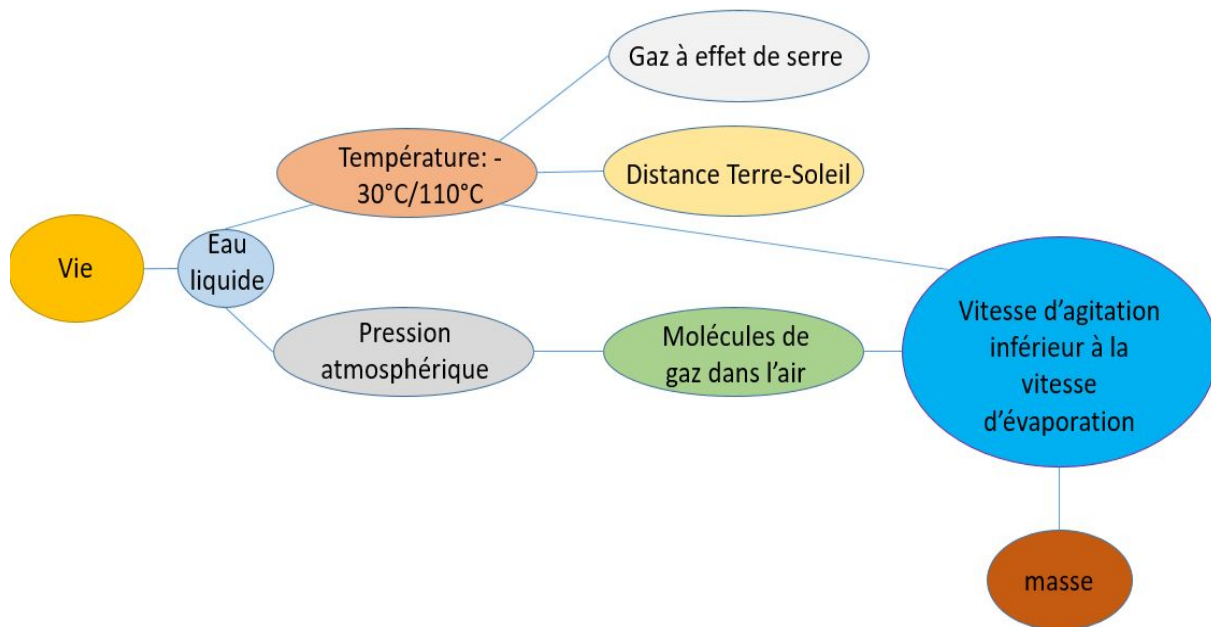
A l'instar de la stabilité de l'axe de rotation, la température dépend de la distance de la planète au soleil, les gaz pouvant également modifier cette température comme par exemple, les gaz à effet de serre qui augmentent la température de la planète. De cette température découle d'autres paramètres comme l'eau liquide, tout aussi essentielle pour la vie.

Cependant, la vie n'aurait pu apparaître sans la présence de carbone qui, par sa possibilité de faire quatre liaisons, le rend indispensable. De plus, sur la centaine de corps inscrits dans le tableau périodique des éléments chimiques, quatre seulement sert de support à la vie.

Mais l'apparition d'atome tel que le carbone a pris du temps. En effet, après le Big-bang, les seuls noyaux existant seraient l'hydrogène, l'atome le plus simple comportant un seul proton et un seul neutron, et l'hélium qui comporte deux neutrons et deux protons. Ces deux atomes très simples sont encore bien loin des molécules complexes que forment la vie.

Pourtant, après deux milliard d'années la densité et la température des nuages d'hélium et d'hydrogène sont tellement fortes que les chocs disloquent les atomes d'hydrogène dont les protons se regroupent quatre par quatre pour donner des noyaux d'hélium, libérant au passage d'énormes quantités d'énergie sous la forme d'un flux de particules de lumière : les photons.

Ainsi naissent et brillent les premières étoiles. De cette manière, la réserve d'hydrogène s'épuise. Les noyaux d'hélium se combinent trois par trois pour former du carbone et quatre par quatre pour donner de l'oxygène. Puis se forme l'azote et ainsi naissent les quatre éléments primordiaux, ceux qui seront à l'origine de la vie : C, H, O, N.



*Critère de la vie, fait par nos soins*

# III) *Les différentes Théories*

## a) Histoires des pensées

Depuis longtemps les hommes s'interrogent sur l'apparition de la vie et élaborent des théories pour l'expliquer. Voici quelques unes de ces théories.

### Réfutation de la génération spontanée

Une hypothèse populaire dans les civilisations passées était que la vie apparaît à partir de rien, qu'elle se développe du monde inerte.

On pensait donc avant que les pucerons sortaient des bambous, et que la boue pouvait donner naissance aux grenouilles, ou encore que les asticots sortaient d'un morceau de viande, que microbes, micro-organismes et levures se développaient spontanément dans l'air, l'eau et tout autre milieu naturel.

Plusieurs savants ont effectué des expériences pour prouver leurs théories comme Van Helmont qui en laissant incuber une chemise et des graines a fait apparaître des souris. Dans cette expérience et dans celles qui suivront, la croyance en une génération spontanée sera souvent due à une mauvaise interprétation d'observations réelles.

Trois cent ans avant notre ère, Aristote est à l'origine de la théorie de la génération spontanée. Cette croyance fit longtemps partie du dogme populaire, et quand Louis Pasteur après 6 ans de recherche, annonce publiquement à l'occasion d'une conférence à la Sorbonne que ses recherches réfutent la génération spontanée, cela fait scandale.

Pasteur comprend que les expériences menées par d'autres chercheurs qui obtiennent comme résultat la validation de la génération spontanée sont faussées par l'utilisation de la cuve à mercure qui servait à empêcher la contamination par l'air et ses bactéries. Cependant ce choix est peu rigoureux car cette dernière est sale ou le devient avec le temps. L'expérience que va mener Pasteur corrigera l'erreur menée par ses confrères, en utilisant un ballon à col de cygne.

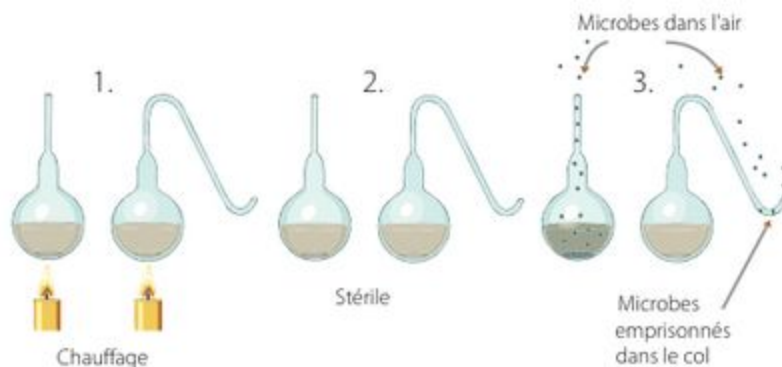


Schéma de l'expérience de Pasteur

Cette expérience nécessite deux ballons dont l'un à col de cygne, les deux ballons sont alors stérilisés. Après quelques semaines on observe que dans le ballon à col ouvert se sont développés des êtres vivants tandis que rien ne s'est développé dans le ballon à col de cygne. Les microbes présents dans l'air n'ont pas pu remonter le tube du col de cygne et sont restés emprisonnés comme montré sur le schéma ci dessus.

Donc l'air contient des germes qui permettent la création d'êtres vivants tels que les micro-organismes. Le développement d'organismes dans un milieu stérilisé est dû à une contamination par des microbes contenus dans l'air. Cette remise en cause a joué un grand rôle dans les mesures d'hygiène et d'asepsie contre le développement des maladies.

Aujourd'hui cette hypothèse est réfutée par la plupart des chercheurs, excepté dans le cadre des recherches sur l'origine de la vie sur Terre.

## **La vision de Darwin**

Darwin est un influent naturaliste devenu célèbre pour sa théorie de l'évolution et son livre "L'Origine des Espèces." Il a profondément influencé le développement des idées sur l'origine de la Vie. Il est considéré comme un contemporain de Pasteur. Il n'a pas véritablement traité de l'origine de la vie, il s'est plus attardé sur la formation et l'évolution des espèces.

Il était biologiste et géologue et possédait la notion du temps géologique. Il proposait que l'évolution s'est faite à travers les temps géologiques, selon une complexité croissante, du plus simple au plus complexe.

Cela impliquait que les premiers êtres devaient être des formes très simples tel des micro-organismes.

## **La panspermie :**

Pour terminer cette histoire des idées sur l'origine de la vie avant notre siècle, il faut mentionner une autre théorie, qui est apparue à la fin du siècle de Pasteur et de Darwin en 1865 : la vie aurait une origine cosmique. C'est l'allemand Richter qui est à l'origine de cette théorie. Selon ce dernier, les corps célestes libèrent des particules qui contiennent des germes de micro-organismes appelés cosmozoaires et qui ont été amenés sur terre par les météorites.

Svante Arrhenius, un savant suédois aussi prix Nobel de chimie, a, en 1906, repris cette théorie sous une forme plus élaborée: la panspermie.

Cette théorie est approfondie plus loin dans ce travail.



## **La soupe primitive des biochimistes :**

Après les travaux de Pasteur et de Darwin, il était probable qu'une théorie nouvelle tente d'étendre à la matière inerte les concepts de l'évolution. Il était difficile de concevoir la genèse des êtres vivants en dehors du développement évolutif de la matière pour le biochimiste Oparine et le biologiste Haldane qui sont à l'origine de cette démarche.

Alexandr Ivanovitch Oparine (1894-1980), un biochimiste soviétique, a développé ses idées sur l'évolution de la matière inanimée vers la matière vivante, en proposant une théorie conceptuelle de l'apparition de la vie.

John Haldane (1892-1964), un biologiste anglais a aussi proposé une théorie similaire.

Cette théorie est approfondie plus loin dans ce travail.

## b) Quand la vie est-elle apparue ?

### **Grandes théories sur la période temporelle de l'apparition de la vie sur Terre :**

Si nous savons désormais comment notre planète s'est formée pendant une phase nommée l'accrétion, nous ne sommes toujours pas sûrs de l'origine de la vie qui prolifèrent sur cette dernière.

