

Exposition

Les origines de la vie
Les origines de la vie



EXPOSITION

Dans toutes les civilisations, l'homme a été intrigué par ses origines et par l'origine de la vie.



Dossier de présentation

Exposition itinérante réalisée par :

Centre-Sciences, CCSTI de la région Centre

Le Centre de Biophysique Moléculaire du
CNRS d'Orléans

avec le soutien :

du Ministère de la Recherche
et du Conseil régional du Centre

Les origines de la vie

La Terre accueille aujourd'hui non moins de 2.500.000 espèces d'animaux et près de 450 000 espèces végétales. Mais quel est le processus qui a permis à la vie d'apparaître et d'évoluer sur la Terre ?

Pour répondre à cette question, les hommes recherchent grâce à de multiples hypothèses et expérimentations comment se sont formées les briques du vivant, l'origine des molécules organiques. Mais surtout, notre attention se porte sur l'incroyable reproduction à l'identique du patrimoine génétique contenu dans l'ADN (acide désoxyribonucléique).

"Les origines de la vie" présente donc, grâce à 14 panneaux et onze manipulations interactives, les hypothèses actuelles et les recherches en cours sur le sujet. Dans le dernier îlot thème de cette exposition, l'accent est mis sur les interrogations quant à l'existence de vies extraterrestres.

Thèmes abordés par les panneaux :

Ours - Il était une fois la vie

0 - Avant la vie, la Terre !

1 - Qu'est-ce que la vie ?

2 - Imaginer le passé

3 - La soupe primitive

4 - La vie refabriquée

5 - L'hypothèse du fond des mers

6 - Une aide venue du ciel ?

7 - Les briques de la vie

8 - L'auto-reproduction

9 - Les plus anciens fossiles

10 - L'eau entre Mars et Vénus

11 - A la recherche d'autres planètes

12 - La vie ailleurs ?

Thèmes abordés par les manipulations :

1 - Organique ou minéral ?

2 - Le livre "blanc" de la vie sur Terre

3 - La soupe primitive

4 - L'expérience de Miller

5 - Les conditions extrêmes

6 - L'hypothèse extraterrestre

7 - Les premières briques de la vie

8 - L'autoreproduction

9 - Les stromalites

10 - L'eau ailleurs

11 - Le message des sondes Pioneer, le "son" du ciel, message d'Arecibo

Composition

14 panneaux PVC 3 mm 130 x 54 cm

14 plaques PVC 70 x 22 cm (option traduction)

11 manipulations à poser sur tables

Surface nécessaire : 80 m²

Mobilier non fourni

Électricité à prévoir

Niveau : tout public

Conditionnement

4 caisses - 2 m³ - 150 kg

Les panneaux



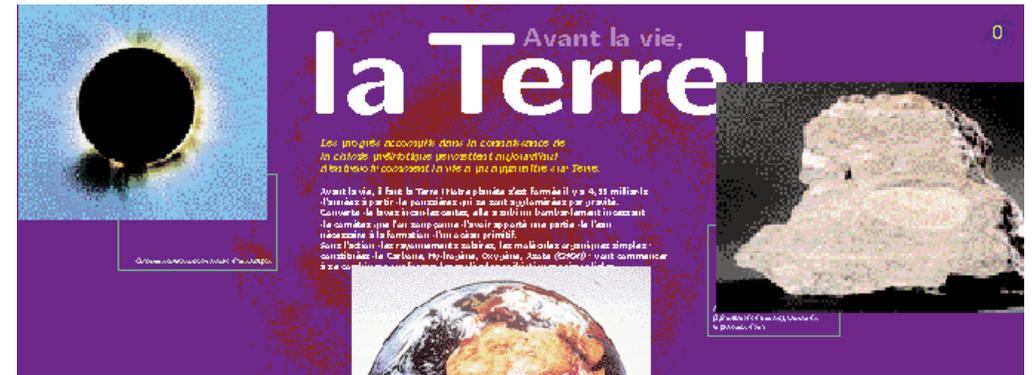
Il était une fois la vie

Exposition conçue et réalisée par
Centre-Sciences, CCSTI de la région Centre,
avec le concours scientifique de
André Brack, CBM-CNRS d'Orléans,

et le soutien de :
Secrétariat d'État à la Recherche,
Conseil régional du Centre,
DRAC-Centre,
Centre National des Lettres.

Conception et réalisation graphique :
Zinzoline, Jean-Samuel Roux, Orléans.
Fabrication graphique : API, Orléans.
Scannerisation : MCP, Saran.
Objets et maquettes de manipulation :
Olivier Renard, Orléans.

photos :
- La vie dans une forêt à l'ère carbonifère il y a 300 millions d'années.
- Le Soleil au-dessus des glaces du pôle.



Avant la vie, la Terre !

