

LES PREMIERES TRACES DU MONDE VIVANT : l'origine de la Vie.

par M. Deschamps

Docteur ès sciences, Professeur

Table des Matières :

Introduction

1. [Les étapes de la vie](#)
2. [Les perspectives paléobotaniques et la découverte des premières traces végétales](#)
3. [Des structures organiques très anciennes](#)
4. [Le milieu dans lequel est apparue la vie](#)
5. [Lois générales de l'équilibre thermodynamique](#)
6. [Apparition de l'organisation biologique](#)
7. [Étapes de l'évolution photochimique](#)
8. [Pièces des machines biochimiques](#)
9. [Les principales substances organiques et les étapes dans la biopoïèse](#)
10. [Codage au moyen des matrices](#)
11. [Les principales voies du métabolisme : le cycle de Krebs](#)
12. [Les traces de la biosphère primitive et les étapes dans la biopoïèse. Diversités chimiques des origines de la vie](#)
13. [Les étapes de la biopoïèse \(naissance de la vie\)](#)
14. [Diversité chimique et origine de la vie](#)
15. [Quelques considérations générales en guise de conclusions](#)

Introduction.

Spinoza écrivait dans Ethique, p.IV, Prop. 67 : " Il n'est rien au sujet de quoi un homme libre pense moins qu'à la mort ; sa sagesse consiste à méditer, non sur la mort, mais sur la vie ".

Frédéric Nietzsche disait : " L'homme est chaînon entre l'animal et le surhomme : un pont sur l'abîme ".

Lil y a 3 milliards, peut-être 4 milliards d'années que la vie existe sur la Terre. Le commencement fut une espèce de cristal. Puis, la vie s'est différenciée. Le passé de celle-ci paraît incroyable quand les savants le ressuscitent.

Les primates apparaissent il y a 70 millions d'années. Ils ont mis 40 à 50 millions d'années pour parvenir à un accroissement progressif de leur taille. Il y a 30 millions d'années, ils acquéraient 32 dents. Les hommes ont mis 5 millions d'années pour redresser leur colonne vertébrale. L'homme maîtrise le feu depuis près de 200 000 ans. Il enterre ses morts depuis 100 000 ans.

Les premières traces de la vie peuvent remonter à 3 ou 4 milliards d'années. Des fossiles microscopiques ont été découverts en Afrique du Sud dans le Swaziland. Les plus anciens organismes trouvés sont des sphérules noires (algues fossiles) de 2,5 mm, datant de 3,4 milliards d'années, et montrent qu'elles étaient capables de se diviser. La vie serait née assez vite après la genèse de la Terre dans des zones argileuses proches des rivages marins riches en métaux, principalement en zinc et en nickel. Des chaînons protéiniques ont été reproduits en laboratoire, à partir de molécules simples dépourvues de vie, par James G. Lawless du centre scientifique de la N.A.S.A., de Mountain View (Californie). Andrew H. Knoll, de l'Oberlin College dans l'Ohio, a reconnu plus de 200 cellules fossiles dans les roches de l'Afrique du Sud datant de 3,4 milliards d'années. Après la condensation de la nébuleuse de gaz et de poussières stellaires, il y a 4,5 milliards d'années, la vie se serait développée durant le milliard d'années qui a suivi ce processus d'accrétion. Nous savons que la polymérase de

l'A.D.N. contient des traces de zinc et que les 20 acides aminés fondamentaux nécessaires à la constitution des protéines ont une affinité particulière pour les argiles riches en nickel. Un mécanisme de sélection naturelle représente une sorte de précurseur prébiotique favorisant la production d'acides aminés. Les processus de l'évolution de la vie peuvent être résumés de la manière suivante dans l'état actuel de nos connaissances : des aminoacides ont été identifiés dans plusieurs chondrites carbonatées (exobiologie).

Des molécules interstellaires ont été repérées par radioastronomie. Les acides aminés (NdIR il en existent 20 terrestres) connus sur la Terre sont :

a) Acides aminés aliphatiques :

Glycine R = H ;

Alanine R = CH₃ ;

Valine R = $\begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ < \\ \text{CH} \\ & \text{CH}_3 \end{array}$

Leucine

R = CH₂ - CH $\begin{array}{l} < \text{CH}_3 \\ & \text{CH}_3 \end{array}$

Isoleucine

R = CH $\begin{array}{l} < \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ & \text{CH}_3 \end{array}$

b) Acides aminés hydroxilés :

Sérine R = CH₂ - OH

Thréonine R = CHOH - CH₃

c) Acides aminés à fonction acide :

Acide aspartique R = CH₂ - COOH

Acide glutamique R = CH₂ - CH₂ - COOH

d) Acides aminés à fonction amine :

Lysine R = (CH₂)₄ NH₂

Arginine R = $\begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \text{(CH}_2\text{)}_3 \text{ NH CH} < \\ \text{NH}_2 \end{array}$

e) Acides aminés sulfurés :

Cystéine R = CH₂ - SH

Méthionine R = CH₂ - CH₂ - S - CH₃

f) Acides aminés à fonction amide :

Asparagine R = CH - CO NH₂

Glutamine R = CH₂ - CH₂ CO NH₂

g) Acides aminés aromatique :

Phénylalanine R - CH₂ + liaison aromatique

Tyrosine R - CH₂ + aromatique + OH

Tryptophane R - CH₂ - NH - romatique

h) Acides aminés hétérocycliques :

Histidine R - CH₂ - NH

Proline R - HOOC - NH

Chaque acide aminé doit correspondre à un groupe de 3 nucléotides auxquels on a donné le nom de codon ou triplet. On obtient ainsi, par ce moyen, 64 combinaisons différentes, mais on a pensé qu'il devait exister des triplets qui ne correspondaient par à un acide aminé et que certains aminés pouvaient correspondre à des triplets différents. La chaîne polynucléotidique d'A.D.N. porte le plan de la molécule protéique c'est-à-dire le mode d'enchaînement des acides aminés sous la forme d'un code à 3 lettres (information nécessaire à la construction de la protéine). L'A.D.N. est transférée au cytoplasme (transfert de l'information par le processus semi-conservatif entre un élément A.D.N. et un élément A.R.N.). La double chaîne hélicoïdale de l'A.D.N. va se rompre et une seule chaîne de polynucléotides va permettre la synthèse d'une chaîne de polynucléotides d'A.R.N. (complémentarité des bases) :

	A - U	A adénine
A.D.N.	T - A	T thymine
	C - G	U uracile
	G - C	C cytosine
		G guanine

Les protéines sont des polymères formés par l'union d'acides aminés. Le nombre de protéines formées de 50 acides aminés est de 20⁵⁰.

L'évolution chimique vers la vie s'est effectuée entre 4,6 et 3,4 milliards d'années. Entre 3,4 et 2 milliards d'années apparaissent les algues bleues, les bactéries et les êtres unicellulaires. Les organismes pluricellulaires se développent entre 1 et 2 milliards d'années, puis c'est le " boom " de l'évolution il y a 1 milliard d'années de l'ère primaire à l'ère quaternaire. Stanley Miller a reconstitué une atmosphère de méthane, d'ammoniaque, et a pu obtenir une évolution chimique en l'absence de toute espèce de vie. L'atmosphère prébiotique était probablement composée de N₃, CO₂, H₂O, H. Un métabolisme chimique prébiotique a permis la rétention d'énergie et de favoriser les accrochages entre les molécules de plus en plus complexes à partir des matériaux fondamentaux de la vie : sucres, acides aminés, bases organiques. L'énergie est intervenue dans la matière inerte, et un assemblage de certaines substances minérales permet de franchir le pas vers l'édification de la vie (énergie, décharges électriques, radiations).

L'explosion primitive consécutive au " Big Bang " a donné naissance à des systèmes solaires dans une galaxie.

Celle-là s'est effectuée en plusieurs étapes (d'après Lancelot Herrisman) :

- photons et neutrons 1 000 000 milliards de degrés K : (0,01 sec.)
- quark et électrons 300 milliards de degrés K : (0,02 sec.)
- protons et neutrons libres 30 milliards de degrés K : (1 sec.)