De nombreuses théories ont été émises par le passé et de nouvelles continuent d'arriver. De la théorie que Dieu créa la vie à celles plus récentes proposées par des chercheurs, elles ont toutes eu des périodes de popularités.

Aujourd'hui, on peut en dénombrer trois :

- La vie apparaît entre le premier bombardement (et Théia) et le bombardement tardif.
- La vie apparaît avec le bombardement tardif (la vie a une origine extraterrestre)
- La vie apparaît après le bombardement tardif.

Le bombardement tardif se situe entre 4,1 et 3,8 milliards d'années, cependant de récentes recherches confirment plutôt l'hypothèse que ce bombardement s'est déroulé il y a 3,8 milliards d'années. Durant cette période la terre a été mitraillée d'astéroïdes. La jeune planète n'était certainement pas une planète infernale, seiche et bouillonnante, il n'y a aucune évidence pour cela.

A vrai dire, elle serait plutôt comme on la connaît maintenant pense Marc Harrison, le directeur des recherches.

La photo ci-dessous est une photo de Marc Harrison tenant dans ses mains le stromatolite qu'il a découvert:



Ces derniers ont découvert de petits cristaux dans d'anciennes roches en Australie qui contiennent des traces de carbone âgées de 4,1 Milliards d'années, avant le bombardement tardif, qui ont peut-être été laissés par des formes de vie primitives.

Donc il est possible que la vie soit apparue il y a plus de 4 Milliards d'années, cependant il est difficile d'imaginer que ces formes de vies primitives aient pu survivre au bombardement de notre planète par des astéroïdes. C'est pour cela que les chercheurs pensent pour la plupart que la vie est apparue après le bombardement tardif.

Les plus anciens fossiles retrouvés sur terre jusque là étaient des stromatolites (les stromatolites ne sont pas à proprement parler des fossiles, ce sont des formations calcaires résultant de l'activité métabolique de bactéries, dont la trace directe n'a pas subsisté), et dataient de 3,5 Milliards d'années. La vie aurait donc eu 300 millions d'années pour se développer et évoluer après le bombardement tardif, ce qui semble être suffisant. Cette découverte soutient donc plutôt la théorie que la vie est apparue après cet événement.

Cependant, récemment l'équipe de scientifique de Harrison a sorti un article dans le magazine "Nature" rapportant qu'ils ont découvert un stromatolite fossile daté de 200 millions d'années de plus que le précédent.

Si l'on fait le calcul :  $3\,500\,000\,000 + 200\,000\,000 = 3\,700\,000\,000$

Le fossile date donc de 3,7 Milliards d'années, la vie aurait dans ce cas eu seulement 100 millions d'années pour se développer et évoluer, ce qui semble un court laps de temps pour qu'une forme de vie simple se complexifie. Cela signifie donc que la vie a pu apparaître avant la fin du bombardement. Certains scientifiques imaginent même que la vie serait apparue plus tôt encore et qu'elle aurait survécu aux impacts de comètes. Les chercheurs ayant menés la recherche pensent même que si la vie s'était éteinte pendant le bombardement, il aurait suffi que des conditions adéquates la fassent repartir.

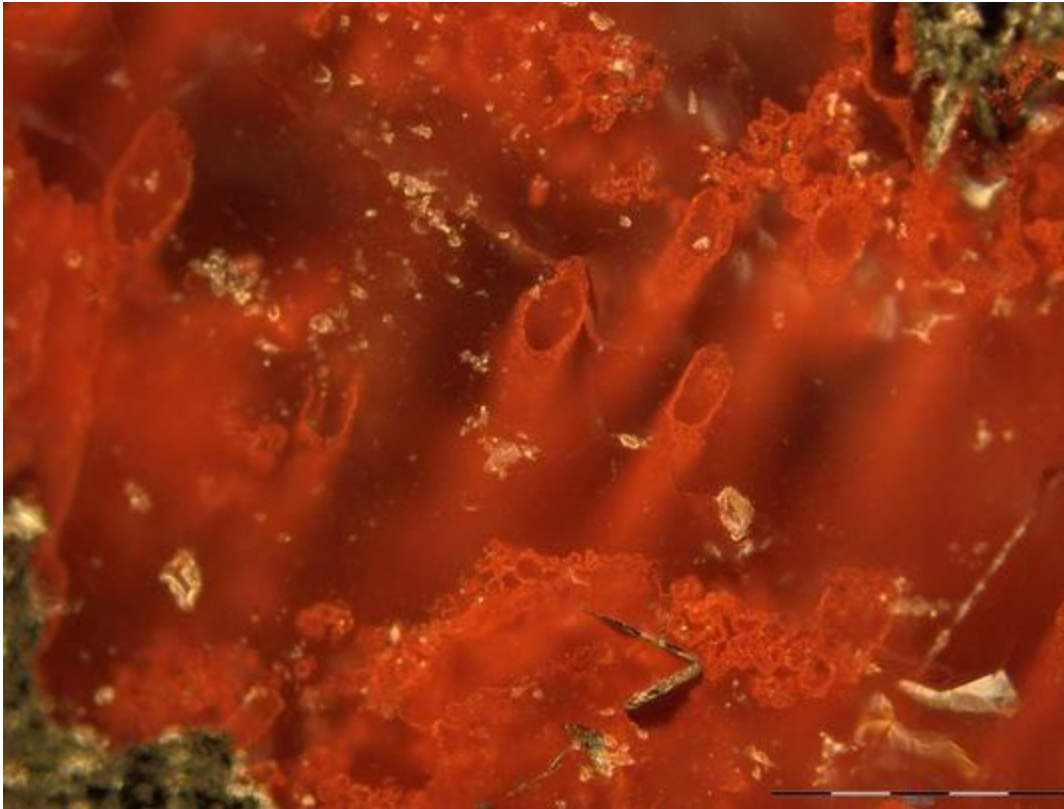
Citation: "If all life on Earth died during this bombardment, which some scientists have argued, then life must have restarted quickly," said Patrick Boehnke, a co-author of the research and a graduate student in Harrison's laboratory.

Un article sorti le 2 mars 2017 dans Nature apporte une preuve supplémentaire à cette théorie. Des microfossiles vieux de 3,77 milliards d'années ont été découverts au Canada. Ils s'agissent de tubes et de filaments microscopiques, faits d'hématite, une forme oxydée de fer, mais aussi des rosettes produites par leur activité, qui seraient des assemblages de cellules individuelles. Ils s'agiraient des plus anciens microfossiles connus. Les chercheurs à l'origine de l'article assurent avoir écarté la possibilité que des processus non biologiques aient abouti à des structures similaires.

« Notre découverte renforce l'idée que la vie a émergé de sources hydrothermales chaudes au fond des océans, peu de temps après la formation de la Terre [il y a environ 4,5 milliards d'années]. Cette apparition rapide concorde avec d'autres indices comme la découverte récente de formations sédimentaires vieilles de 3,7 milliards d'années qui auraient été créées par des micro-organismes », souligne le thésard Matthew Dodd

(University College London, UCL-London Centre for Nanotechnology, LCN), premier signataire de l'article dans Nature.

Microfossiles en tubes et filaments microscopiques :



Ces tubes et filaments microscopiques sont présentés comme les témoignages les plus anciens de l'apparition de la vie sur Terre. Il y a donc des indices de plus en plus nombreux d'une vie bactérienne dès l'Hadéen.

La vie pourrait aussi avoir une origine extraterrestre. En effet, en 1969, des chercheurs ont découvert en Australie une météorite renfermant essentiellement des acides aminés et des bases azotés.

Voici une photo de la météorite évoquée ci-dessus.





Météorite de Murchison

Ces deux éléments font partis de ceux qu'on qualifie "brique du vivant" car ils sont des éléments essentiels constituant les organismes vivants. Le bombardement tardif est une période où la terre a été bombardée par des météores donc il est envisageable que ces derniers aient fourni une partie des éléments formant la matière organique présente sur la Terre primitive.

Il est donc possible que la vie ait une origine extraterrestre et qu'elle soit apparue pendant le bombardement tardif.

## c) L'Abiogenèse

L'apparition de la vie est mystérieuse et plusieurs scénarios ont été envisagés, c'est ce que nous allons voir dans cette partie. De nombreuses théories scientifiques tentent d'expliquer l'apparition de la vie qui remonte au précambrien.

L'abiogenèse désigne l'étude de la génération de la vie à partir de la matière non vivante. Aujourd'hui le terme est utilisé en biologie dans le contexte de l'origine de la vie.

Il y a deux approches principales sur l'origine de la vie :

- l'une se basant sur le codage de l'information par les acides nucléiques dans le processus de la sélection naturelle qui a modelé au fil des générations les organismes vivants. Dans ce modèle, l'apparition du génome aurait précédé l'apparition du métabolisme. Des molécules d'ADN ou d'ARN se seraient autorépliquées à partir des molécules présentes dans leur environnement.
- l'autre privilégie le rôle du métabolisme et considère les organismes vivants comme des systèmes éloignés de leur état d'équilibre thermodynamique et qui parviennent à se maintenir grâce à des processus qui deviennent ainsi métaboliques : les systèmes parvenant à entretenir de tels processus perdureront mieux que les autres. Dans ce modèle, l'apparition d'un métabolisme primitif aurait précédé l'émergence de la réplication de l'ARN.

### **Le mécanisme ou La soupe primitive :**

La première théorie est celle du mécanisme, qu'on pourrait aussi appeler théorie de la soupe primitive.

Elle a été émise par deux scientifiques à la même époque, vers 1920, de façon indépendante : le Soviétique Alexander Ivanovitch Oparine et le Britannique John Haldane.

Selon eux, la vie tire son origine d'une réaction chimique. Dans celle-ci, il y a un réacteur, l'atmosphère terrestre, une source d'énergie, le Soleil et des réactifs et tous les gaz et composés chimiques présents sur la Terre.

Note importante, dans ce système l'atmosphère de la Terre est dénuée d'oxygène.