Les progrès accomplis dans la connaissance de la chimie
prébiotique permettent aujourd'hui d'entrevoir comment la
vie a pu apparaître sur Terre.

Avant la vie, il faut la Terre ! Notre planète s'est formée il y a
4,55 milliards d'années à partir de poussières qui se sont agglomérées
par gravité. Couverte de laves incandescentes, elle a subi un
bombardement incessant de comètes que l'on soupçonne d'avoir
apporté une partie de l'eau nécessaire à la formation d'un océan
primitif.
Sous l'action des rayonnements solaires, les molécules organiques
simples - constituées de Carbone, Hydrogène, Oxygène, Azote (CHON)
- vont commencer à se combiner pour former les molécules
prébiotiques primordiales.

photos :
- Couronne solaire observée lors d'une éclipse.
- La plus vieille roche d'origine sédimentaire (3,8 milliards d'années),
témoin de la présence d'eau.



Qu'est-ce que la vie ?

**Qu'est-ce qui différencie un cristal d'une bactérie ?
Qu'y a-t-il de commun entre une bactérie et un être humain ?
Comment définir la vie avec, comme seul exemple, la vie sur Terre ?**

Pour Jacques Monod, est vivant tout ce qui manifeste un projet, participe à sa réalisation et produit au moins une copie de soi-même. (*Le hasard et la nécessité*, 1970, éd. Point Seuil).
Pour André Brack, qui travaille aujourd'hui sur ce sujet, la vie réduite à sa plus simple expression c'est la capacité à se reproduire, avec quelques erreurs nécessaires à l'évolution. Plus schématiquement, c'est une organisation particulière de molécules organiques dans l'eau.

photos :
- La division cellulaire, une caractéristique de la reproduction.
- Rechercher les origines de la vie, c'est enquêter aux frontières du vivant.
Ainsi, le cristal n'est pas vivant car il se duplique sans mutation.



Imaginer le passé

Depuis 4 milliards d'années, la vie a profondément modifié, voire effacé tout ce qui a servi à sa constitution. Les organismes primitifs devaient être beaucoup moins complexes que les systèmes vivants que nous connaissons aujourd'hui.

Pour décrire ces premiers éléments, le scientifique, biochimiste ou biologiste, peut s'inspirer du vivant actuel ou imaginer, de toutes pièces, des modèles très différents de ce qu'il connaît. Pour fixer son modèle, il doit d'abord camper le décor. Et, ensuite, essayer de reproduire, en laboratoire, les grandes étapes de son scénario.

Photos :
- Les cratères lunaires donnent une idée de l'intensité des bombardements subis par la Terre il y a 3 à 4 milliards d'années.
- La Terre primitive était bombardée d'éclairs, de pluies diluviennes et de... météorites.
- Ces bombardements ont pu imposer à la vie des naissances répétées ("Météor Crater" plus connu sous le nom du "Canyon du Diable" en Arizona).

La soupe primitive

Les premières cellules vivantes ont apparu sur Terre il y a 4 milliards d'années à l'aide de :

- Eau liquide,
- molécules organiques constituées d'atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote,
- l'énergie fournie par les éclairs et les rayons ultraviolets du Soleil.

Pour Oparin (1924), cette "soupe" s'est développée très lentement à partir d'une atmosphère primitive très différente de ce qu'elle est aujourd'hui : ni oxygène, ni gaz carbonique, ni azote mais du méthane, de l'hydrogène, de l'ammoniac et de la vapeur d'eau.

Éléments	Terre	Cosmos
Carbone	17,90	0,34
Hydrogène	10,50	70,00
Oxygène	71,00	0,92
Azote	0,23	0,12

La soupe primitive

Les premières cellules vivantes sont apparues sur Terre il y a 4 milliards d'années à l'aide de :

- d'eau liquide,
 - de molécules organiques constituées d'atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote,
 - d'énergie fournie par les éclairs et les rayons ultraviolets du Soleil.
- Pour Oparin (1924), cette "soupe" s'est développée très lentement à partir d'une atmosphère primitive très différente de ce qu'elle est aujourd'hui : ni oxygène, ni gaz carbonique, ni azote mais du méthane, de l'hydrogène, de l'ammoniac et de la vapeur d'eau.

Éléments	Terre	Cosmos
Carbone	17,90	0,34
Hydrogène	10,50	70,00
Oxygène	71,00	0,92
Azote	0,23	0,12

- photos :
- Abondances relatives, en pourcentages massiques, des atomes dans la biomasse, sur Terre et dans le cosmos.
 - Le règne animal et le règne végétal utilisent le même élément de base : la cellule que l'on cherche à modéliser pour reconstruire la cellule primitive.
 - La Terre, dont 70 % de la surface est couverte d'eau.