- premiers noyaux atomiques 10 milliards de degrés K : (13 sec.)
- deutérium et hélium 3 milliards de degrés K : (3 min.)
- H 77 % He 22 % 300 millions de degrés K : (36 min.)
- atomes (organisation chimique) 100 millions degrés K : (700 000 ans)
- poussières proto-étoiles 100 degrés K : (10 000 000 d'années)
- galaxies : molécules 10 degrés K : (1 milliard d'années)
- molécules lourdes : vie 3 degrés K : (10 milliards d'années)

L'atmosphère prébiotique était constituée de N₃, CO₂, H₂O, H ; l'hydrogène, l'oxyde de carbone et l'azote ont joué un rôle important.

L'Eurypterus lacustris qui vivait il y a plus de 350 millions d'années dans les parages de Buffalo (USA) est un être étrange n'ayant aucun équivalent dans la nature actuelle. Notre sang rappelle que peut-être toute vie est sortie de la mer. Malgré son extraordinaire stabilité apparente, le monde évolue lentement et les espèces changent. D'autres espèces, comme les escargots, ont fait preuve d'une remarquable pérennité.

La chaîne de la vie est continue ; l'homme se vêt de la peau du loup, qui s'est fait d'agneau, qui s'est fait d'herbe, qui s'est faite des dissolutions chimiques du sol.

Sur la Terre des origines, morcelée en continents distincts, la chaleur et l'humidité ont commandé l'apparition et la répartition des plantes et des espèces.

Dieu créa les animaux et les plantes " chacun selon son espèce " dit la Genèse (Livre des Chroniques de Nuremberg, 1493). Pour le Père Teilhard de Chardin, homme de sciences et philosophe des temps modernes, le péché est déjà dans la bête, déjà dans la plante, déjà dans l'atome.

Nous portons en nous quelque chose d'un lointain ancêtre, quelque chose qui palpète en notre être et qui est notre vie même : le sang dont la salure est un souvenir de la mer originelle, tel ce thon qui s'ébattait dans les eaux tyrrhénienne il y a 50 millions d'années. Nous pouvons nous poser quelques questions au sujet de l'évolution terrestre en tant que phénomène cosmique : vers quoi tend l'effort de la vie ? La vie exploite toutes les possibilités des divers milieux : la vie, un miracle à l'échelle de l'univers ?

La connaissance scientifique n'est qu'un cas particulier de la loi de la convergence. Les yeux de Lise Taylor, ceux d'un poulpe et ceux d'un peigne ont un cristallin quasi identique, et dans les trois cas, celui-ci a été obtenu par des moyens également efficaces mais n'ayant entre eux aucun rapport. C'est en étudiant la faune d'Australienne que les naturalistes ont pu mesurer la généralité du phénomène de convergence. Le continent australien s'est en effet développé en marge du reste du monde à partir d'une époque où les vertébrés les plus évolués étaient les marsupiaux. Alors qu'en Europe, en Asie, en Afrique, en Amérique du Nord apparaissaient des mammifères placentaires, qui, chez nous, supplantèrent très vite les marsupiaux, l'Australie restait à l'écart de cette révolution et poursuivait l'enfantement d'êtres nouveaux sans sortir du schéma marsupial. Le Phascolome ressemble à une Marmotte ; le Phalanger rappelle les Lémuriens ; le Dasyure a la toison pommelée de la Genette, ses oreilles pointues, son allure serpentine, ses dents, ses griffes et jusqu'à sa taille. Il a des moeurs nocturnes. Quand on regarde un Phalanger, on ne peut s'empêcher de penser avec un petit frisson qu'un double placentaire tout à fait semblable à lui se situe quelque part vers la tige des Primates d'où sont sortis les anthropoïdes et l'homme lui-même ; le Phalanger n'est qu'un Phalanger, mais le processus d'hominisation laisse déjà percevoir en lui ses premiers symptômes.

Nous sommes au début de la pensée réfléchie. La raison n'existe sur cette planète que depuis quelques dizaines de milliers

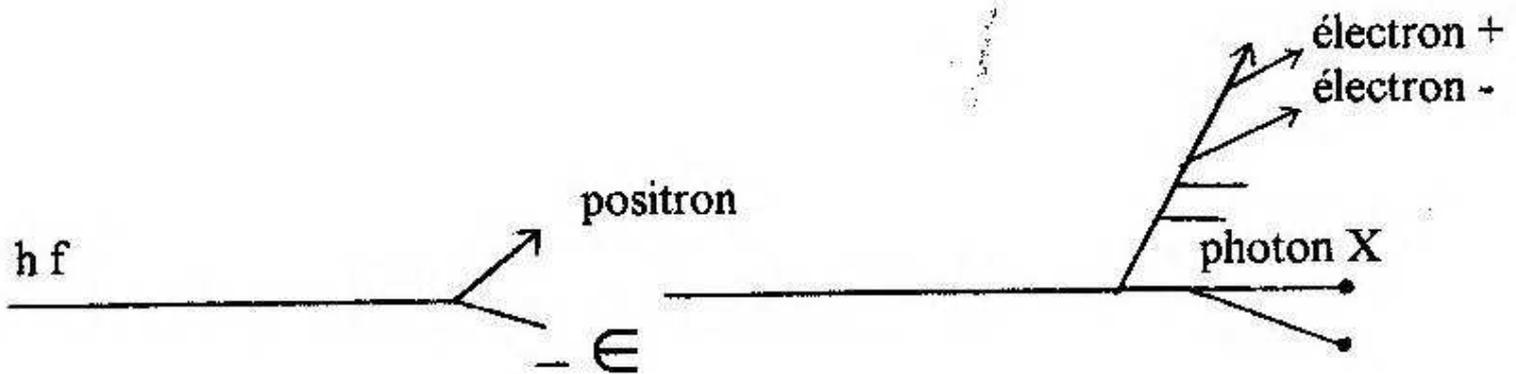
d'années. Elle ne s'applique à la méthode scientifique que depuis quelques siècles et elle en est déjà aux théories du champ relativiste et à la conquête du noyau atomique (fission et fusion de l'atome). Que représentent ces quelques siècles dans la nuit des temps de l'évolution biologique ? Quels niveaux de pensée auront été atteints dans un milliard d'années ? Nous sommes aussi distants de cette conception qu'une amibe est éloignée d'Einstein. La *bionique* s'est donné pour tâche l'exploration systématique des techniques animales. Pour la première fois, la science humaine fait appel à une pensée non humaine.

I/ Les étapes de la vie et les structures de complexité croissante.

1) Les structures scalaires et les structures de complexité croissante.

a) Phénomènes atomiques et moléculaires :

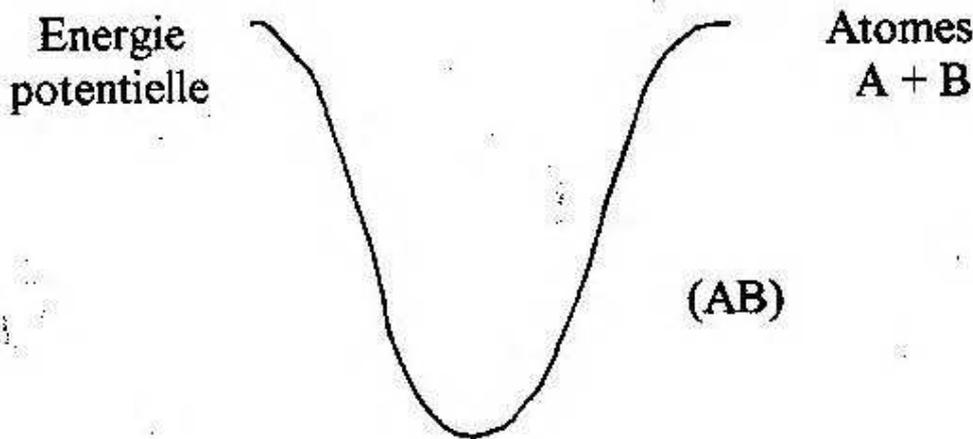
Matérialisation d'un corpuscule quartzifère :



$$W_1 + W_2 + 2 \quad C^2 = 2 h f$$

L'énergie = matière $W = m C^2$

b) molécules biatomiques :