Les molécules de cette atmosphère aurait été brisée par des sources d'énergies telle que les radiations du soleil, les éclairs ou encore les volcans. Elles se seraient ensuite regroupées en molécules plus complexes. Les pluies précipitent ces nouvelles molécules dans les océans et cela donne la soupe primitive. Dedans, les molécules organiques évoluent progressivement vers des molécules qui forment les bases du vivant : acides aminés, sucres et bases azotées.

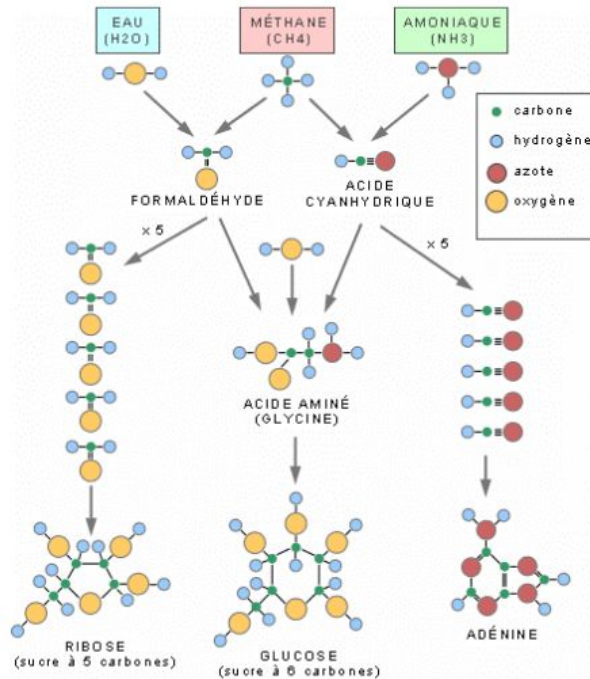


Figure 13. Chimie prébiotique.

## Dissociation des molécules réassemblées en une molécule nouvelle

30 ans plus tard, l'expérience de Miller Urey viendra valider la possibilité de ce scénario, cette expérience qui fut menée en 1953 par Stanley Miller et Harold Clayton Urey à l'Université de Chicago avait pour but de prouver que l'apparition de la vie a (possiblement) une origine chimique et la validité de l'hypothèse de la soupe primitive.

Pour réaliser leur expérience, ils ont enfermé durant 7 jours dans un circuit de verre fermé divers éléments chimiques tel que de l'eau (H<sub>2</sub>O), du méthane (CH<sub>4</sub>), de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et de l'hydrogène (H<sub>2</sub>). Les éléments chimiques ont été chauffés, soumis à des décharges électriques, refroidit de manière cyclique durant toute la semaine.



Tout cela est sensé reproduire l'atmosphère primitive et les conditions qui régnaient sur la terre il y a quelques milliards d'années. L'eau simule les océans, les différents gazs simulent l'atmosphère et les décharges électriques simulent les éclairs.

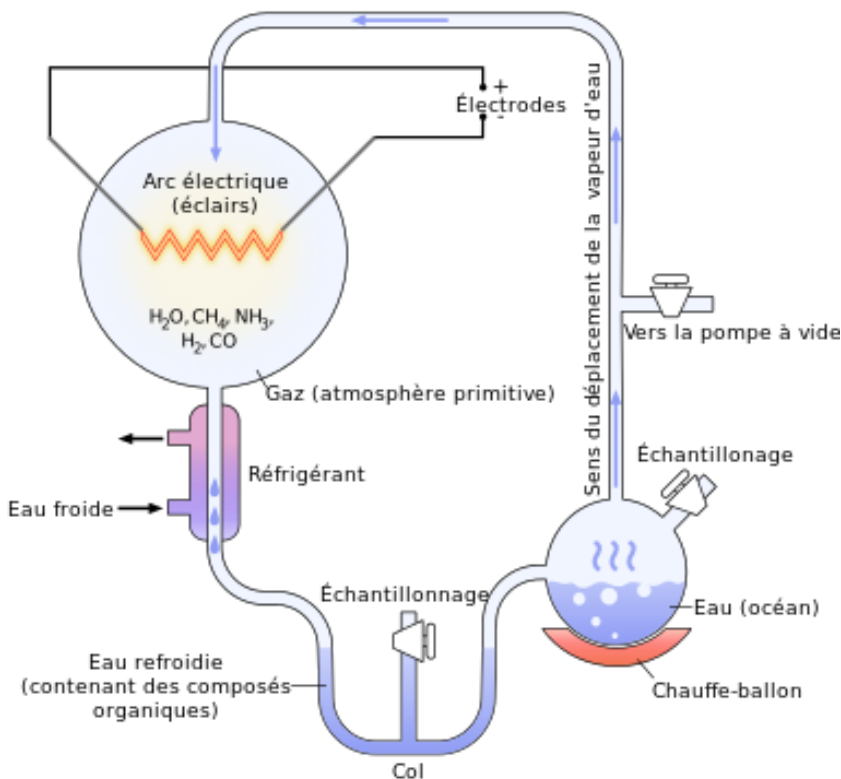


Schéma de l'expérience de Miller Urey

Lorsque les deux scientifiques ouvrent le circuit et en analysent le contenu , ils découvrent des molécules organiques : de l'urée ( $\text{CON}_2\text{H}_4$ ), du formaldéhyde ( $\text{H}_2\text{CO}$ ), de l'acide cyanhydrique ( $\text{HCN}$ ), et même plusieurs acides aminés, 11 pour être exact.

Bien qu'il existe une quantité énorme d'acides aminés, on sait que la vie n'en a besoin que de 20 et on a découvert en réanalysant les échantillons de Miller il y a quelques années que l'expérience avait en réalité produit 25 acides aminés.

Ils déterminent que cette transformation a lieu en deux étapes, les résultats de la réaction chimique réagissent en eux ce qui donne lieu à plusieurs réactions chimiques, puis les produits obtenus vont eux aussi réagir entre eux pour finir par former des molécules organiques et des acides aminés

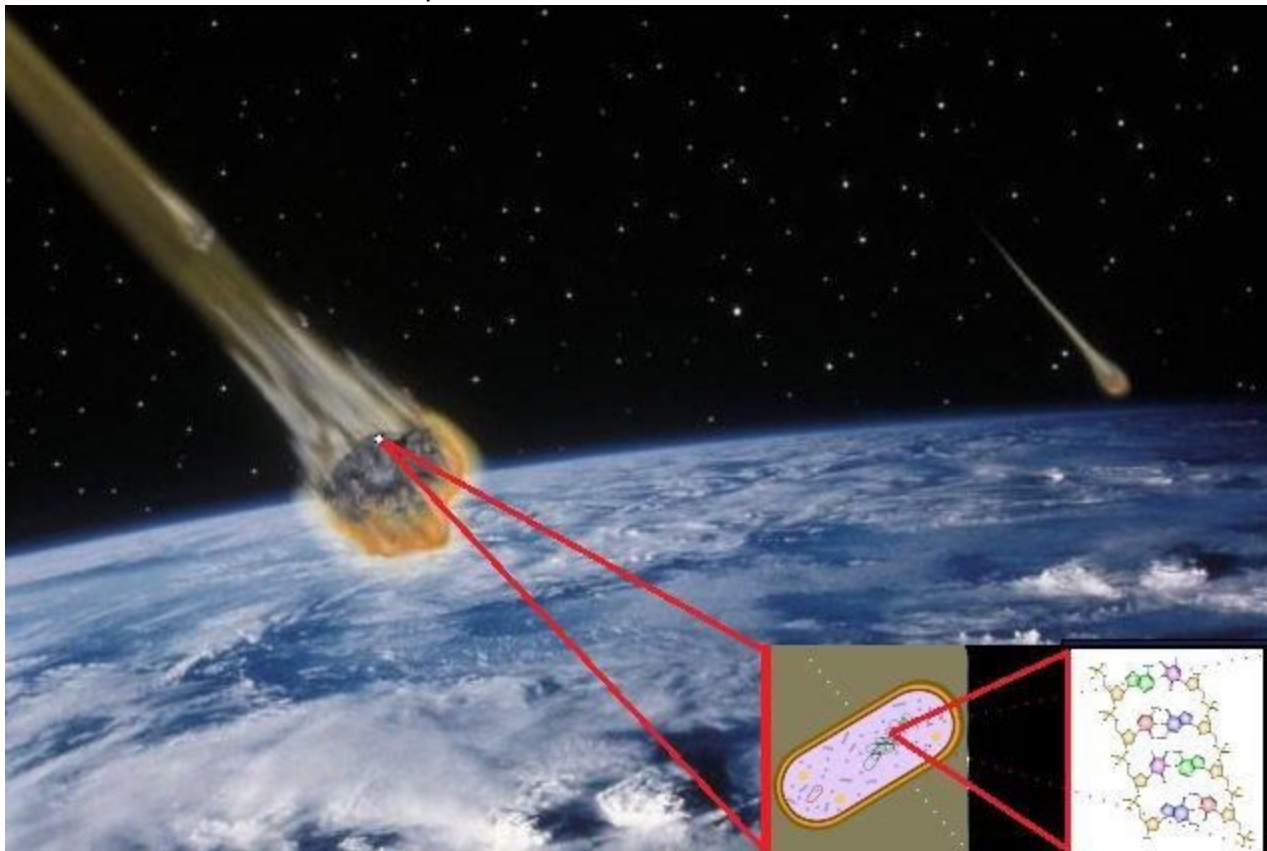
Cette découverte vient confirmer l'hypothèse d'Oparine et d' Haldane et fera au passage gagner en popularité la théorie du mécanisme car avant d'avoir cette preuve, la communauté scientifique admet mal que la vie soit apparue de cette manière. On sait déjà

qu'en présence d'oxygène les protéines et l'ADN se dégradent et on imagine pas l'atmosphère de la Terre sans oxygène.

Cette conception d'une atmosphère sans oxygène qu'avait imaginé Oparin et Haldane est très importante car sans cela les réactions produisant les molécules formant la base ne pourraient pas avoir lieu à ce moment. De plus une variante de l'expérience a été réalisée avec de l'oxygène et le résultat est complètement différent, aucun acide ou bio molécule. Aujourd'hui, la théorie et toutes ses variantes continuent d'être explorées.