La vie refabriquée

1953 : l'Américain Stanley Miller réalise la première expérience en laboratoire.

Depuis, on a montré que : dans un mélange gazeux constitué de méthane, d'ammoniac, d'hydrogène et d'eau soumis à l'action d'un arc électrique, il est possible de reconstituer la plupart des acides aminés, premières briques constitutives des protéines.

Si le méthane facilite la formation des briques du vivant, François Raulin a montré qu'il n'en est pas du tout de même avec le dioxyde de carbone.

Or, dans les hypothèses actuelles, l'eau liquide n'a pu être maintenue sur Terre que grâce à un effet de serre lié à la présence d'importantes quantités de dioxyde de carbone. Il faut peut-être chercher ailleurs l'origine des molécules organiques.

La vie refabriquée

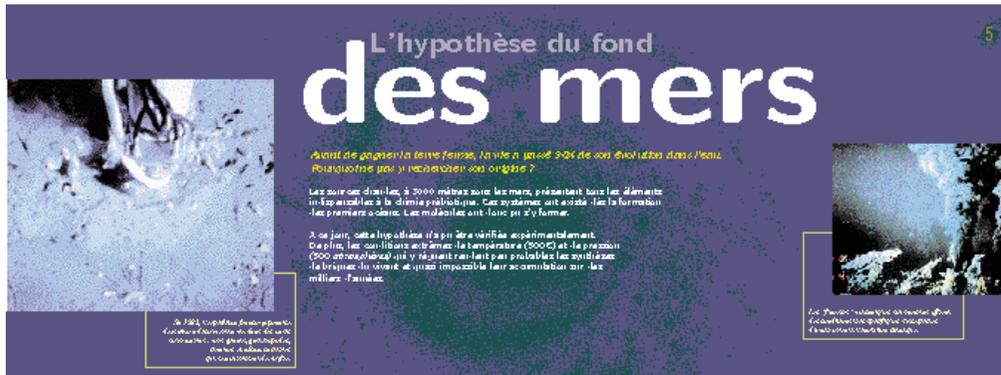
1953 : l'Américain Stanley Miller réalise la première expérience en laboratoire.

Depuis, on a montré que : dans un mélange gazeux constitué de méthane, d'ammoniac, d'hydrogène et d'eau soumis à l'action d'un arc électrique, il est possible de reconstituer la plupart des acides aminés, premières briques constitutives des protéines.

Si le méthane facilite la formation des briques du vivant, François Raulin a montré qu'il n'en est pas du tout de même avec le dioxyde de carbone.

Or, dans les hypothèses actuelles, l'eau liquide n'a pu être maintenue sur Terre que grâce à un effet de serre lié à la présence d'importantes quantités de dioxyde de carbone. Il faut peut-être chercher ailleurs l'origine des molécules organiques.

- Photos :
- Stanley Miller et son expérience.
 - Pour trouver les origines de la vie il faut rechercher comment se sont formées les briques du vivant.



L'hypothèse du fond des mers

Avant de gagner la terre ferme, la vie a passé 90 % de son évolution dans l'eau.

Pourquoi ne pas y rechercher son origine ?

Les sources chaudes, à 3000 mètres sous les mers, présentent tous les éléments indispensables à la chimie prébiotique. Ces systèmes ont existé dès la formation des premiers océans. Les molécules ont donc pu s'y former. À ce jour, cette hypothèse n'a pu être vérifiée expérimentalement.

De plus, les conditions extrêmes de température (300 °C) et de pression (300 atmosphères) qui y règnent rendent peu probables les synthèses de briques du vivant et quasi impossible leur accumulation sur des milliers d'années.

Photos :

- En 1985, l'expédition franco-japonaise de Kaïko a découvert la vie dans ces oasis sous-marines : vers géants, gastéropodes, bivalves et même bactéries qui se nourrissent de soufre.
- Les "fumeurs" volcaniques sous-marins offrent des conditions très spécifiques susceptibles d'avoir orienté l'évolution chimique.



Une aide venue du ciel ?

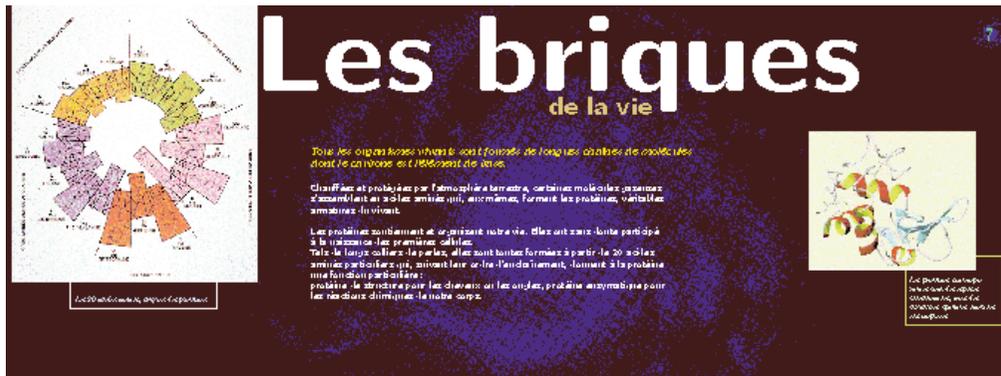
Dès la formation du système solaire, il y a 4,5 milliards d'années, comètes et météorites ont déposé toutes sortes de poussières et cailloux sur la Terre primitive.