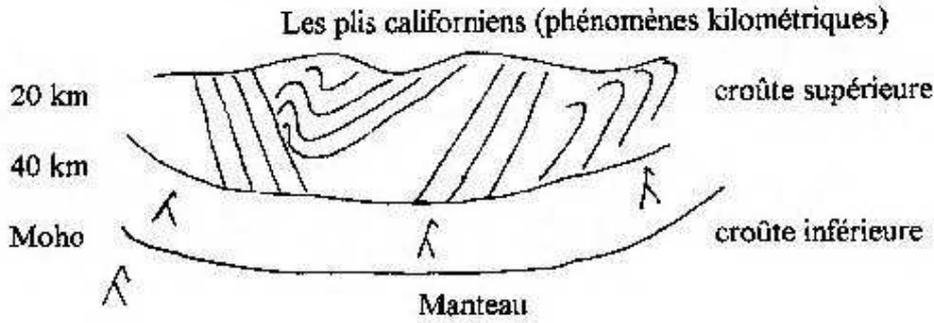
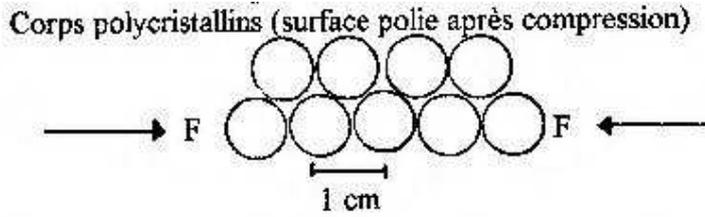


$$A = 10^{-8} \text{ cm}$$

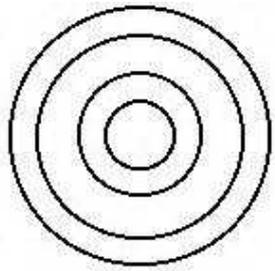
$$E = h c W (v + \frac{1}{2})$$

distance AB

c) Phénomènes métriques et kilométriques :



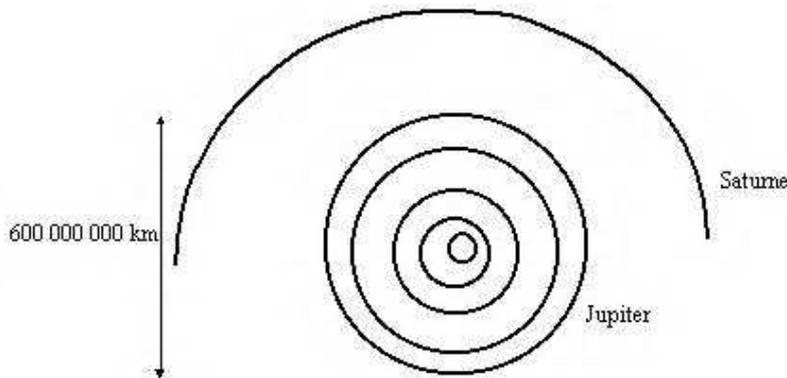
d) Phénomènes géognomiques et astronomiques :



univers (Terre)
relativiste d'Einstein
 $R_i K = 0$

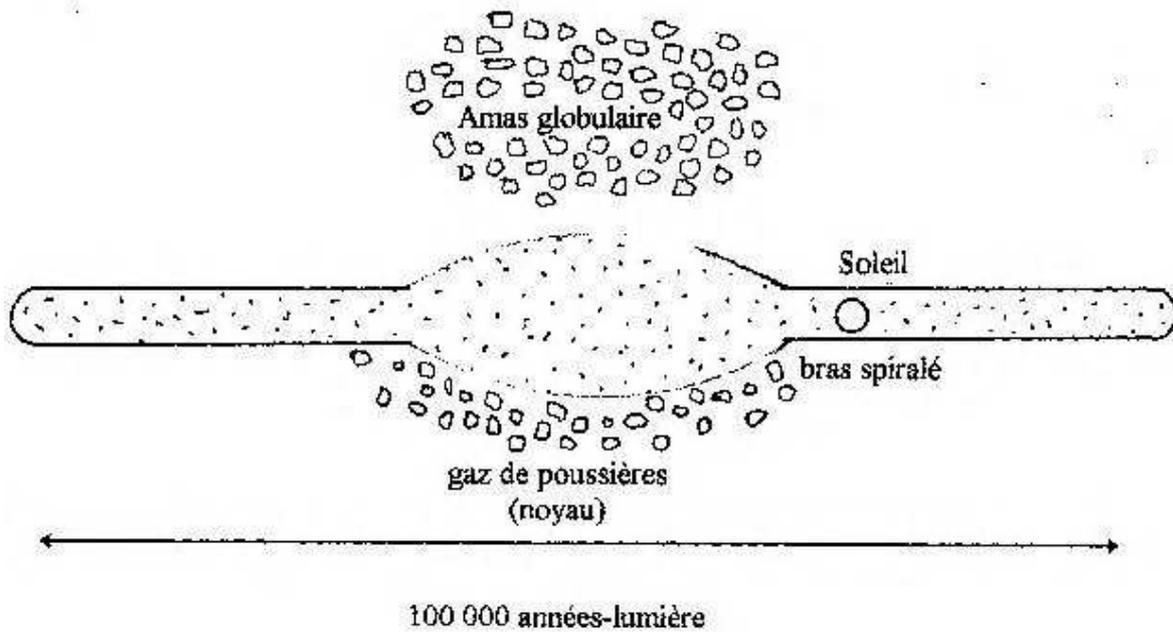
L'Univers s'achemine vers des niveaux d'organisation décroissants. L'énergie s'y dégrade (augmentation d'entropie). La fin du monde ne sera-t-elle pas un cristal froid et figé ?

e) Le système solaire :



" Dans l'univers, il n'y a pas de hasard, il y a de l'ordre : mais il est plus difficile de le trouver que de croire au hasard " (Emile Bélot).

f) Le système galactique :



G

$$G = -1 - \frac{1}{n-1} \Psi(n)$$

La galaxie a la forme d'une lentille de 7×10^4 années-lumière de diamètre, soit 7×10^{13} km.

2) Les étapes de la vie.

Il y a 450 millions d'années, tous les êtres vivent encore dans l'eau. Le Jamoytius, ancêtre des poissons, n'est pas un vrai poisson ; il ne possède pas encore de mâchoire.

Il y a 375 millions d'années, dans les marécages, les plantes sortent de l'eau. Pour résister au dessèchement, leur corps est enduit d'une substance imperméable. Sous le microscope, il est possible de voir les ouvertures par où se font les échanges gazeux. Les racines vont puiser en terre l'eau nécessaire, souvenir des origines. Des animaux se sont adaptés à l'air : minuscules insectes, que protège un revêtement chitineux imperméable semblable à celui de nos hannetons. Les vertébrés sont représentés par les poissons, ce sont déjà des cerveaux plutôt que des digestifs.

Il y a 300 millions d'années, dans la forêt houillère, des arbres ont 40 mètres de haut. La vie a conquis l'air, et voici les animaux volants (insectes). Les vertébrés sont en retard ; les premiers amphibiens sortent seulement de l'eau, mais il faut remarquer un progrès du côté de la tête - les premiers reptiles ont une tête plus dégagée.

Il y a 210 millions d'années, après une crise glaciaire, voici apparaître les insectes à métamorphoses complètes, ancêtres de nos hannetons, de nos mouches, de nos cigales.

Il y a 100 millions d'années, des forêts comme les nôtres représentent les premiers paléo-écosystèmes, avec des arbres feuillus, des fleurs, les premiers papillons, les premières abeilles qui butinent, mais aussi qui fécondent les fleurs. La présence des plantes sert aux insectes, échange de bons procédés, et celle des insectes sert aux plantes. Des reptiles gigantesques s'ébattent, mais sont près de s'éteindre ; motif ? Le Diplodocus a 25 mètres de long ; son cerveau n'est pas plus gros qu'un oeuf de poule. Les mammifères sont là, et vont bientôt prendre leur place. L'extinction des Dinosaures est due

peut-être à trop d'iridium dans l'atmosphère ou à une catastrophe astronomique.

Il y a 65 millions d'années, c'est fait ; les mammifères ont pris le pas ; ils ont un gros cerveau.

Il y a 15 000 ans, des êtres frustrés, presque des singes, ont pénétré dans une caverne. Ils y ont dessiné un bison. A la lueur de leur torche, ils le lardaient de coups d'épieu, pour que la chasse soit bonne. Dans le monde de la vie, les hommes sont arrivés.