## La Panspermie

D'autres scientifiques penchent pour un scénario où la vie ne serait pas d'origine terrestre mais viendrait de l'espace. C'est la théorie de la panspermie, et c'est la seconde théorie dont nous allons vous parler.



### Schéma appuyant la théorie de la panspermie

Elle est imaginée pour la première fois par Anaxagore durant l'antiquité : au Ve siècle avant J.C, Anaxagore, mathématicien grec, pensait que l'univers était rempli de vie et qu'elle pouvait prendre racine dans n'importe quel lieu qui lui serait favorable.

La théorie connaît, à la fin du XIXe, début du XXe, une époque de notoriété : En 1865, l'allemand Richter échaafaude une théorie un peu modifiée qui fait des corps célestes les convoyeurs de particules qui contiennent des germes de micro organisme



qu'il appelle cosmozoaires et qui ont été amenés sur Terre par les météorites. En 1870, c'est Herman Von Helmholtz et William Thomson qui l'a reprennent au goût du jour en suggérant que les semences de la vie étaient transportées par les comètes et météorites en s'appuyant sur l'idée d'Anaxagore.

Plus tard, en 1908, le physicien suédois et prix Nobel Svante Arrhenius soutient la théorie Ritcher et conjecture que ces semences ou spores proviendraient d'une autre planète où la vie s'y serait développée. Il écrit un ouvrage sur le sujet « l'évolution des mondes » et il est créé même le terme de panspermie.

Dans les années 1950, c'est l'astronome anglais Fred Hoyle qui défend l'idée en la modifiant, selon lui la poussière interplanétaire flottant dans l'espace est composée d'éléments organiques tels que des bactéries et des algues unicellulaires. Cette poussière aurait fini par retomber sur toutes les planètes mais la vie ne se serait développée que dans un environnement favorable comme celui de la terre. A ce jour, on n'a encore jamais trouvé ces composés dans la poussière mais on a néanmoins découvert des acides aminés, indispensables à la vie. Il est soutenu dans sa théorie par Chandra Wickramasinghe dont les travaux l'avait amenée à collaborer avec lui.

Bien qu'aujourd'hui, lorsqu'on parle d'une origine de la vie extraterrestre, les gens ont tendance à imaginer des scénarios inspirés des films hollywoodiens. Cependant, les scientifiques font des recherches sérieuses sur ce sujet. Nous avons d'ailleurs eu la chance de rencontrer le chercheur français Hervé Cottin pour lui poser quelques questions.

Hervé Cottin, chercheur et enseignant à Paris 12, fait parti du laboratoire LISA, le laboratoire Inter-universitaire des Systèmes Atmosphériques. L'étude des comètes fait partie de ses spécialités.

les comètes sont un mélange de glace, d'acide aminée et de roches qui viennent d'une zone qui se situe au-delà de Neptune.

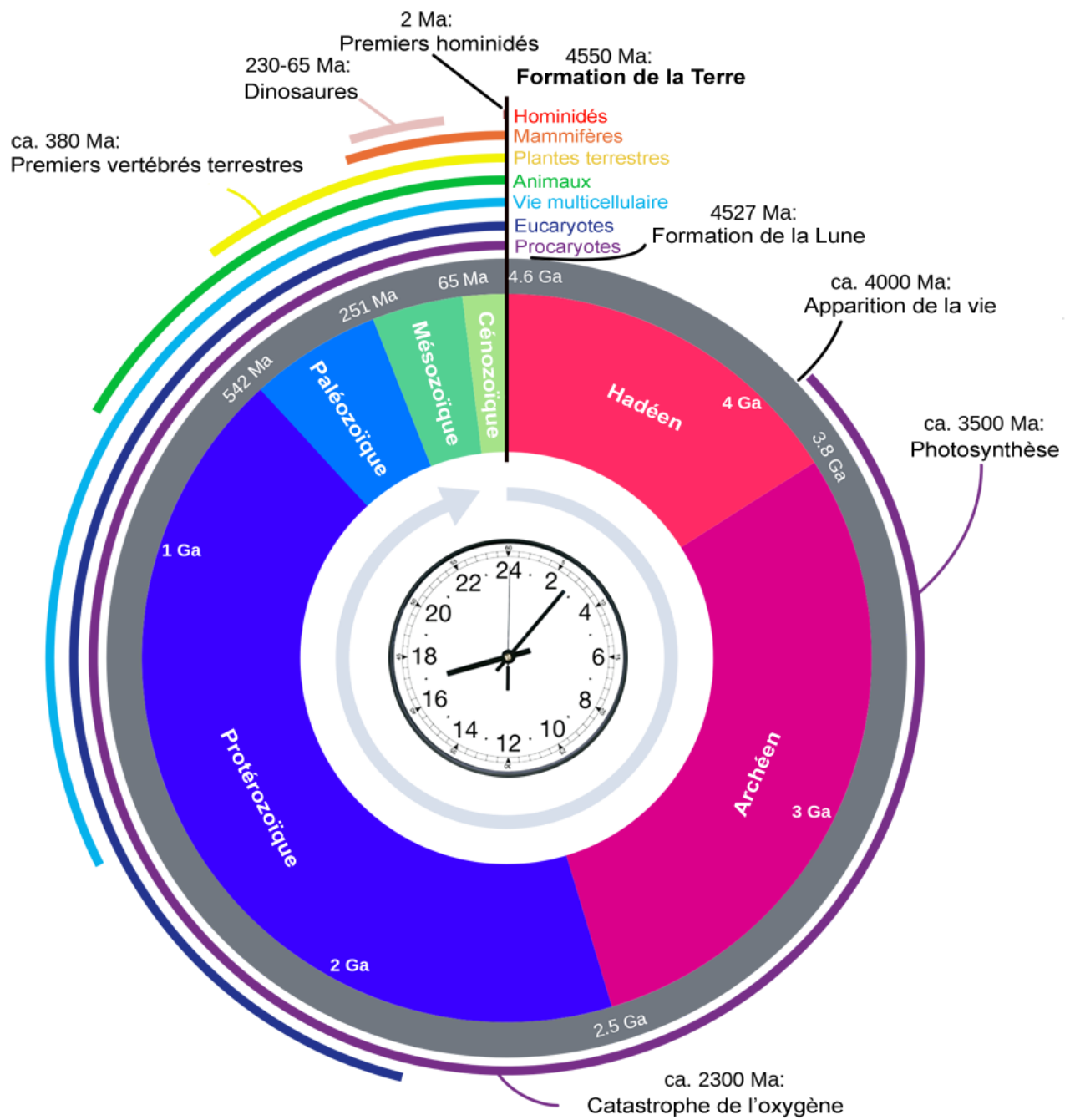
L'intérêt avec les comètes, nous apprend le professeur Cottin, c'est qu'elles ont toutes à peu près la même composition et que l'on peut, grâce à cette particularité, avoir accès aux divers éléments qui sont tombés sur Terre lors des bombardements il y a quelques milliards d'années.

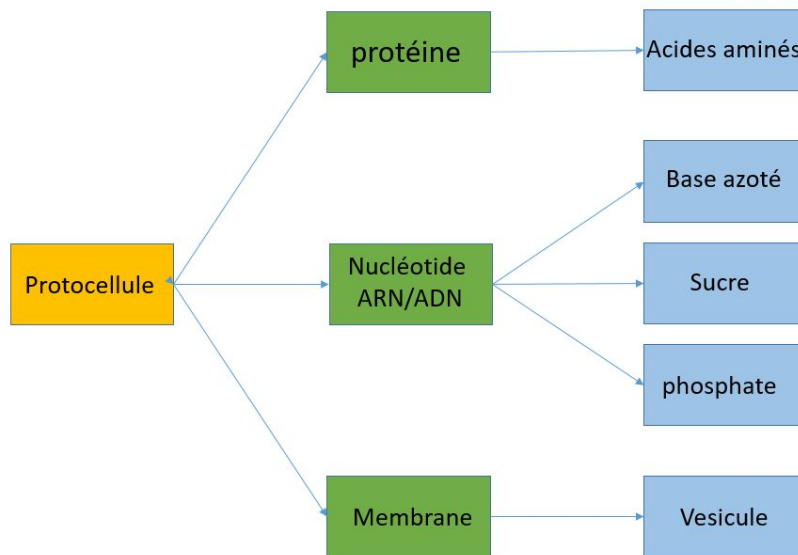
Dans cette composition, on retrouve des roches, de la glace mais aussi du carbone et une multitude d'acides aminés, et on sait que seul 20 sont utilisés par le vivant !

Ces analyses extrêmement précises, que l'on doit au robot COSIMA, renseignent sur les constituants des comètes à l'aide de spectromètre de masse et d'autres appareils.

Les comètes sont donc des milieux débordant de molécules organiques et constituent des indices très important pour les scientifiques qui, comme Hervé Cottin, étudient la possibilité d'une origine Extra-terrestre de l'atmosphère.

# Horloge Géologique de la Terre





Formation chimique et biologique d'une protocellule

# Conclusion

La vie, aussi difficile à définir qu'à expliquer a été pour nous un sujet extrêmement intéressant. Au travers de ce dossier, nous avons essayé d'exposer le plus clairement possible les théories que les scientifiques pensent les plus probables quant à l'apparition de la vie, tout en exposant les moyens mis en oeuvre dans cette recherche. En effet, beaucoup de critères, d'arguments et de circonstances ont encore besoin d'être éclaircis. Toutes ces questions et toutes ces théories qui s'opposent et qui paraissent néanmoins toutes aussi probables les unes que les autres nous ont vraiment intéressés.

Bien que les hypothèses énoncées dans ce dossier fassent parties des plus populaires, comme la théorie de la vie apportée par les comètes, nous avons tenté de donner une vue d'ensemble sur ce sujet qui nous semble aussi passionnant que vaste à étudier.