On évalue aujourd'hui à 20 g/cm² la matière organique déposée ainsi sur Terre, soit 100 fois la quantité de carbone engagé dans la biomasse actuelle. Comme le montrent les échantillons de glace bleue recueillis dans l'Antarctique, même les micrométéorites supportent le choc thermique lors de leur entrée dans l'atmosphère terrestre.

Ces particules cosmiques, extrêmement poreuses, une fois plongées dans l'eau liquide, présentent toutes les qualités requises pour formuler de nouvelles hypothèses : les briques de la vie venues de l'espace !

Photos :

- Comète de Halley 1910 : À ce jour les radioastronomes ont identifié dans l'espace interstellaire plus de 60 molécules organiques. Certaines molécules ont ainsi été détectées dans la comète de Halley en 1986.
- Micrométéorite collectée dans la glace bleue de l'Antarctique.
- Modèle chimique d'un grain interstellaire.- Comète de Halley.



Les briques de la vie

Tous les organismes vivants sont formés de longues chaînes de molécules dont le carbone est l'élément de base.

Chauffées et protégées par l'atmosphère terrestre, certaines molécules gazeuses s'assemblent en acides aminés qui, eux-mêmes, forment les protéines, véritables armatures du vivant.

Les protéines soutiennent et organisent notre vie. Elles ont sans doute participé à la naissance des premières cellules.

Tels de longs colliers de perles, elles sont toutes formées à partir de 20 acides aminés particuliers qui, suivant leur ordre d'enchaînement, donnent à la protéine une fonction particulière : protéine de structure pour les cheveux ou les ongles, protéine enzymatique pour les réactions chimiques de notre corps.

Photos :

- Les 20 acides aminés, briques des protéines.
- Les protéines contemporaines sont des espèces sélectionnées, avec des structures spatiales évoluées et complexes.



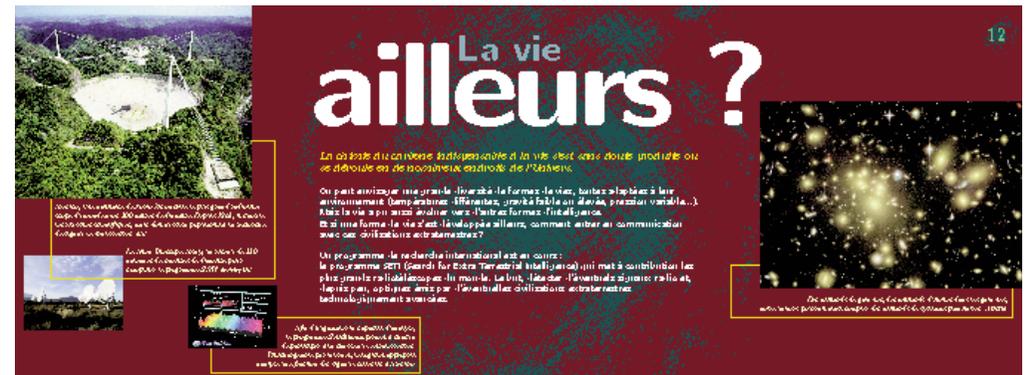
L'auto-reproduction

L'auto-reproduction est un des caractères fondamentaux de la vie.

Chaque cellule d'un être vivant contient, dans son noyau, une même longue chaîne moléculaire : l'ADN ou l'acide désoxyribonucléique. L'ADN est une molécule double, les deux brins formant une double hélice comme l'escalier du Château de Chambord. Lorsque la cellule se reproduit, les deux brins sont séparés puis recopiés. On obtient deux molécules d'ADN identiques. L'une des deux est transmise à la nouvelle cellule qui contient alors tout le programme génétique du futur être vivant. Comment les premiers organismes ont-ils acquis cette incroyable faculté de reproduction à l'identique ? Voilà l'une des questions que se posent aujourd'hui les chercheurs.

Photos :

- Les deux brins de l'hélice d'ADN s'enlacent comme les deux fibres d'un fil. (Images de synthèse). Une cellule n'applique pas aveuglément tout son programme génétique. Elle l'ajuste en fonction de son environnement et de son passé. Seuls quelques gènes "s'expriment", les autres restent inactifs.
- Acide nucléique codant l'information génétique à partir de quatre bases.