II/ Les perspectives paléobotaniques et la découverte des premières traces végétales.

La paléobotanique est essentiellement la science des organismes végétaux morts dont les restes ont été conservés dans les couches sédimentaires à des époques différentes de l'histoire de la Terre.

Les hommes se sont intéressés de tous temps aux végétaux fossiles. L'homme préhistorique ne fabriquait-il pas de l'outillage avec des bois silicifiés du Continental intercalaire du Sahara ?

N'a-t-on pas trouvé, dans une tombe étrusque du V^e siècle, à Marzabotto, dans l'Apennin, un bloc massif étrangement sculpté que des botanistes du XIX^e siècle (Capellini et Solms, 1890) identifièrent comme une Cycadophyte et appelèrent " Cycadeoidea etrusca " ? L'ouvrage de Scheuchzer sur la flore du Déluge (Herbarium Diluvianum, 1709) donne des interprétations des restes fossiles avec les premières figurations de Sphenophylums carbonifères.

Depuis près d'un milliard d'années s'échelonnent des espèces végétales étudiées en paléobotanique.

En effet, c'est à la base du Dévonien inférieur que datent avec certitude les premières plantes vasculaires connues, avec l'apparition de la lignine. Les plantes à vaisseaux signalées comme étant d'un âge plus ancien exigent de soigneuses déterminations.

Certaines manifestations de la vie végétale remontent au Précambrien supérieur avec le Corycium enigmaticum (Rankama, 1948) et la flore du Gunflint (Tylor et Barghoorn, 1954).

On retrouve des chlorophylles fossiles sous forme de porphyrines dans les terrains datant de 2 milliards d'années. Il y a cependant mieux. A défaut des organismes eux-mêmes, on peut rencontrer des traces biologiques d'êtres vivants encore plus anciennes, et c'est le cas des Stromatolithes du Précambrien moyen entre 2 et 3 milliards d'années environ. On admet maintenant que ces structures lamellaires, sphériques, calcaires ou dolomitiques, sont le résultat d'une activité de bactéries et de cyanophycées.

Les Conophytos du Riféen supérieur (Précambrien II de Sibérie) et du Riféen moyen de l'Oural permettent de dater des terrains vieux de 685 millions d'années, du Précambrien II et III de 702 millions d'années et du Précambrien III de 550 millions d'années. Les Oncolithes sont des algues qui ont été retrouvées dans le niveau inférieur du Cambrien de Sibérie, tandis que 65 niveaux ont été dénombrés dans le Précambrien du Maroc.

Ainsi, la paléobotanique a contribué pour une bonne part à établir la notion d'évolution des espèces vivantes. Elle permet d'espérer une représentation satisfaisante de la macroévolution, alors qu'une discipline parallèle, la génétique, se consacre à la microévolution des espèces, et plus encore à la cytogénétique. Il est donc précieux et urgent de poursuivre l'inventaire des formes disparues, et ce faisant, on est frappé par la parfaite cohérence évolutive des phylums de plantes. L'évolution des végétaux est une véritable orthogénèse.

Les phylums ont évolué parallèlement de façon constante, tendant à édifier dans leur appareil reproducteur des structures semblables en parcourant les mêmes étapes : l'homospore (stade qui n'est pas dépassé chez les Psilophytes), puis l'hétérospore, ensuite les sporanges pré-ovulaires (Lepidocarpon et Miadnesia pour les Lycophytes et Calamocarpon pour les Sphénophytes) ; enfin, les ovules (ultime stade des préphanérogames) puis les graines.

C'est donc vers l'élaboration d'une graine extrêmement perfectionnée et complexe comme chez les Dicotylédones que se dirigent, avec plus ou moins de succès, tous les phylums à la suite d'une marche évolutive parallèle, indépendante et hétérochronique.

Des observations intéressantes ont été faites avec l'embranchement des sphénophytes. L'origine de ce groupe date du Dévonien moyen. Il est donc plus étalé dans le temps géologique, et les formes fossiles intermédiaires qui aboutissent au genre actuel Equisetum sont à la fois plus nombreuses et mieux connues (arbre phylogénétique s'échelonnant sur 400 millions d'années).

Des structures extrêmement complexes et fragiles ont été conservées, tels que les méristèmes apicaux des Calamites inclus dans la silice, depuis le Carbonifère et dans le Dévonien inférieur (genre Asteroxylon mackiei, avec des noyaux cellulaires parfaitement visibles dans le tissu embryonnaire de l'apex). Les ovules silicifiés des Ptéridospermaphytes du Paléozoïque montrent des détails ténus de leur organisation cellulaire. Les chambres polliniques contiennent parfois des anthérozoïdes intégralement conservés. On a mis en évidence, principalement chez les animaux, des substances organiques.

III) Des structures organiques très anciennes.

Abelson avait montré, en 1955, que des coquilles vieilles de plus de 100 000 ans ne contenaient plus leurs protéines, mais étaient formées d'un mélange d'acides aminés libres et de chaînes polypeptidiques courtes. Dans des organismes plus anciens de près de 25 millions d'années, seuls des acides aminés pourraient être mis en évidence. Il semblait y avoir une dégradation des protéines avec le temps. Mais Florkin a montré plus tard, au contraire, que les roches sédimentaires renfermaient par contact avec des fossiles anciens non seulement des acides aminés, mais encore de faibles quantités de protéines. On peut donc espérer mettre en évidence des protéines dans des fossiles très anciens et établir une comparaison avec des séquences d'acides aminés contenus dans les végétaux actuels que la morphologie aura fait considérer comme homologues.

Les contenus vacuolaires des bois silicifiés sont très souvent parfaitement conservés.

Après avoir réduit en poudre de tels bois fossiles silicifiés, on a pu extraire à l'éther et même chromatographier les contenus résineux emprisonnés dans la silice des membranes parenchymateuses. On peut alors vérifier si le chimisme de la plante fossile s'accorde avec les résultats d'une étude morphologique et examiner les modifications moléculaires apportées par le temps. On saura alors si le chimisme de la plante fossile ou l'écologie sont toujours stabilisés ou s'ils évoluent dans le temps géologique, comme la morphologie.

Celui-là est devenu un paramètre déterminant, irremplaçable, à la base de toute recherche moderne qui se veut d'avant-garde : la dendroclimatologie et la dendrochronologie (horloge géologique), dont l'objet porte sur des changements climatiques sur les 10 000 ans passés. Mais cette durée est encore insuffisante, car il est nécessaire de rechercher les origines de la vie végétale, il y a près de 3 milliards d'années, ou seulement depuis l'apparition de la lignine dans le monde des plantes, c'est-à-dire depuis près de 450 millions d'années.

Il faut alors s'interroger sur les grands changements cosmiques et demander en particulier le secours de la physique du globe, discipline apparemment étrangère, mais qui apportera les bases d'une paléoécologie plus générale. Les travaux de Bernard Brunhes en 1906 montrent que le champ magnétique terrestre s'est inversé à diverses reprises dans l'histoire de la Terre (E. Thellier, 1966, Le Champ magnétique terrestre fossile, Nucleus 7 (1/3), p.1-35, Paris ; H. Thomas, 1936, Cosmic rays and the origin of species, Nature, 137, p.51-53 et 97-98). En effet, les roches volcaniques sont magnétisées dans des

directions opposées par rapport au champ actuel.

Le champs terrestre se serait inversé 9 fois durant les 3.6 millions d'années (changements intervenant dans la magnétosphère ; ces changements pourraient expliquer les apparitions et les disparitions massives d'espèces au cours des temps géologiques).

En 1963, R. J. Uffen faisait remarquer que si le champ magnétique terrestre à certaines époques disparaissait ou s'atténuait fortement à la suite d'un changement de polarité, on pouvait penser que la magnétosphère désorganisée, et plus spécialement les zones de Van Allen ne s'opposaient plus à un bombardement de la biosphère par des rayons cosmiques à haute énergie et par le rayonnement particulaire solaire (rayons X et rayons gamma), il en résultait des mutations inévitables, ou peut-être des disparitions, la dose étant devenue létale.