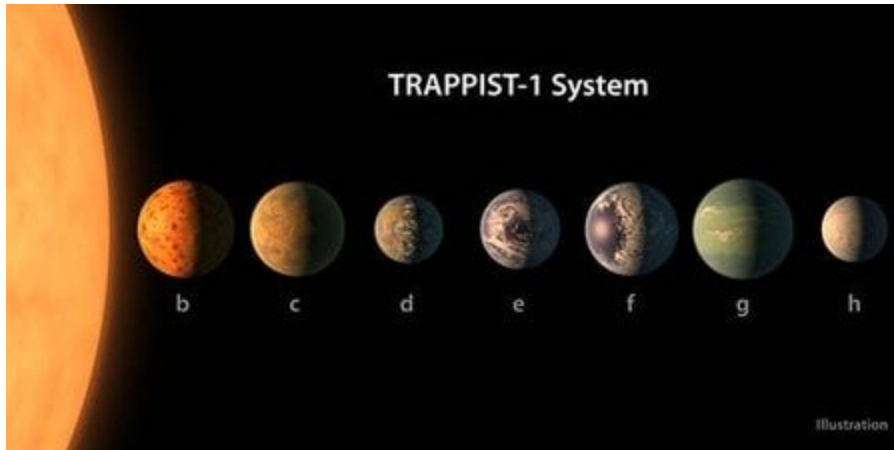
Ce thème est en effet sujet à de nombreux questionnements, dissertations et suppositions depuis l'antiquité. Au début, les hommes se considéraient comme étant le centre de l'univers en s'appuyant sur des modèles astronomiques tel que l'héliocentrisme. C'est en partant de ce point de vue, que l'on remarque qu'au cours des siècles, il y a eu un véritable bouleversement de la façon de penser et de la remise en question de la place de l'homme dans l'univers. En réalité, nous sommes des tout petits êtres, sur une planète minuscule à la périphérie de l'univers!

On sait désormais à quel point la vie est née d'un concours de circonstances peut-être unique, car pour que la vie telle qu'on la connaît se développe, il faut nécessairement la présence simultanée de certains critères. Par exemple, une planète tellurique contenant de l'eau à l'état liquide, se situant dans une zone habitable (c'est-à-dire à une bonne distance de son étoile) et possédant une atmosphère avec une certaine composition aboutit à une plus forte probabilité d'avoir la formation de la vie sur cette planète.

Cette série de critères est assez sélective pour qu'il n'y ait dans notre système solaire qu'une planète sur laquelle, à première vue, la vie s'est développée. Cependant, rien ne nous prouve que la vie n'ait pas été capable d'apparaître, sous la même forme que la nôtre ou sous d'autres formes, dans d'autres galaxies, sur d'autres planètes pouvant présenter quelque fois des conditions encore plus favorables que celles de la terre.

La Nasa a récemment révélé que des astronomes ont découvert sept planètes telluriques de la taille de la Terre autour d'une étoile naine dans le système de Trappist-1. Ce qui rend cette découverte si particulière est que, sur un mini-système solaire, avec une étoile environ dix fois plus petite que notre soleil, trois d'entre elles se trouvent dans une zone habitable. Sur 3 349 exoplanètes découvertes à ce jour, c'est la première fois que l'on en trouve autant dans un même système solaire. Après cette découverte, c'est la présence d'une vie extraterrestre que recherchent les scientifiques. En effet, Zone habitable et habitabilité effective sont deux notions très différentes. C'est pour cela qu'il est vraiment difficile de pouvoir émettre l'hypothèse que ces planètes sont habitables. D'autres observations aideront bientôt à déterminer si elles sont riches en eau et ainsi

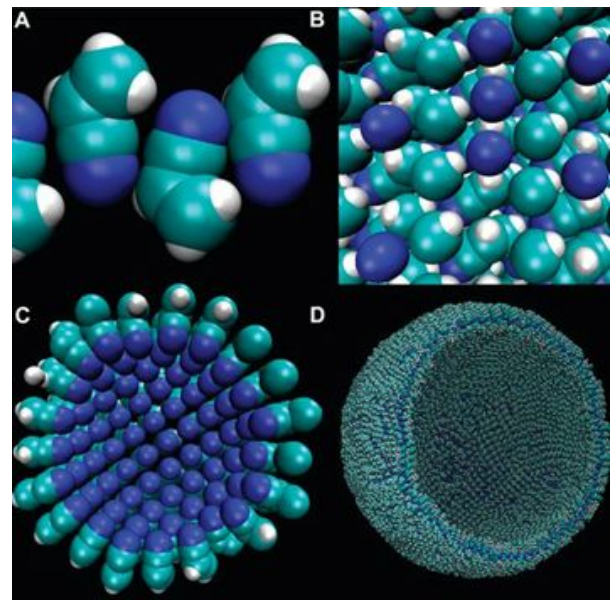
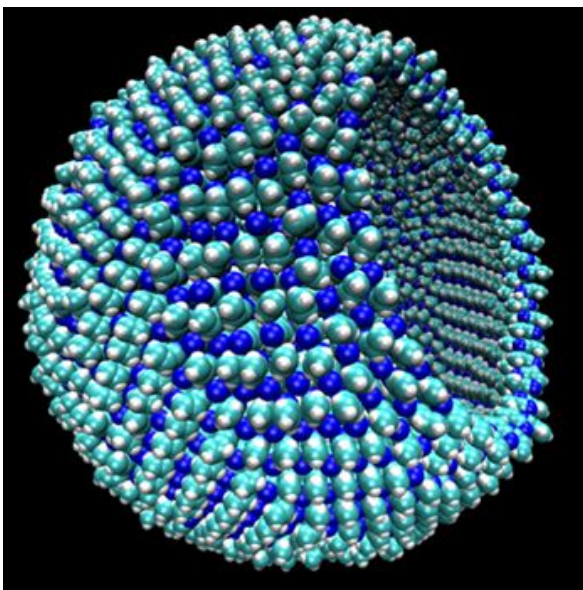
peut-être nous aider à faire un pas de plus dans la connaissance de notre potentiel isolement dans l'univers.



*Ce concept d'artiste montre à quoi peut ressembler le système planétaire TRAPPIST-1, à partir des données disponibles sur les diamètres, les masses et les distances des planètes à partir de l'étoile hôte. © NASA/JPL-Caltech*

De plus, des récentes études montrent qu'il serait théoriquement possible que la vie puissent apparaître sans eau, mais à la place dans du méthane liquide à basse température. Bien que ce ne soit qu'une simple hypothèse, ce modèle informatique est très clair car pour la première fois, dans un milieu sans eau, on peut voir éclore des structures similaires à celles des membranes cellulaires des organismes vivants sur terre.

En conclusion cela change radicalement la donne pour les recherches extraterrestres, en particulier parce que de telles membranes pourraient se former naturellement et demeurer stables dans un environnement comme celui de Titan, une des lunes de Saturne.





*Vue en coupe d'un azotosome ou vésicule cellulaire à base d'azote apparue dans du méthane liquide à basse température*

Donc plus les scientifiques apportent de nouvelles réponses quant à l'apparition de la vie sur Terre ou quelque part d'autre dans notre vaste univers, plus de nouvelles questions se posent. La vie aussi bien sur terre que sur d'autres planètes est un phénomène pour l'instant toujours inexplicable. Il est donc toujours d'actualité de nous poser cette question qui nous a déjà tous traversé l'esprit : « Sommes-nous seuls dans l'univers ? »

# LEXIQUE

**Catastrophisme** : théorie scientifique qui étudie les causes et les conséquences astronomiques, géologiques, écologiques, biologiques, humaines et historiques de cataclysmes de grande ampleur qui ont eu lieu et qui pourraient encore avoir lieu sur la Terre.

**Impactisme** : théorie scientifique qui étudie l'ensemble des phénomènes liés à l'impact sur les planètes des astéroïdes et des comètes, mais aussi plus largement de tous les autres corps et particules venus du cosmos, ainsi que tous leurs effets annexes. L'impactisme terrestre n'est qu'un cas particulier, celui qui concerne notre planète.

**Lithophiles** : (selon Larousse) Se dit d'un élément concentré dans l'écorce terrestre et fréquemment associé à l'oxygène. En géochimie, un élément lithophile, ou simplement un lithophile est un élément chimique qui se rencontre fréquemment en association avec des oxydes minéraux en raison d'une affinité particulière pour l'oxygène, d'où leur abondance naturelle élevée parmi les silicates, et la justification de leur nom de lithophile (littéralement : « ayant une affinité pour les silicates »). Il s'agit essentiellement d'éléments réactifs du bloc s et du bloc f du tableau périodique, ainsi que quelques non-métaux réactifs et certains métaux de transition de la moitié gauche du bloc d.

**Théories des chocs** : « *Lorsqu'une partie de la matière se meut deux fois plus vite qu'une autre, et que cette autre est deux fois plus grande que la première, nous devons penser qu'il y a tout autant de mouvement dans la plus petite que dans la plus grande ; et que toutefois et quantes que le mouvement d'une partie diminue, celui de quelque autre partie augmente à proportion* » citation de Descartes

**Théia** : en astronomie, Théia (de la titanide Théia qui a donné naissance à Séléné, la déesse de la Lune) est une planète qui aurait été impliquée dans la formation de la Lune suite à une collision avec la Terre.

**Fluide super critique** : Les fluides supercritiques sont produits en chauffant un gaz au-dessus de sa température critique ou en comprimant un liquide au-delà de sa pression critique. La température critique d'une substance est la température au-delà de laquelle une phase liquide ne peut pas exister, quelle que soit la pression. La pression de vapeur d'une substance à sa température critique est sa pression critique. Quand elle se trouve à des températures et des pressions au-delà mais proches de sa température et pression critiques (le point critique), une substance est appelée fluide supercritique.

**Convection mantellique** : c'est un phénomène physique se produisant à l'intérieur du manteau terrestre. Il peut avoir lieu sur d'autres planètes ou satellites telluriques sous certaines conditions. La convection mantellique est une composante essentielle de la théorie de la tectonique des plaques. Il existe une différence notable de température entre

le manteau lithosphérique et l'asthénosphère sous-jacente, qui est responsable d'une descente de manteau froid lithosphérique (au niveau des zones de subduction) dans l'asthénosphère plus dense. Une remontée plus anecdotique de matériel mantellique profond chaud est observée au niveau des points chauds. Ces deux mécanismes sont autorisés par le comportement ductile des roches à grande échelle, qui permet au réseau cristallin de se déformer sans se briser.