À la recherche d'autres planètes

Y a-t-il d'autres planètes semblables à la Terre tournant autour d'autres étoiles ?

Fin 1995, les astronomes suisses Michel Mayor et Didier Queloz découvrent la première planète extrasolaire autour de l'étoile 51 de la constellation de Pégase. Aujourd'hui, notre système solaire n'est plus unique, plusieurs dizaines de planètes très massives et de nature gazeuse comme Jupiter ont été détectées autour d'autres étoiles. La détection de planètes telluriques, similaires à la Terre dotée d'une atmosphère et donc susceptibles d'abriter la vie n'est pas facile. Les observations sont rendues difficiles par la brillance des étoiles obligeant les astronomes à développer de nouveaux outils pour les détecter et étudier ces planètes depuis la Terre et bientôt depuis l'espace.

Photos :

- 1984 : Premiers pas dans la recherche des planètes, la découverte d'un disque protoplanétaire autour de l'étoile Béta Pictoris distante de 63 années-lumière.
- Le satellite Corot permet l'étude des phénomènes physiques se produisant à l'intérieur des étoiles pour détecter de nombreuses planètes extrasolaires. L'ambition est d'être la première expérience spatiale capable de découvrir des planètes telluriques. Illustration D. Ducros - CNES
- Vue d'artiste d'une exoplanète tellurique autour d'une étoile naine rouge-ESO

La vie ailleurs ?

La chimie du carbone indispensable à la vie s'est sans doute produite ou se déroule en de nombreux endroits de l'Univers.

On peut envisager une grande diversité de formes de vies, toutes adaptées à leur environnement (températures différentes, gravité faible ou élevée, pression variable...). Mais la vie a pu aussi évoluer vers d'autres formes d'intelligence. Et si une forme de vie s'est développée ailleurs, comment entrer en communication avec ces civilisations extraterrestres ?

Un programme de recherche international est en cours : le programme SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence) qui met à contribution les plus grands radiotélescopes du monde. Le but, détecter d'éventuels signaux radio et, depuis peu, optiques émis par d'éventuelles civilisations extraterrestres technologiquement avancées.

Photos :

- Arecibo, l'île antillaise de Porto Rico abrite le plus grand radiotélescope du monde avec 300 mètres de diamètre. Depuis 1963, il cumule les réussites scientifiques, mais doit aussi sa popularité à la recherche de signaux extraterrestres. – ICC
- Le Allen Telescope Array, un réseau de 350 antennes de 6 mètres de diamètre pour compléter le programme SETI. - Berkeley UC.
- Afin d'augmenter la capacité d'analyse, le programme Seti@home permet à chacun de participer à la chasse aux extraterrestres. Téléchargeable par internet, le logiciel approprié analyse une fraction des signaux collectés à Arecibo.
- Des milliards de galaxies, des milliards d'étoiles dans les galaxies, notre univers pourrait ainsi compter des milliards de systèmes planétaires – HST/ESA

Les manipulations



Organique ou Minéral ?

L'histoire de la vie, c'est le passage de l'inerte au vivant.
Quel en est le véritable scénario ?

C'est la question que se posent les chimistes du vivant.

Dans la nature les atomes s'associent en molécules et peuvent ainsi édifier de grandes structures minérales et rocheuses régies par la chimie minérale.

Il existe également une famille de molécules bâties sur un squelette d'atomes de carbone associant hydrogène, oxygène, azote. La chimie organique structure ces molécules et elle est à la base de l'apparition de la vie.

Que faire ?

Retrouvez ces objets :

sucres, eau, huile, plastique, béton, pyrite, charbon, bois, sel, verre, zinc, fossile, pétrole, savon, papier.

Parmi ces éléments, quels sont ceux qui sont d'une origine organique ou minérale ?



Le livre "blanc" de la vie

En l'absence d'indices très anciens sur Terre, le chimiste travaillant sur les origines de la vie doit faire appel à son imagination pour élaborer un scénario. Il doit également concevoir les expériences afin de légitimer le scénario proposé.

La Terre a 4,55 milliards d'années et l'ensemble de notre système solaire s'est formé à partir d'une même nébuleuse.