Le champ magnétique disparaissait-il véritablement dans sa totalité à certains moments ? On l'ignore, mais il est possible de préciser qu'il diminue jusqu'au 1/5^e du champ des temps normaux. Ceci est encore une hypothèse, mais une hypothèse hautement plausible quand on pense à l'explosion des phylums et aux disparitions simultanées et inexpliquées qui jalonnent toute l'histoire de la biosphère. L'action sur celle-ci est complexe en raison de l'opacité irrégulière des champs minima, de leur prolongation plus ou moins marquée, de l'intensité inégale des rayonnements cosmiques au cours du temps de la réceptivité et de la protection inégale des diverses espèces.

C'est ainsi que des étages caractéristiques de flores sont séparés par des coupures. Il est possible de noter par exemple, parmi les plus remarquables, les coupures de la base du Dévonien inférieur, de la fin de l'Autunien, qui furent néfastes à de nombreux phylums de Lycophytes et de Sphénophytes.

La fin du Crétacé a vu l'apparition simultanée de nombreux phylums de Dicotylédones, et la disparition des Ammonites et des Bélemnites.

En revanche, le passage du Jurassique supérieur au Crétacé s'est pratiquement fait sans changement notable de la flore. Par ailleurs, la dernière inversion du champ magnétique terrestre date sensiblement du début du Quaternaire (fin d'une époque à polarité inversée, dite de Mutayama, et commencement de la période actuelle à polarité " normale ", dite de Brunhes). Une récente coupure serait-elle contemporaine de l'apparition de l'homme ?

La dendroclimatologie montre les effets des tâches solaires qui entraînent une périodicité parallèle des cernes de croissance dans les grands arbres de la zone tempérée où se superposent des cycles plus ou moins marqués de 20 ans, 9 ans, 11 et 4 ans. Toute la biosphère est soumise aux influences extra-terrestres malgré des protections qui conditionnent les climats locaux et qui jouent un rôle essentiel dans le maintien de la vie sur la Terre.

La couche d'ozone de la haute atmosphère protège la vie contre les effets stérilisants des ultra-violetts. Les zones de Van Allen de la magnétosphère s'opposeraient aux rayons cosmiques et aux rayons corpusculaires du soleil, aux effets mutagènes ou létaux.

La lignine est, de toutes les substances créées par la vie, la plus répandue dans la biosphère ; c'est pourquoi les bois fossiles diversement minéralisés sont très abondants. Dans son état le plus favorable, un végétal fossile peut livrer une foule de détails de son organisation, et tous ont leur signification : morphologie externe, structures foliaires épidermiques, anatomie des divers tissus profonds (paléocytologie), chimie des résines, huiles essentielles ; ces caractères permettent de déterminer avec plus de précision l'âge géologique et paléoécologique des espèces disparues.

IV/ Le milieu dans lequel est apparue la vie.

La notion de système lorsqu'il s'agit d'objets biologiques est l'une des plus complexes car il est impossible de choisir avec certitude les éléments de ce système. On ne saurait le soumettre à une analyse statistique simple comme en physique. Ainsi,

les abeilles de la ruche sont reliées à un système intégré, les liaisons étant réalisées par des substances spécifiques dont l'odeur stimule les actions.

Le problème central est d'élucider des causes et les conditions du développement des structures dynamiques qui conduisent à la biogénèse et, par la suite, à l'évolution biologique.

V/ Lois générales de l'équilibre thermodynamique.

On ne saurait traiter les systèmes biologiques isolément car ce sont des systèmes ouverts.

Les structures dynamiques que nous rencontrons en biologie possèdent des mécanismes en " feed-back " assurant la stabilité des formes de la vie et des mécanismes de réplication.

Les systèmes vivants illustrent, par le fait même de leur existence, la lutte dramatique qui se déroule entre l'entropie et l'organisation.

Tout organisme dans lequel ont cessé de fonctionner les mécanismes de rétro-action est condamné à mourir ou à se dégrader ; d'un autre côté, la puissance de ces mécanismes, quand ils sont bien réglés, garantit le maintien du niveau de répartition disproportionnée de l'entropie nécessaire à la vie, ce qui signifie que dans le système organisme-milieu et l'organisme non équilibré ; leur interaction, conformément au second principe de la thermodynamique, augmente l'entropie totale. Tous les mécanismes grâce auxquels la cellule lutte pour son existence doivent être obligatoirement dynamiques, autrement les processus non réglés les détruiraient. C'est pourquoi la vitesse de reproduction de telle ou telle partie du système vivant dépend du rythme auquel cette partie peut être soumise à la mort thermique. C'est ce qui détermine l'assortiment unique de substances qui ont servi à la nature pour créer les différentes formes de la vie.

Tout système non dynamique est toujours détruit par corrosion, frottement, cristallisation, en un mot par " l'usure ". Appliqué à l'organisme, ce terme traduit l'imperfection de la régulation. Un phénomène particulièrement intéressant est le renouvellement complet des systèmes par réplication. Cette propriété est un important attribut de la vie et non de la nature inerte.

VI/ Apparition de l'organisation biologique.

C'est la question importante par laquelle commencent tous les ouvrages consacrés à la génèse de la vie.

Quastler H. a travaillé longtemps dans cette branche de la biophysique et s'est occupé du calcul de la probabilité d'apparition fortuite des formes d'organisation biologique. La vie est le résultat d'un acte créateur dû au hasard, cela pouvait se produire sur une partie de la surface terrestre ayant le volume d'une bactérie, soit 10^{-12} cm^3 . Le volume total dans lequel la vie pouvait naître représente une couche sphérique d'environ 1 mètre d'épaisseur et d'une superficie égale à celle de la Terre, soit 5.10^{12} cm^3 . Quastler parvient à dire que le volume des parties de la Terre propres à cette fin constitue une valeur de l'ordre de 5.10^3 .

En admettant que pour la génèse de la vie, la nature a accordé une période de 2.10^9 années, et pour " l'acte de création ", probablement 1 heure (durée au cours de laquelle une bactérie se divise), l'auteur conclut que dans chaque partie, le nombre des cas favorables à l'acte de création se trouve dans l'intervalle de 2.10^3 à 2.10^{13} , et que le nombre total de ces cas représente une valeur de 10^{14} à 10^{46} . Cela donne une probabilité égale à 10^{-255} pour la génèse de la vie, en l'occurrence l'un des 10^{46} événements. Ainsi la probabilité d'apparition d'A.D.N. à partir d'un assemblage fortuit de " nucléotides " est égale à 10^{-800} . Les exigences générales ont rendu inéluctable l'apparition de la vie. Dans la période azoïque, la première étape préparatoire de la naissance de la vie a été la formation des polynucléotides. Ces substances se sont formées à partir des

purines, des pyrimidines, des glucides, des phosphates qui se trouvaient dans le "bain primitif".

L'effort accompli par le rôle du codage chimique au cours de l'évolution biologique s'est exprimé en fonction d'une organisation temporelle repoussée au profit de l'organisation spatiale (les structures se sont plus diversifiées que les processus).

L'agitation thermique a la propriété de réduire les activités codées ; la mise en ordre des molécules accroît le rôle du code ; même à de basses températures dans les systèmes statiques, on peut observer une polymérisation rapide à condition que les molécules soient fixées dans des positions appropriées ou assignées par le code, et que le processus paramétrique consolide la structure. L'énergie d'activation est celle qu'il faut dépenser pour réaliser le processus paramétrique de dégagement et d'absorption d'énergie.

L'entropie d'activation est d'autant plus grande qu'elle renforce le rôle joué par les facteurs paramétriques, à savoir : l'organisation graduelle des structures favorables aux processus codés ; la dépense d'énergie pour l'activation ; la chaotisation du complexe transitoire ; l'absence d'analogie entre les molécules initiales et l'état transitoire.

Molécules d'intérêt biologique

Il est important de connaître l'importance de la composition primitive de la chaîne polypeptidique pour l'activité catalytique. Les molécules ont la possibilité d'échanger des petits groupements conservant l'essentiel de leur squelette, avec modification de la réactivité et de la réserve d'énergie de la molécule. Il est donc intéressant de comprendre la nature chimique des substances d'intérêt biologique en fonction des propriétés qui ont conditionné leur codage (propriétés caractéristiques des protéines et des lipides en rapport avec les structures supramoléculaires).