**Astéroïde** : Objet céleste du système solaire dont la taille est comprise entre un millier de kilomètres et quelques dizaines de mètres. Plus de 390 000 ont été découverts. Les astéroïdes sont des millions de corps rocheux, résidus d'une planète non formée gravitant entre Mars et Jupiter. Par le jeu de perturbations gravitationnelles certains astéroïdes quittent cette zone du système solaire et peuvent prendre des trajectoires s'approchant de la Terre. Géocroiseurs, c'est le nom de ces corps qui croisent l'orbite terrestre.

**Météorite** : Une **météorite** est un élément matériel extra-terrestre de petite taille qui atteint la surface de la Terre. Lorsqu'il est encore dans l'espace, cet élément est appelé météoroïde ou astéroïde (s'il fait plus de 50 m de diamètre). Il n'y a donc pas de météorite dans l'espace

**Comète** : Une comète est un corps à peu près sphérique qui peut atteindre une dizaine de kilomètres de diamètre. Il est constitué de glaces et de poussières. Son nom vient du grec *coma* qui signifie « queue ». Les comètes se sont formées avec le Système solaire, dans ses régions froides, il y a 4.6 milliards d'années.

**Vent solaire** : Le milieu interplanétaire est balayé en permanence par un vent de particules électriquement chargées en provenance du Soleil.

Ce vent est très peu dense (10 particules par centimètre cube), mais très rapide (400 à 800 km/s). C'est un vent supersonique (il se déplace plus vite que les ondes sonores). Le vent solaire est composé principalement d'électrons, de protons et de noyaux d'Hélium. Le vent Solaire est très fluctuant.

**Chondrite** : Chondrite est un terme utilisé en planétologie pour désigner un certain type de météorites pierreuses contenant moins de 35 % de métal. Cette catégorie renferme les météorites les plus primitives et est elle-même divisée en plusieurs sous-groupes de météorites : notamment les chondrites ordinaires, les chondrites carbonées et les chondrites à enstatite.

**Chondrites à enstatite** : Type de chondrite riche en enstatite avec une teneur en métal de 25 à 35 %.

**L'enstatite** : espèce minérale du groupe des silicates sous-groupe des inosilicates. Il fait partie de la famille des pyroxènes, de formule  $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$  avec des traces notamment de Fe, Ca, Al, Co, Ni, Mn, Ti, Cr, Na, K.

**Analyses isotopiques** : L'analyse isotopique est basée sur la mesure de la masse des molécules et se fait donc par spectrométrie de masse afin d'obtenir un spectre de masse et de pouvoir donc identifier les molécules présentent ou évaluer la composition isotopique de certains éléments dans plusieurs types de matériaux.

**Zone habitable** : Région de l'espace où les conditions sont favorables à l'apparition de la vie telle que nous la connaissons sur Terre.

**Cuve à mercure** : Vases rectangulaires permettant le travail de manipulation des gaz.

**Stromatolithe** : structure laminaire souvent calcaire qui se développe en milieu aquatique peu profond, marin ou d'eau douce continentale. Les stromatolithes sont d'origine à la fois biogénique (bioconstruits par des communautés de cyanobactéries) et sédimentaire.

**Acides nucléiques** : ce sont des macromolécules qui entrent dans la famille des biomolécules puisqu'ils sont d'une très grande importance dans le règne de la vie.

Les acides nucléiques sont des polymères dont l'unité de base est le nucléotide.

**Macromolécule** : appelé aussi molécule polymère, elle décrit une très grande molécule, qui possède une masse moléculaire relativement élevée. La notion de macromolécule a été introduite en 1922 par le chimiste allemand Hermann Staudinger. Une macromolécule formée d'unités chimiques similaires assemblées par des liaisons covalentes peut être décrite comme une molécule polymère, un ensemble de telles molécules est un polymère. De nombreuses protéines peuvent également être considérées comme des macromolécules.

**Métabolisme** : l'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent au sein d'un être vivant pour lui permettre de se maintenir en vie, de se reproduire, de se développer et de répondre aux stimuli de son environnement.

**Système Thermodynamique** : il s'agit d'un équilibre thermodynamique quand il est à la fois en équilibre thermique, mécanique et chimique.

# BIBLIOGRAPHIE :

[http://www.pourlascience.fr/ewb\\_pages/a/actu-formation-de-la-terre-entre-accretion-et-erosion-36012.php](http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/actu-formation-de-la-terre-entre-accretion-et-erosion-36012.php)

<http://www.astrosurf.com/macombes/lfb98-chap13.htm>

<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/impact.html>

**Extrait du livre "LA TERRE BOMBARDÉE"**, de Michel-Alain Combes

Science & Vie, *paradis extrasolaires, il existe des terres plus vivables que la nôtre*, 15 Juin 2015

<http://www.science-et-vie.com/galerie/vie-extraterrestre-elle-est-possible-sans-eau-avec-seulement-du-methane-liquide-5773>

<https://www.youtube.com/watch?v=Xkyt0A9qeLM>

<https://www.youtube.com/watch?v=h8Y351x8tr4>

<http://www.futura-sciences.com/planete/actualites/paleontologie-il-y-4-milliards-annees-vie-aurait-pu-resister-cataclysm-19383/>

<http://tout-sur-tout.info/comment-la-terre-s'est-elle-formee/>

[http://www.clauderioland.com/histoire/les\\_origines\\_de\\_la\\_vie.htm](http://www.clauderioland.com/histoire/les_origines_de_la_vie.htm)

<http://accs.ens-lyon.fr/accs/terre/limites/Temps/allee/comprendre/les-etapes-de-la-formation-de-la-terre>

<https://www.youtube.com/watch?v=x1QTc5YeO6w>

<http://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/systeme-solaire-origine-lune-nouveau-collision-theia-terre-maj-61452/>

<https://www.youtube.com/watch?v=WGTBJHFNywl>

[http://www.fossilmuseum.net/Tree\\_of\\_Life/Stromatolites.htm](http://www.fossilmuseum.net/Tree_of_Life/Stromatolites.htm)

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

Science et vie, mai 2016 n°831 « *comment la vie est apparue.* »

*Le soleil, la Terre... la vie*, La quête des origines, de Muriel Gargaud, Hervé Martin, Purificacion Lopez-Garcia, Thierry Montmerle et Robert Pascal, éditions belin

*Poussière d'étoiles*, d'Hubert Reeves

<http://www.christianjuliablog.fr/Et-si-nous-etions-vraiment-seuls.html#form2>

[http://dinosoria.com/naissance\\_terre.htm](http://dinosoria.com/naissance_terre.htm)



<https://sciencetonnante.wordpress.com/2011/10/17/l'experience-de-miller-sur-l'apparition-de-la-vie/>

[http://www.objet-celeste.wikibis.com/theia\\_\(planete\).php](http://www.objet-celeste.wikibis.com/theia_(planete).php)

<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-fluide-supercritique-1984/>

<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-asteroide-870/>

[http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-comete-2498/\\*](http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-comete-2498/*)

<http://www.hominides.com/html/dossiers/methode-datation.php>

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

<http://www.20minutes.fr/sciences/2019731-20170224-decouverte-sept-exoplanetes-si-elles-habitable-colonisation-planetes-possible>

<http://www.linternaute.com/actualite/monde/1366431-decouverte-d-exoplanetes-a-quoi-res-semblent-trappist-1f-et-ses-cousines-photos-et-exploration-3d-23-02-2017/>

<https://www.youtube.com/watch?v=y0TWpqm4rNM>

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

<https://www.youtube.com/watch?v=y0TWpqm4rNM>

## **Documentaire VOYAGE AUX ORIGINES DE LA TERRE**

- **Yavar Abbas** / Réalisateur

<https://www.youtube.com/watch?v=Evy8Mixomao&t=3s>

<http://www.france3.fr/emissions/thalassa/les-dossiers/l-origine-des-oceans>

# Synthèse écrite personnelle des TPE

Raffaëlle Bona 1ère S1

Thème : Matière et forme

Sujet : la genèse de la vie sur Terre

Problématique : Comment et dans quelle circonstance s'est déroulée l'abiogenèse de la vie sur Terre ?

Autres membres du groupe : Claire Guillebon, Irina Delamare

-Le thème que nous avons choisi est « matière et formes ». A partir de ce thème, nous avons choisi notre sujet : la genèse de la vie sur Terre. Ce dernier associe de manière proportionnée la physique-chimie et la SVT.

Nous nous sommes donc demandé comment s'était déroulée la biogenèse de la vie sur Terre.

I la raison du choix du sujet

En premier lieu, ce sujet m'a intéressé car il n'a jamais été abordé au cours de toute ma scolarité. Je me suis rendue compte en lisant un article sur la possible apparition de la vie sur d'autres planètes que je ne savais pas comment la vie était apparue sur notre propre planète. Cela faisait donc un sujet de TPE original et une possibilité pour moi d'en apprendre un peu plus sur le sujet.

De plus, ayant fait un stage à l'université Paris-Diderot, j'avais rencontré plusieurs étudiants et professeurs qui, sachant que j'allais débiter ma 1ère S, m'avaient conseillé et proposé plusieurs idées de TPE dont celle de l'apparition de la vie sur Terre.

Le choix de ce sujet était donc évident pour moi et il m'a en plus permis de reprendre contact avec certaines personnes que j'ai eu la chance de rencontrer durant mon stage. Notre premier choix s'était porté sur l'évolution de la vie mais il nous fallait trouver un sujet qui s'en rapproche et qui réussisse à équilibrer physique-chimie et SVT : le sujet de l'apparition de la vie sur Terre remplissait ces critères et m'intéressait vivement. Je fus agréablement surprise de découvrir que mes camarades s'y intéressaient elles aussi : il n'y eut donc aucune hésitation une fois le sujet proposé.

II Parcours suivi

Dès le début, nous avons décidé de choisir pour thème « matière et formes », premièrement car nous cherchions déjà un sujet en rapport avec la vie et deuxièmement car les pistes proposées avec ce thème étaient les plus intéressantes selon nous.