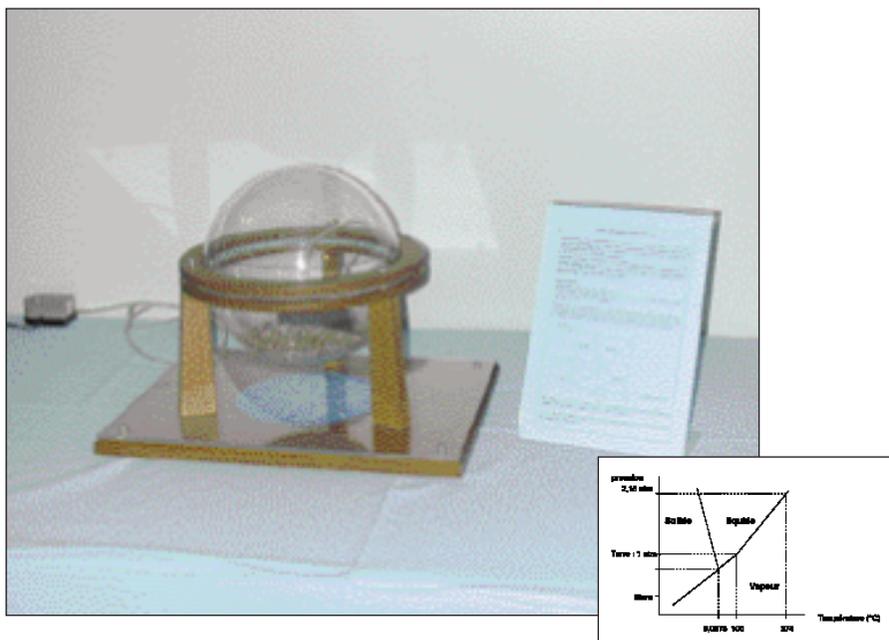
La vie est, semble-t-il, apparue assez rapidement. Mais les traces d'apparition du vivant ne sont plus observables aujourd'hui.

Qui a contribué à effacer tous ces indices ?

- L'histoire de la Terre et en particulier la tectonique des plaques a remodelé les roches anciennes.
- L'eau liquide, élément primordial dans l'apparition de la vie, est par sa présence un facteur d'érosion.
- Le développement de la vie qui a détruit toute trace de vie primitive.

Que faire ?

Dans ce livre, vous trouverez les grandes étapes de l'histoire de la Terre, de l'origine à nos jours. Tournez une page et 45 millions d'années s'écoulent ! À quelle page apparaît la vie ? l'Homme ?



La soupe primitive

Notre corps est composé à 70 % d'eau; c'est dans l'eau et avec l'eau que le façonnage de molécules organiques complexes à partir de molécules plus simples a pu aboutir à une vie primitive.

Ce scénario a eu lieu il y a 4 milliards d'années.

Quelle que soit l'origine des molécules simples (apport de météorites ou de comètes, sources chaudes sous-marines) l'eau a joué un rôle fondamental avec une caractéristique primordiale : c'est le meilleur solvant.

Que faire ?

Regardez cette eau, est-elle pure ?

L'eau pure n'existe pas dans la nature, elle possède toujours des particules, molécules ou gaz dissous.

Observez ce diagramme, il s'agit du diagramme de phase de l'eau montrant les domaines d'existence de la glace, de l'eau liquide et de la vapeur en fonction de la température mais aussi de la pression.

Regardez sur Terre (pression de 1 atmosphère), à quelle température la glace fond-elle, et passe-t-elle à l'état vapeur ?

Pour la planète Mars (pression 100 fois plus faible à la surface), l'eau peut-elle être liquide ?



L'expérience de Miller

En 1953, l'expérience de Stanley Miller conforte l'hypothèse d'Oparin qui pensait que l'atmosphère primitive de la Terre était dominée par le méthane (CH_4), une forme dite réduite du carbone.

À partir d'un mélange de méthane, d'ammoniac, d'hydrogène et d'eau et le soumettant à l'action de décharges électriques simulant les orages de la Terre primitive, S. Miller identifia 4 des 20 acides aminés qui interviennent dans la synthèse des protéines et 2 molécules organiques simples :

l'acide cyanhydrique (HCN) et le formaldéhyde (HCHO).

Ces 2 molécules interviennent dans la plupart des réactions chimiques qui conduisent aux molécules biologiques, briques de la vie.

Après diverses expériences, les chimistes ont pu synthétiser 17 des 20 acides aminés ainsi que certains éléments constitutifs des acides nucléiques de l'ADN.

Cependant, aujourd'hui le doute s'installe, la Terre était-elle dominée par du méthane ou du gaz carbonique ?

Après divers essais en remplaçant le méthane par le gaz carbonique, il semble impossible de synthétiser les molécules organiques simples.

Faut-il trouver ailleurs l'origine de ces molécules ?