Aux stades primitifs du développement des phénomènes chimiques sur Terre, les molécules des composés simples subissaient l'action de flux d'énergie non régulés, d'origine thermique, lumineuse, corpusculaire, radiante, engendrés par l'activité solaire et par les réactions à la surface de notre planète. Les hautes températures et les puissants flux thermiques prédominant dans les premières périodes géologiques excluaient la formation de grosses molécules organiques). A ce stade de la vie, il faut évoquer les transformations thermodynamiques irréversibles. Des radiations corpusculaires et des photons de grande énergie étaient encore plus destructifs. Seuls les composés très solides, caractérisés par des valeurs élevées des potentiels thermodynamiques, prédécesseurs de l'évolution chimique ultérieure, existaient sur la Terre radioactive en ignition. Les radicaux formés favorisaient le développement d'une multitude de réactions, et le monde chimique de la Terre s'enrichissait de nouvelles substances (développement des facteurs codés spécifiques).

Les rayons solaires rencontraient dans l'atmosphère primitive, privée d'oxygène, la vapeur d'eau qui a été vraisemblablement le premier obstacle à la propagation de l'énergie radiante.

La photodissociation de la molécule d'eau a absorbé une part appréciable de l'énergie, a libéré l'oxygène et est devenue le point de départ d'une multitude de réactions radicales : formation photochimique du formaldéhyde (durée de vie de l'atmosphère réductrice : $5 \cdot 10^9$ ans).

La décomposition de l'ammoniaque avec dégagement d'azote ainsi que la transformation du méthane en gaz carbonique affaiblirent les propriétés réductrices de l'atmosphère (annonce du second stade de son évolution). Au troisième stade, qui commence il y a $1,8 \cdot 10^9$ ans, l'atmosphère était déjà oxydante.

On suppose que l'apparition des premières formes de vie remonte à peu près à $3,7 \cdot 10^9$ ans. Les radiations U.V. ont été source principale d'énergie qui a alimenté les synthèses organiques.

Le rendement quantitatif moyen de l'U.V. étant 10^{-5} dans la synthèse des amino-acides et des oxyacides, C. Sagan conclut qu'en 10^9 ans, il devait se former dans l'océan une solution à 1% de différentes substances organiques.

Il faut noter la fréquence des radiations agissant sur les divers niveaux énergétiques possibles des composés carbonés ; la destinée ultérieure de l'énergie absorbée dépendait des relations structurales entre les molécules : durée de collision, énergie d'activation, nature codée, rôle des réactions photochimiques : composés macroergiques (le triphosphate d'adénosine A.T.P. accumule de l'énergie dans le système des liaisons pyrophosphates et transmet cette énergie avec le fragment phosphate à une autre molécule (la molécule a reçu une charge énergétique liée à sa structure électronique).

VII/ Etapes de l'évolution photochimique.

Gaffron signale que les principales sources d'énergie de l'ère azoïque était la chaleur, le rayonnement ultra-violet et les décharges (produits de réactions aux périodes primitives : glycine, adénine, constituants des constructions biogènes). Un peu plus tard sont apparus les peptides, les porphyrines, la catalyse des composés du fer, du cuivre, du cobalt, du zinc, etc.

L'ultra-violet cède la place à la lumière visible ; (réactions photochimiques sur les macromolécules ; rôle des matrices, répliquations répétées) ; les premières enzymes apparaissent ainsi que les premières formes de la vie inconnues qui possédaient déjà un appareil primitif de gènes ; existence de pigments du type chlorophylle (énergie lumineuse - ---> énergie chimique bien avant l'avènement de la première cellule ou de la première enzyme).

Evolution chimique aux périodes reculées d'après M. Calvin : les plus vieilles molécules, l'ammoniaque, l'hydrogène, le CO^2 ont été à l'origine de la formation de l'aldéhyde formique, des acides acétiques, succiniques, des amino-acétiques (glycine), du peroxyde d'hydrogène.

Autre facteur chimique actif : le flux d'électrons formé par la désintégration de l'isotope ^{40}K .

La catalase appartient aux catalyseurs les plus puissants de la décomposition de l'eau oxygénée.

La glycine et l'acide succinique ont servi de matières à la formation de systèmes porphyriniques.

Le complexe fer-porphyrine catalyse à son tour les processus induisant la synthèse des protoporphyrines (phénomènes auto-catalytiques).

Le système peroxyde d'hydrogène-ions fer facilite la formation de pyrophosphates à partir des orthophosphates, et prépare la formation des matériaux nécessaires à l'obtention d'accumulateurs d'énergie (liaisons pyrophosphates macroergiques).

VIII/ Pièces des machines biochimiques.

Les accumulateurs d'énergie, les systèmes catalytiques, les systèmes matriciels assurent le mécanisme de la réplication et des synthèses protéiques. De nombreuses bases organiques ont pu se former dans la période azoïque à partir de composés simples.

Les glucides et les acides aminés se sont formés selon des voies multiples, car il y avait assez de matériaux sur la Terre pour effectuer la synthèse des substances biochimiques complexes.

IX/ Les principales substances organiques et les étapes dans la biopoïèse.

a) les principales substances organiques

Purine ; pyrimidines ; nucléotides ; acides nucléiques.

Les purines sont des donneurs d'électrons et forment des complexes avec transfert de charge. L'adénine et la guanine ont la plus haute orbitale occupée, la cytosine la plus basse. Elles peuvent donc être des accepteurs d'électrons.

Les nucléosides sont des combinaisons des bases puriques et pyrimidiques avec le ribose ou le désoxyribose (adénosine) ou adénine-ribose.

Autres nucléosides :

Molécule initiale représentée par la séquence A - B - A ; dans le cas élémentaire, elle se fixe sur A d'après le principe de complémentarité à condition que toutes les liaisons A et B aient la même énergie ; on obtiendra A - B ; B - A.

D'après ce principe s'accomplit par exemple la croissance d'un cristal dans une solution saturée.

La matrice initiale sert de site où se forme une combinaison agissant comme matrice secondaire qui elle-même fournit un produit macromoléculaire (les catalyseurs ont une structure simple : ce sont des ions métalliques ou des complexes correspondant avec des liants amine).

Predvédev, dans son livre sur " les mécanismes moléculaires et génétiques de l'évolution ", fait remarquer que " la mémoire moléculaire génétique de la cellule est le système de commande de l'évolution " (particularités spécifiques incluses telles que dans A.D.N. et A.R.N.). Systèmes de commande codés inscrits dans ces acides nucléiques.

b) matrice essentielle

A.D.N. (acide désoxyribonucléique)

Molécules en chaîne avec groupe.

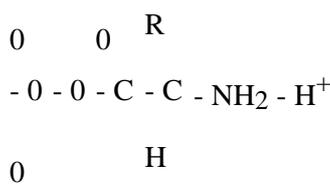
L'acide phosphorique PO^4H^3 alterne avec le groupe glucide (ribose A.R.N. ; désoxyribose A.D.N) ; aux fragments glucides sont fixées des bases organiques : Adénine (A) ; Cytosine (C) ; Thymine (T) ; Guanine (G) dans l'A.D.N., et Adénine, Guanine, Cytosine et Uracile (U) dans l'A.R.N.

Reproduction d'un code chimique déterminé grâce à la polymérase qui contribue à déplier l'hélice en chaînes isolées si le milieu contient des nucléotides (type base-glucide-phosphates).

L'A.D.N. se concentre dans le noyau.

L'A.R.N. se forme sur lui, c'est sa " transcription ". L'A.R.N. joue un rôle dans la synthèse des protéines (masse moléculaire A.R.N. 20 000 à 2 000 000) et peut contenir de 60 à 6 000 nucléotides (masse moléculaire A.D.N. 10 000 à 120 000 000) ; une cellule peut contenir jusqu'à 25 000 molécules géantes.

Synthèse protéique



résidu A.T.P.

acide aminé additionné (proton du groupe acide)

c) deuxième stade de la synthèse

Un acide aminé activé se fixe sur un A.R.N. qui le transfère au site de synthèse (A.R.N. de transfert A.R.N._t - 20 espèces d'A.R.N. _t). A.R.N._t transfère l'acide aminé sur la matrice (support de l'information) qui est également un A.R.N. messenger (A.R.N._m) ; puis, il y a fixation de tous les acides aminés sur la matrice par l'intermédiaire d'enzymes spécifiques. A chaque acide aminé correspond un code de 4 lettres (A G C U).

d) codage chimique dans les enzymes

Les enzymes catalysent une multitude de réactions diverses.