Certaines pistes comme « matière noire, antimatière, matière forme d'énergie » ou « l'organisation de la matière vivante en forme spécifique » nous ont tout de suite interpellées. Notre tout premier sujet fut de la matière à la vie, nous avons dû abandonner ce sujet bien trop vaste.

Nous avons ensuite choisi la 6ème grande extinction de masse qui avait été le sujet de plusieurs articles et qui avait attiré notre curiosité étant donné qu'il s'agit d'un sujet d'actualité très important dont on n'a pas parlé ou du moins trop peu. Malheureusement, il s'agissait d'un sujet trop récent et nous n'avons pas pu rassembler une documentation assez importante ; là encore nous avons dû changer de sujet.

Trouvant le thème intéressant, nous avons cherché une autre crise d'extinction avec laquelle nous pourrions produire un TPE plus poussé et nous nous sommes penchées sur la crise du crétacé-tertiaire ou extinction des dinosaures. Mais encore une fois nous avons trouvé une autre idée toujours en rapport avec la vie : L'évolution de la vie puis l'une de nous a proposé une autre idée assez captivante qui nous a fait oublier la crise du crétacé-tertiaire, il s'agissait de l'exobiologie.

Ce dernier allait devenir notre sujet de TPE jusqu'au moment où nous avons pris conscience qu'aucune ne pouvait dire comment la vie était apparue sur Terre. Étant donné notre curiosité commune, nous avons choisi de manière définitive ce sujet.

### III Bilan personnel du travail

Mener à bien notre TPE a été bien plus éprouvant que je ne l'avais imaginé. S'il ne m'a pas trop été difficile de travailler et de me documenter seule, le travail de groupe s'est révélé bien plus ardu.

Se mettre d'accord sur un sujet fut un peu compliqué à cause de la profusion d'idées de chacune néanmoins l'intérêt que nous portions toutes au sujet de l'apparition de la vie a vite réglé le souci.

Il a ensuite fallu se documenter : là encore, chacune a apporté sa contribution et nous avons vite réuni une base solide et importante. À ce stade, il n'y avait aucun problème au niveau de l'ambiance du groupe.

Enfin, nous nous sommes réparties les textes à écrire et avons fixé des dates pour nous voir en dehors du lycée. C'est là que c'est devenu un peu plus difficile, il y a eu quelques soucis au niveau de la régularité du travail et de la présence de certaines.

Cependant ces difficultés font partie intégrantes de la réalisation du TPE et les surmonter m'ont d'une certaine manière fait grandir ; savoir travailler de manière autonome ne suffit

plus, il faut maintenant apprendre à travailler en équipe, à faire des compromis, à accepter les critiques, etc...

Ce TPE aura donc été une expérience très enrichissante.

#### IV. bibliographie

[http://www.pourlascience.fr/ewb\\_pages/a/actu-formation-de-la-terre-entre-accretion-et-erosion-36012.php](http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/actu-formation-de-la-terre-entre-accretion-et-erosion-36012.php)

<http://www.astrosurf.com/macombes/lb98-chap13.htm>

<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/impact.html>

**Extrait du livre "LA TERRE BOMBARDÉE"**, de Michel-Alain Combes

Science & Vie, *paradis extrasolaires, il existe des terres plus vivables que la nôtre*, 15 Juin 2015

<http://www.science-et-vie.com/galerie/vie-extraterrestre-elle-est-possible-sans-eau-avec-seulement-du-methane-liquide-5773>

<https://www.youtube.com/watch?v=Xkyt0A9qeLM>

<https://www.youtube.com/watch?v=h8Y351x8tr4>

<http://www.futura-sciences.com/planete/actualites/paleontologie-il-y-4-milliards-annees-vie-aurait-pu-resister-cataclisme-19383/>

<http://tout-sur-tout.info/comment-la-terre-sest-elle-formee/>

[http://www.clauderioland.com/histoire/les\\_origines\\_de\\_la\\_vie.htm](http://www.clauderioland.com/histoire/les_origines_de_la_vie.htm)

<http://acces.ens-lyon.fr/acces/terre/limites/Temps/allee/comprendre/les-etapes-de-la-formation-de-la-terre>

<https://www.youtube.com/watch?v=x1QTc5YeO6w>

<http://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/systeme-solaire-origine-lune-nouveau-collision-theia-terre-maj-61452/>

<https://www.youtube.com/watch?v=WGTBJHFNywl>

[http://www.fossilmuseum.net/Tree\\_of\\_Life/Stromatolites.htm](http://www.fossilmuseum.net/Tree_of_Life/Stromatolites.htm)

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

Science et vie, mai 2016 n°831 « *comment la vie est apparue.* »

*Le soleil, la Terre... la vie*, La quête des origines, de Muriel Gargaud, Hervé Martin, Purificacion Lopez-Garcia, Thierry Montmerle et Robert Pascal, éditions belin

*Poussière d'étoiles*, d'Hubert Reeves

<http://www.christianjuliablog.fr/Et-si-nous-etions-vraiment-seuls.html#form2>

[http://dinosoria.com/naissance\\_terre.htm](http://dinosoria.com/naissance_terre.htm)

<https://sciencetonnant.wordpress.com/2011/10/17/l'experience-de-miller-sur-l'apparition-de-la-vie/>

[http://www.objet-celeste.wikibis.com/theia\\_\(planete\).php](http://www.objet-celeste.wikibis.com/theia_(planete).php)

<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-fluide-supercritique-1984/>

<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-asteroide-870/>

[http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-comete-2498/\\*](http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-comete-2498/*)

<http://www.hominides.com/html/dossiers/methode-datation.php>

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

<http://www.20minutes.fr/sciences/2019731-20170224-decouverte-sept-exoplanetes-si-elles-habitable-colonisation-planetes-possible>

<http://www.linternaute.com/actualite/monde/1366431-decouverte-d-exoplanetes-a-quoi-ressemblent-trappist-1f-et-ses-cousines-photos-et-exploration-3d-23-02-2017/>

<https://www.youtube.com/watch?v=y0TWpqm4rNM>

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

<https://www.youtube.com/watch?v=y0TWpqm4rNM>

## **Documentaire VOYAGE AUX ORIGINES DE LA TERRE**

- **Yavar Abbas** / Réalisateur

<https://www.youtube.com/watch?v=EvY8Mixomao&t=3s>

<http://www.france3.fr/emissions/thalassa/les-dossiers/l-origine-des-oceans>

Irina

1ère S1

Thème : Matière et formes

Sujet : La Genèse de la Vie

Problématique : Comment et dans quelle circonstance s'est déroulé l'abiogenèse de la vie sur Terre?

### I- Raisons du choix du sujets

Un sujet sur les origines de la vie s'inscrit dans le cadre du thème national matière et forme. Le sujet « Genèse de la vie sur Terre » nous permette d'avoir une approche pluridisciplinaire. Nous mêlons la Science de la Vie et de la Terre (SVT) et la Physique-Chimie.

Le sujet que nous avons choisi est un sujet difficile pour plusieurs raisons. Tout d'abord il est présent dans les actualités scientifique, ce qui signifie qu'il faut être curieux et aller se renseigner régulièrement sur les nouvelles recherches effectuées. De plus, le sujet que nous avons choisi est un sujet très vaste. Lorsque nous avons choisi ce sujet, nous n'en étions pas conscientes. Il y a en effet de nombreuses informations à traiter.

### II- Parcours suivi

Nous avons changé plusieurs fois de sujet avant de trouver ce qui nous a semblé être le parfait terrain d'entente entre science physique et science biologique. L'un des sujets que nous avons sélectionnés était "L'extinction Crétacé Tertiaires" mais nous avons dû le changer car il y avait peu de physique.

D'après moi, il nous a manqué du temps, nous avons surtout utilisé des sources françaises. Malgré tout nous nous sommes aussi renseignés sur des articles de recherches publiés en anglais. Nous avons rencontré et interviewé un chercheur du nom de Hervé Cottin.

Chacune de notre côté avons commencé à effectuer des recherches. Nous avons alors rencontré un problème : nous n'étions pas tout à fait capables de trier le grand nombre d'informations et d'outils à notre disposition. Nous nous sommes ensuite réparti le travail de recherche et de rédaction.



### III- Bilan personnel du travail.

Mes rencontres avec plusieurs étudiants chercheurs de l'université Paris 6 m'ont permis de renforcer ma détermination à devenir chercheur. Discuter avec eux était également très enrichissant et m'a beaucoup aidée pour mon TPE. J'ai également pu créer un large réseau d'enseignants chercheurs dans différentes universités de Paris travaillant sur l'abiogenèse de la vie sur Terre. J'ai également pris contact avec le professeur Hervé Cottin de l'université Paris 12 que nous avons par la suite rencontré.

Travailler en groupe entraîne des difficultés, notamment d'organisation et de travail. Je pense que le TPE est un travail m'ayant beaucoup apporté. Il a été intéressant de travailler ensemble même si l'on ne comprend pas toujours la façon de travailler des autres.

Nous avons expérimenté différentes méthodes de travail :

- le travail bibliographique;
- le travail de recherche sur internet;
- l'interview d'un chercheur.