Les conditions extrêmes

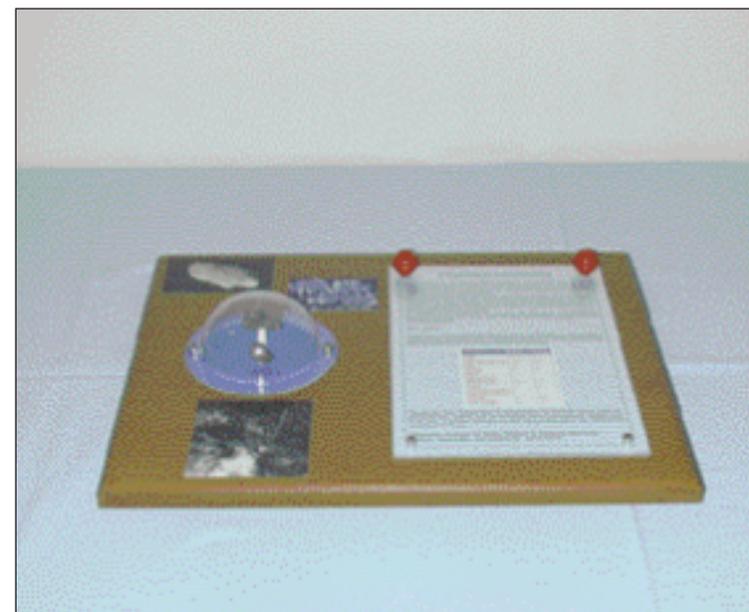
La Terre, depuis 4,5 milliards d'années, a sans cesse évolué, tant au niveau de la vie qu'au niveau de son environnement.

Il existe pourtant des milieux aux conditions extrêmes où la vie a réussi à se maintenir ou à se développer.

Que faire ?

Découvrez quelques milieux extrêmes et leurs habitants.

Le protée, la rainette, le poisson des glaces, le manchot, les tardigrades, les vallées sèches, le scorpion d'eau, les fumeurs noirs, le scolopendre.



L'hypothèse extraterrestre

La chimie organique est particulièrement active dans le milieu interstellaire. Les comètes, astéroïdes et météorites sont riches en carbone, d'où l'hypothèse spatiale pour les molécules organiques simples intervenant dans l'origine de la vie. Ces corps célestes ont pu apporter de grandes quantités de matière organique sur Terre pendant la phase de bombardement intense des premiers millions d'années.

On estime à 100 milliards de milliards de grammes la quantité de carbone déposée sur Terre, soit 100 fois le carbone engagé dans la biomasse actuelle.

Que faire ?

Observez ces météorites, leur surface a subi un échauffement intense lors de la rentrée dans l'atmosphère. Malgré cela, 8 acides aminés ont déjà été découverts dans les météorites tombées sur Terre.

Météorites : Canyon del Diablo (Arizona) et d'Allende (Mexique)

Photos : astéroïdes - micrométéorite - étoile filante.

Observez la similitude des proportions de molécules organiques obtenues par synthèse avec l'expérience de Miller et celles découvertes dans la météorite de Murchison tombée en Australie.



Les premières briques de la vie!

Le premier système vivant était-il une cellule rudimentaire?
 Selon cette hypothèse la première cellule devait faire appel à 3 familles de molécules :

- les molécules formant une membrane pour isoler la cellule.
- les molécules réactives : les protéines.
- les molécules informatives : les acides nucléiques permettant de stocker et de copier l'information.

L'œuf ou la poule ?

Un problème demeure : les protéines requièrent l'intervention des acides nucléiques et inversement. D'où une nouvelle formulation du problème de l'œuf et de la poule. Qui fut le premier, protéine ou acide nucléique ?

Que faire ?

Huit questions de base sur les briques de la vie : essayez de répondre sinon soulevez.

Photos : Structure tridimensionnelle d'une protéine - Microgouttelettes



La photocopie de la vie

L'ADN constitue tout le programme génétique d'un être vivant qu'il soit animal, végétal ou microbe. C'est un long filament constitué de 4 molécules de base - adénine (a), cytosine (c), lthymine (t) et guanine (g) - dont l'assemblage forme le code génétique. Lorsqu'une cellule se reproduit, l'ADN se pelotonne en unités visibles, les chromosomes. Molécule en forme de double hélice, chaque brin d'ADN est le miroir de l'autre. Lorsque la cellule se multiplie, les 2 brins se séparent et se recopient. On obtient deux molécules identiques dont l'une sera transmise à l'autre cellule.

Que faire ?

Dupliquez l'ADN. La duplication se fait toujours 3 par 3 (codon) et respecte la règle suivante :

adénine s'associe avec thymine et cytosine s'associe avec guanine.

Si une erreur se glisse pendant la copie, il y a mutation et le gène change. Le premier être vivant avait donc la capacité de se reproduire avec parfois des erreurs nécessaires à l'évolution. Les chimistes tentent de retrouver cet ADN ancestral de la première cellule.



Les stromatolites

Ces plus anciens fossiles, encore vivants de nos jours, représentent les premières formes connues de vie végétale. Il s'agit de constructions faites par des algues bleues (cyanobactéries) et des minéraux.