Groupe oxydé du substrat

CH - O groupe accepteur

CO - CHO oxydo-réductases cytochrome

CH - CH -----> oxygène

CH - NH₂ transfert d'électrons quinones

Composé azoté ou d'atomes d'hydrogène

hème

H₂O₂ ; H₂

Transférases (transfert de groupements d'atomes)

CH₃, CH₃O, HCO ; glucosides ;

NH₂ ; NH ; groupes triphosphates, nucléotides.

Hydrolases (scission hydrolytique des liaisons)

peptides ; amides ; anhydrides phosphorylés ; composés cétoniques ; liaison halogène, etc.

Synthétases (combinaison de 2 molécules)

La liaison pyrophosphate se scinde dans la molécule d'A.T.P.

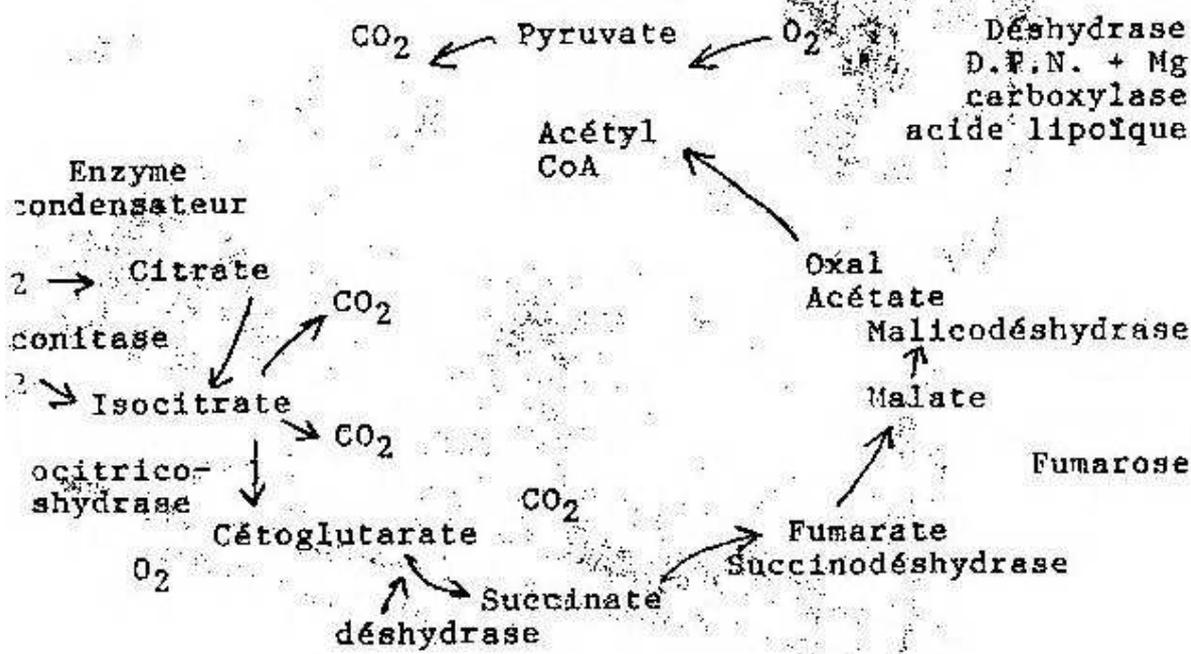
e) les mitochondries et les chloroplastes

Les mitochondries servent à transformer l'énergie du flux d'électrons produit par des oxydations en énergie chimique de l'A.T.P. ; les chloroplastes jouent le même rôle par rapport aux électrons excités par l'action de la lumière sur la chlorophylle.

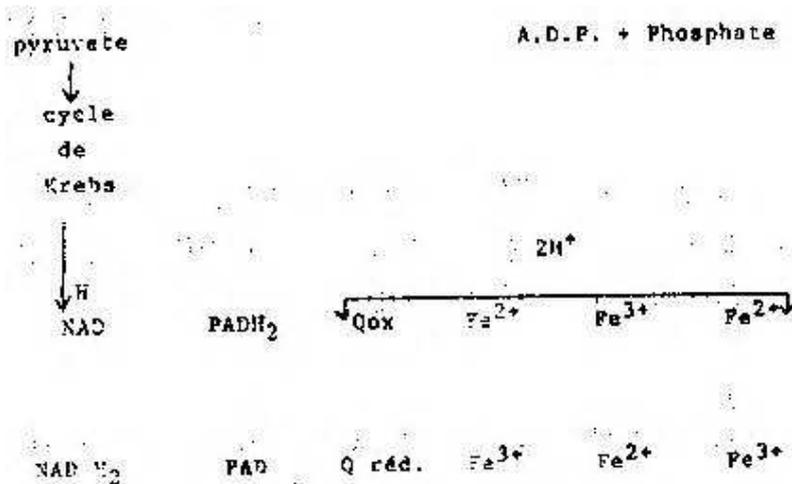
XI/ Les principales voies du métabolisme : le cycle de Krebs.

L'opération essentielle effectuée par tout l'ensemble des processus métaboliques est l'accumulation d'énergie et sa consommation rationnelle (succession des réactions biochimiques et biocatalytiques).

a) cycle de Krebs



b) schéma du transfert d'électrons et d'hydrogène



c) la photosynthèse

Les processus photosynthétiques relient la chimie du cosmos à la biochimie de la Terre. Les flux de quanta résultant de violentes réactions nucléaires qui se déroulent dans le soleil suscitent des synthèses au niveau des plantes et des microorganismes.

La photosynthèse consiste à arracher un électron à l'eau et à élever son niveau énergétique aux dépens d'un quantum de lumière.

d) les mécanismes de la commande codée supérieure

Le développement du système nerveux représente un pas énorme dans la voie de l'amélioration des structures relationnelles.

XII/ Les traces de la biosphère primitive et les étapes dans la biopoïèse. Diversités chimiques des origines de la vie.

Les principales traces que nous puissions retrouver dans la biosphère sont des squelettes d'organismes, leurs empreintes, les manifestations de leur morphologie qui ont été conservées dans les formations géologiques (roches biogènes).

Age des schistes des formations de Keewatin (continent américain) : plus de $2,5 \times 10^9$ ans.

On a trouvé des preuves de la présence d'une atmosphère contenant de l'oxygène à l'Archéen et au début du Protérozoïque : gisements de fer sédimentaires, de quartzites ferriques dites jaspilites.

Traces très anciennes du Protérozoïque : des organismes ont été découverts dans les calcaires archéens (la première de ces traces a été le fossile bien connu, le *Collenia Walcottia*, qui est une algue trouvée dans le calcaire du Grand Canyon et qui est vieille d'environ $1,5 \times 10^9$ ans.

Dans l'Huronien, une structure analogue à *Collenia* a été découverte. Dans l'Huronien inférieur, on a retrouvé une algue fossile.

Dans le Jatulien de Karélie ($1,6 \times 10^9$ ans), on a découvert Carelozoon jatulica.

Des vestiges d'algues bleues, vertes, et de flagelles ont été trouvés dans les formations du bouclier canadien (2×10^9 ans), puis des traces d'algues dans les calcaires de Rhodésie ($2,7 \times 10^9$ ans).

Une preuve directe de la présence de l'oxygène il y a au moins 2×10^9 ans a été mise en oeuvre. On trouve des shungites à la limite de l'Archéen et du Protérozoïque il y a $1,6 \times 10^9$.

On peut estimer l'apparition de la vie à environ $3,8 \times 10^9$ à $2,0 \times 10^9$ ans, antérieurement à cette époque, on ne retrouve plus aucune trace morphologique d'organismes, et les dépôts sédimentaires eux-mêmes ont disparu par assimilation ou métamorphisme.

XIII/ Les étapes de la biopoièse (naissance de la vie).

1) Production et concentration de molécules simples à la surface de la lithosphère.