### IV- Bibliographie

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

<https://www.youtube.com/watch?v=y0TWpqm4rNM>

#### **Documentaire VOYAGE AUX ORIGINES DE LA TERRE**

- **Yavar Abbas** / Réalisateur

<https://www.youtube.com/watch?v=EvY8Mixomao&t=3s>

<http://www.france3.fr/emissions/thalassa/les-dossiers/l-origine-des-oceans>

[http://www.pourlascience.fr/ewb\\_pages/a/actu-formation-de-la-terre-entre-accretion-et-erosion-36012.php](http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/actu-formation-de-la-terre-entre-accretion-et-erosion-36012.php)

<http://www.astrosurf.com/macombes/lfb98-chap13.htm>

<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/impact.html>

**Extrait du livre "LA TERRE BOMBARDÉE"**, de Michel-Alain Combes

Scencie & Vie, *paradis extrasolaires, il existe des terres plus vivables que la nôtre*, 15 Juin 2015

<http://www.science-et-vie.com/galerie/vie-extraterrestre-elle-est-possible-sans-eau-avec-seulement-du-methane-liquide-5773>

<https://www.youtube.com/watch?v=Xkyt0A9qeLM>

<https://www.youtube.com/watch?v=h8Y351x8tr4>

<http://www.futura-sciences.com/planete/actualites/paleontologie-il-y-4-milliards-annees-vie-aurait-pu-resister-cataclisme-19383/>

<http://tout-sur-tout.info/comment-la-terre-sest-elle-formee/>

[http://www.clauderioland.com/histoire/les\\_origines\\_de\\_la\\_vie.htm](http://www.clauderioland.com/histoire/les_origines_de_la_vie.htm)

<http://acces.ens-lyon.fr/acces/terre/limites/Temps/allee/comprendre/les-etapes-de-la-formation-de-la-terre>

<https://www.youtube.com/watch?v=x1QTc5YeO6w>

<http://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/systeme-solaire-origine-lune-nouveau-collision-theia-terre-maj-61452/>

<https://www.youtube.com/watch?v=WGTBJHFNywl>

[http://www.fossilmuseum.net/Tree\\_of\\_Life/Stromatolites.htm](http://www.fossilmuseum.net/Tree_of_Life/Stromatolites.htm)

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

Science et vie, mai 2016 n°831 « *comment la vie est apparue.* »

*Le soleil, la Terre... la vie*, La quête des origines, de Muriel Gargaud, Hervé Martin, Purificacion Lopez-Garcia, Thierry Montmerle et Robert Pascal, éditions belin

*Poussière d'étoiles*, d'Hubert Reeves

<http://www.christianjuliablog.fr/Et-si-nous-etions-vraiment-seuls.html#form2>

[http://dinosoria.com/naissance\\_terre.htm](http://dinosoria.com/naissance_terre.htm)

<https://sciencetonnante.wordpress.com/2011/10/17/l'experience-de-miller-sur-l'apparition-de-la-vie/>

[http://www.objet-celeste.wikibis.com/theia\\_\(planete\).php](http://www.objet-celeste.wikibis.com/theia_(planete).php)

<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-fluide-supercritique-1984/>

<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-asteroide-870/>

[http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-comete-2498/\\*](http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-comete-2498/*)

<http://www.hominides.com/html/dossiers/methode-datation.php>

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

<https://www.youtube.com/watch?v=y0TWpqm4rNM>

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

# Synthèse écrite

## personnelle des TPE

GUILLEBON

Claire

1erS1

Autre membre du groupe : Raffaëlle BONA et Irina DELAMARE

Thème : Matière et formes

Sujet : La Genèse de la Vie

Problématique : Comment et dans quelles circonstances s'est déroulé l'abiogenèse de la vie sur terre?

Le thème que nous avons choisi est matière et forme. A partir de ce thème nous avons déterminé un sujet : La genèse de la vie sur terre, qui associe de manière proportionnée la SVT et la Physique-chimie. Nous nous sommes donc demandés comment s'est déroulée l'abiogenèse de la vie sur terre ?

### I. Raisons du choix du sujet

Nous avons choisi notre sujet *La genèse de la vie sur Terre* tout d'abord parce que nous étions toutes intéressées par la vie en générale. En effet la plupart des sujets abordés et sur lesquels nous voulions travailler avaient un rapport avec la vie.

Contrairement à d'autres sujets évoqués, nous éprouvions toutes un vif intérêt quant à l'origine de la vie sur terre et aucune d'entre nous n'a pu proposer un meilleur sujet d'étude.

Il m'a particulièrement plu parce que je suis captivée par l'exobiologie que j'ai découvert au travers de nombreux articles que je lisais dans différents magazines scientifiques.

Je trouve que l'éventuelle présence de vie sur d'autres planètes est un sujet fascinant.

Cependant, ma méconnaissance des origines de la vie sur terre m'a fait prendre conscience de la chronologie des recherches que j'avais à effectuer avant de pouvoir m'intéresser à l'apparition de la vie sur d'autres planètes.

Je possédais déjà de maigres connaissances sur le sujet que j'ai donc souhaité approfondir.

De plus, notre premier sujet étant l'évolution de la vie, cela nous a influencé dans notre choix.

L'apparition de la vie constitue un dossier qui fait appel, à part égale, à la SVT et à la Physique-chimie, comme le préconisait notre étude de TPE.

En plus d'être un sujet qui nous tenait à cœur, il répondait donc aux critères de notre TPE. Cela fut finalement une parfaite occasion d'enrichir nos connaissances.

## II. Parcours suivi

Il nous a tout de suite paru évident que le thème qui nous correspondait le mieux était celui de matière et forme. Nous nous sommes penchées dès le début sur les notions de matière, d'antimatière et le lien entre matière et vie. Déjà le mot vie était au centre de notre sujet.

Après avoir proposé comment la matière constitue la vie, nous nous sommes proposées d'étudier la "sixième grande extinction" que nous avons finalement jugée trop peu abordée et trop récente pour pouvoir en faire un TPE poussé. Puis nous avons pensé à étudier la "crise crétacée tertiaire", l'évolution de la vie et l'exobiologie. L'ensemble de ces sujets inachevés nous a entraîné, de manière indirecte, à nous renseigner sur l'origine de la vie. Cela ayant attisé notre curiosité nous avons donc choisi la genèse de la vie sur Terre.

## III. Bilan personnel du travail

Le TPE m'a apporté beaucoup plus que je ne l'aurais imaginé. Je pense qu'il m'a permis de devenir plus mature et m'a appris à me prendre en charge.

En effet, devoir travailler seule et en groupe, faire des recherches par moi-même et contacter des chercheurs m'ont initié à ma future vie d'adulte. Je pense que cela m'a permis de gagner en autonomie en plus d'apprendre à écouter les autres même lorsque je suis d'avis contraire. J'ai également pu développer mon sens critique.

L'écoute des objections de mes camarades et de leurs critiques sur mon travail n'a pas toujours été simple mais leurs conseils se sont avérés être enrichissants.

Bien que nous ayons eu quelques soucis liés au travail pluridisciplinaire, nous sommes tout de même parvenues à monter un projet que nous espérons cohérent dans le respect

mutuel, dans une bonne humeur continuelle et au final, avec plein de bons souvenirs à partager.

Pour conclure, le TPE a été dans notre cas, une excellente expérience.

#### IV. Bibliographie

[http://www.pourlascience.fr/ewb\\_pages/a/actu-formation-de-la-terre-entre-accretion-et-erosion-36012.php](http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/actu-formation-de-la-terre-entre-accretion-et-erosion-36012.php)

<http://www.astrosurf.com/macombes/lfb98-chap13.htm>

<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/impact.html>

**Extrait du livre "LA TERRE BOMBARDÉE"**, de Michel-Alain Combes

Scencie & Vie, *paradis extrasolaires, il existe des terres plus vivables que la nôtre*, 15 Juin 2015

<http://www.science-et-vie.com/galerie/vie-extraterrestre-elle-est-possible-sans-eau-avec-seulement-du-methane-liquide-5773>

<https://www.youtube.com/watch?v=Xkyt0A9qeLM>

<https://www.youtube.com/watch?v=h8Y351x8tr4>

<http://www.futura-sciences.com/planete/actualites/paleontologie-il-y-4-milliards-annees-vie-aurait-pu-resister-cataclysm-19383/>

<http://tout-sur-tout.info/comment-la-terre-sest-elle-formee/>

[http://www.clauderioland.com/histoire/les\\_origines\\_de\\_la\\_vie.htm](http://www.clauderioland.com/histoire/les_origines_de_la_vie.htm)

<http://acces.ens-lyon.fr/acces/terre/limites/Temps/allee/comprendre/les-etapes-de-la-formation-de-la-terre>

<https://www.youtube.com/watch?v=x1QTc5YeO6w>

<http://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/systeme-solaire-origine-lune-nouveau-collision-theia-terre-maj-61452/>

<https://www.youtube.com/watch?v=WGTBJHFNywl>

[http://www.fossilmuseum.net/Tree\\_of\\_Life/Stromatolites.htm](http://www.fossilmuseum.net/Tree_of_Life/Stromatolites.htm)

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

Science et vie, mai 2016 n°831 « *comment la vie est apparue.* »

*Le soleil, la Terre... la vie*, La quête des origines, de Muriel Gargaud, Hervé Martin, Purificacion Lopez-Garcia, Thierry Montmerle et Robert Pascal, éditions belin

*Poussière d'étoiles*, d'Hubert Reeves

<http://www.christianjuliablog.fr/Et-si-nous-etions-vraiment-seuls.html#form2>

[http://dinosoria.com/naissance\\_terre.htm](http://dinosoria.com/naissance_terre.htm)

<https://scienctonnante.wordpress.com/2011/10/17/lexperience-de-miller-sur-lapparition-de-la-vie/>

[http://www.objet-celeste.wikibis.com/theia\\_\(planete\).php](http://www.objet-celeste.wikibis.com/theia_(planete).php)

<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-fluide-supercritique-1984/>

<http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-asteroide-870/>

[http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-comete-2498/\\*](http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-comete-2498/*)

<http://www.hominides.com/html/dossiers/methode-datation.php>

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

<http://www.20minutes.fr/sciences/2019731-20170224-decouverte-sept-exoplanetes-si-elles-habitable-colonisation-planetes-possible>

<http://www.linternaute.com/actualite/monde/1366431-decouverte-d-exoplanetes-a-quoi-ressemblent-trappist-1f-et-ses-cousines-photos-et-exploration-3d-23-02-2017/>

<https://www.youtube.com/watch?v=y0TWpqm4rNM>

<http://newsroom.ucla.edu/releases/life-on-earth-likely-started-at-least-4-1-billion-years-ago-much-earlier-than-scientists-had-thought>

<https://www.youtube.com/watch?v=y0TWpqm4rNM>

## **Documentaire VOYAGE AUX ORIGINES DE LA TERRE**

- **Yavar Abbas** / Réalisateur

<https://www.youtube.com/watch?v=EvY8Mixomao&t=3s>

<http://www.france3.fr/emissions/thalassa/les-dossiers/l-origine-des-oceans>