Des restes de stromatolites vieux de 3,5 milliards d'années révèlent des alignements de cellules ressemblant aux bactéries modernes.

Que faire ?

Retrouvez les noms de ces anciennes cellules :

- 1 - filament mince
- 2 - filament délicat
- 3 - filament en croissant
- 4 - filament très fin
- 5 - filament gracieux
- 6 - cyanobactérie filamenteuse discoïde
- 7 - cyanobactérie filamenteuse grande
- 8 - cyanobactérie filamenteuse géante



L'eau ailleurs

La molécule d'eau résulte de la combinaison de deux atomes très répandus dans l'univers : l'hydrogène qui représente à lui seul 70 % de la masse totale de l'univers et l'oxygène pour 0,92 %.

Les molécules d'eau sont donc relativement abondantes mais sous des états différents : solide (glace), liquide (eau) et gazeux (vapeur d'eau)

Les états solides et gazeux de la molécule d'eau sont assez courants dans l'univers. Mais l'eau à l'état liquide étant plus fugace, il lui faut alors des conditions restreintes de température et de pression.

Que faire ?

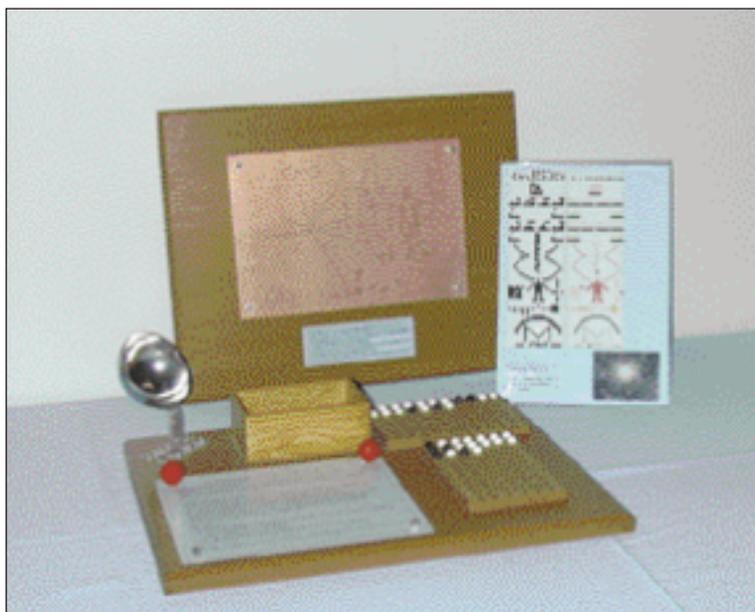
Observez ces différents objets célestes, les reconnaissez-vous ?

Soleil - Vénus - Terre - Lune - Mars

Astéroïdes - Europe - Titan - Comète - Nébuleuse.

À votre avis, lesquels possèdent de l'eau et sous quels états ?

Pour le savoir, retournez-les.



Le "son" du ciel

En radioastronomie, on reçoit les ondes électromagnétiques du domaine radio pour observer le ciel. Ainsi, par la spectroscopie, la présence de plus d'une cinquantaine de molécules de nature organique a été détectée dans le milieu interstellaire. Le domaine radio permet de comprendre l'univers mais peut également être utilisé comme messenger d'information pour une hypothétique civilisation extraterrestre; douée d'intelligence, elle pourrait détecter et peut-être décrypter un message. C'est le cas du message envoyé par le radiotélescope d'Arecibo en 1974 en direction d'un amas de plusieurs milliers d'étoiles : l'amas globulaire M13 d'Hercule. Le message se déplaçant à la vitesse de la lumière arrivera dans 30 000 années.

Que faire ?

À la manière du message d'Arecibo, un message de 77 caractères cache une lettre de l'alphabet.

Deux solutions s'offrent à vous : un dessin de 11 x 7 ou de 7 x 11 caractères.

À vous de retrouver cette lettre à l'aide des pions blancs pour "0", noirs pour "1".

Message :

```
1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1
0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1
```

Le message des sondes Pioneer :

Message placé sur les sondes spatiales Pioneer 10 et 11. Cette "Pierre de Rosette" de l'espace représente l'atome d'hydrogène qui se retourne, indiquant simultanément un étalon de distance et de temps.

Le dessin central montre la direction et la période des principaux pulsars vus depuis la Terre.

Aujourd'hui, ces sondes ont quitté notre système solaire.

Message d'Arecibo :

Crypté en langage binaire de "0" et de "1" le message contient 1679 caractères, produit de 2 nombres premiers 73 x 23. Il n'y a donc qu'une seule manière de représenter une image à partir du message codé.

Amas globulaire M13 de la constellation d'Hercule.