A la surface de la lithosphère

SiO_2 ; SiO_4 ; $\text{Fe}(\text{OH})_2$; Al_2O_3 ; Ca CO_3
 (sables) (argiles) (calcaires)

dans l'hydrosphère : H_2S ; Na Cl ; KCl

dans l'atmosphère : CO_2 ; N ; NH_3 ; H_2S ; H_2O (très peu)

Développement de la biosphère :

Mécanisme de stockage de l'énergie libre (fixation de CO_2)

Métabolites HS^- - CO_2 NH_2

Mécanisme de cohésion (zones à l'abri de la turbulence ; fonds des mers ; bancs de sable)

2) Déshydrogénation et condensation zones subvitailes

+ FeS (lithosphère= Na Cl en concentration croissante (hydrosphère)

Atmosphère : accroissement de N₂ ;
 diminution de CO₂ ;
 disparition de CH₄
 NH₄
 H₂ S

Source primaire d'énergie libre :

Lumière solaire de courte longueur d'onde

Déshydrogénation (type de métabolisme)

Métabolites (acides aminés)

Catalyseurs : argiles ; hydroxydes de fer

Mécanisme de cohésion : absorption sur de l'argile

Continuité des zones subvital

3) Polymérisation et formation de coacervats (Eobiontes) : naissance des premiers organismes

Lithosphère (Ca CO₃ formé par voie organique)

Théorie endosymbiotique de l'origine des cellules : complication progressive des structures vivantes résultant de l'association symbiotique d'êtres vivants primitifs.

Concentration décroissante d'ions K et PO₄ inorganiques (Hydrosphère)

Source primaire d'énergie libre

Mécanisme de stockage de l'énergie libre (photosynthèse primitive) : $2H_2S \rightarrow 4H + S_2$

Métabolisme : fermentation anaérobie

Métabolites : peptides ; pyrimidines ; purines ; pentoses.

Catalyseurs : protoenzymes peptidiques

Mécanismes de cohésion : gouttes de coacervat formées

Evolution de grandes molécules pepti-biochimiques

Mode de reproduction : simple division

4) Organites nucléoprotidiques

Lithosphère : dégradation accélérée d'origine organique

Moins de Na Cl dans les mers

Accroissement rapide de O₂ dans l'atmosphère

Apparition de la photosynthèse

Cellules à deux génomes

Processus mutagènes : flux d'U.V. et de rayons cosmiques tombant sur les acides nucléiques des bactéries primitives.

Source libre d'énergie primaire :

Photosynthèse

Porphyrines activées

Mécanisme de stockage de l'énergie libre

$2H_2O \rightarrow 4H + O_2$

Libération d'oxygène par la photosynthèse

Fermentation d'hydrates de carbone

Métabolites : protéines
acides nucléiques
amidon

Coenzymes : A.T.P.
A.R.N.

Mécanismes de cohésion :

Organites limités par des protéines dans les coacervats.

Reproduction des nucléoprotéines

5) Organites recouverts de lipides dans les mers accroissement de Na Cl) - même composition qu'actuellement de l'atmosphère.

Photosynthèse grâce à des plastes lipidiques (chlorophylle).

Formation des lipides ;
Oxydation des hydrates de carbone ;
Métabolites : lipides ; stérols
Coenzymes : A.D.N.

6) Cellules limitées par une membrane - Protobactéries

Organismes

Lithosphère : sols organiques
Source primaire d'énergie :
Oxydation du S, du Fe par l'oxygène atmosphérique
Maintien des concentrations ioniques
Métabolite : cellulose
Membrane cellulaire à base de lipides

Reproduction : fission et conjugaison des nucléo-protéines.

Cellule à 3 génomes (spirochètes associés aux cellules à 2 génomes, il y a 1 ou 2 milliards d'années).

7) Cellules nucléées - Cellules végétales à 4 génomes

(ensembles cellulaires compliqués)

Protozoaires

Présence de matières organiques dans les sédiments - Pétrole (lithosphère)

Source primaire d'énergie libre : séparation entre les plantes photosynthétiques et les animaux organiphages

Métabolites :

Protéines fibreuses

Myosine

Collagène

Mécanisme de cohésion :

Membrane nucléaire

Paroi cellulaire recouverte de protéines

Mécanisme de production :

Mitose et reproduction sexuée

Les algues bleues possédaient des capacités photosynthétiques (possibilité supplémentaire en énergie aux dépens de la lumière solaire ---> règne végétal : végétaux unicellulaires, puis êtres pluricellulaires : algues, fougères, arbres).

XIV/ Diversité chimique et origine de la vie.

Cône de complexité et de diversité

L'évolution, selon Lwoff, s'accompagne de pertes sélectives plutôt que d'une augmentation des capacités des organismes.

axe des temps

a

c C O H N S Ca P Na K Cl Mg Fe Zn

t

u

e

l

l

e complexité morphologique

m

e

n

t

1 Les premiers fossiles

à ce que l'on considère

2 comme l'origine

m de la

i vie

l

l

i

a Eobiontes

r

d

s d'années

2

à

3 milliards

Suprématie des systèmes dont le fonctionnement repose sur les protéines et les esters phosphoriques

Evolution chimique

Phases d'évolution morphologique
Etablissement
Uniformité
biochimique
Unité de la vie
Phase de sélection biochimique

Al As B Ba Br C Ca
Cl Co Cr Cu F Fe Ga
Ge H I K Mg Mn Mo N
Na Ni O P S Se Si Sr
Th Ti V Zn

d'années Diversité chimique

et simplicité des structures

XV/ Quelques considérations générales en guise de conclusions. : Devenir et finalité de ces systèmes

Une génération d'êtres vivants montre qu'à l'échelle géologique, il se produit des variations dans la structure du matériel chimique, alors que le matériel génétique est fondamentalement invariable dans sa composition chimique (A.D.N.). Les 2 premiers milliards d'années ont été une période essentielle d'évolution chimique (remplacements de groupes d'atomes dans les macromolécules organiques avec diversification des réactions chimiques dans les ensembles vivants). Au cours de cette longue période, les êtres vivants primitifs n'ont pas dû évoluer beaucoup. Dès cette époque, un processus essentiellement biologique a permis d'amplifier considérablement les changements chimiques (sélection naturelle, mutations, descendance la plus nombreuse).

La phase initiale, sans doute la plus longue de l'évolution, associe les changements chimiques et la sélection naturelle sans modifications importantes des structures.

La théorie endosymbiotique suggère qu'à cette phase en succède une autre à partir de l'apparition de la photosynthèse et de l'accroissement de la teneur en oxygène de l'atmosphère, il y a environ 2 milliards et demi d'années (changements chimiques affectant le matériel génétique).

Procédés d'associations purement biologiques : le para-sitisme, la symbiose, le commensalisme créent des génomes, des communautés biologiques nouvelles liées aux potentialités décuplées (simples rencontres fortuites d'êtres complémentaires).

Mode complexe de la division des cellules (mitose).

A l'évolution chimique succédait l'évolution biologique sans qu'il y ait de frontière nette entre les deux périodes puisque la sélection naturelle a dû jouer dès la formation des coarévats contenant de l'A.D.N.

Les dernières phases de l'évolution biologique sont plus marquées par la transformation des structures que par l'évolution chimique.

Quelle longue vie prodigieuse a suivi l'évolution des systèmes dynamiques depuis les macromolécules aptes à la réplication et des molécules proéiques jusqu'au cerveau disposant de codes sous forme de notations d'équations, de tableaux, de données et de lois, lui attribuant un immense pouvoir sur tout ce qui est commandé par les codes primitifs.

A la fin du Crétacé, les Rudistes, les Bélémnites, les Ammonites, les oiseaux à dents, les reptiles qui volent, les dinosauriens disparaissent.

Devant cette hécatombe, on songe aux vers de la poétesse américaine Marguerite Young :

" J'ai peur. J'ai peur de la rareté
Du faucon agile à la gorge rouge ;
J'ai peur que s'éteignent
Le flamant rose et l'aigrette des neiges, tués
Par un ennemi inconnu ;
Tués par je ne sais quelle guerre de dévastation.
Contre chacun et contre tous, le flamant, le coq de bruyère

Et le grand cygne sauvage ;
en dépit de leur plumage,
assassinés partout.
Car dans l'ordre des maladies,
la rareté précède l'extinction.
Elle vient avant la mort. Il y a une lassitude
Dans la perfection de l'oeuf.
Et l'oiseau parfait

Ne nâtra jamais.
J'ai peur de cette rareté qui écrase tous les merveilleux
Noms d'oiseaux dont les noms seuls sont des poèmes
Et de la rareté de ce sang si personnel
Qui déjà se glace dans leurs veines d'or ".