

Petite revue de philosophie

L'émergence de la vie sur une planète nommée « Terre »

Serge-André Crête

Volume 5, numéro 1, automne 1983

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1105569ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1105569ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Collège Édouard-Montpetit

ISSN

0709-4469 (imprimé)

2817-3295 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Crête, S.-A. (1983). L'émergence de la vie sur une planète nommée « Terre ». *Petite revue de philosophie*, 5(1), 95–118. <https://doi.org/10.7202/1105569ar>

**L'émergence de la vie sur
une planète nommée «Terre»**

Serge-André Crête

Professeur au département d'anthropologie

L'examen de la question de l'origine de la vie sur terre peut se faire selon plusieurs approches. D'abord, on peut considérer qu'il s'agit d'un mystère qui par définition restera toujours hors de notre entendement. Une deuxième voie, guère plus enrichissante, dite de la panspermie, affirme que la vie aurait étéensemencée sur terre à partir d'une autre galaxie, ce qui ne fait que reculer le problème et, encore, dans un champ présentement inaccessible. Enfin, d'un point de vue scientifiquement plus prometteur, on peut considérer la possibilité que la vie provienne de la terre elle-même et que les propriétés physiques et chimiques de la matière terrestre, activées par l'énergie solaire, sont nécessaires et suffisantes à l'émergence de l'animé à partir de l'inanimé.

Le fondement de la méthode scientifique repose sur la nécessité de répétition d'effets semblables lors

de la reproduction de conditions semblables, toutes choses étant égales. La valeur d'une hypothèse dégagée d'observations se mesure à la prédictibilité des résultats en recréant des conditions similaires. Ainsi, tout modèle théorique voulant rendre compte de l'émergence de la vie devra être formulé de façon à permettre la reconstitution des conditions qu'il imagine et à vérifier l'exactitude des effets qu'il escompte.

En corollaire, on doit considérer que la répétition sur une ou d'autres planètes de conditions semblables produirait une vie semblable. Cependant, les données actuelles, sinon d'hypothétiques calculs probabilistes, ne permettent en aucune façon d'affirmer ou d'infirmer l'existence d'une forme quelconque de vie ailleurs que sur notre planète. Ainsi, bien que nos postulats en admettent la possibilité, cette question demeure hors de notre propos.

Remarquons aussi que l'approche que nous présentons n'exclut en rien, pour un croyant, la nécessité d'une intervention supérieure qui aurait créé les mécanismes et les lois devant conduire au vivant, à son maintien et à son évolution. Une interprétation de l'évolution de la matière devant conduire à la vie et à son foisonnement selon des lois et des mécanismes imposés par un Créateur est aussi, sinon plus compatible avec *La Genèse* que l'étroite exégèse du fixisme. Saint Augustin lui-même n'a-t-il pas écrit, et bien avant Darwin: «La production des êtres vivants ne fut complète au début que dans leur principe et leur cause car Dieu ne crée point d'emblée toute la nature. Il donne à la terre et aux eaux en les tirant du néant le pouvoir d'amener au jour, à l'époque fixée, tous les êtres destinés à reprendre la vie

et le mouvement dans les eaux, les airs et sur tous les points du globe.»

Le support théorique qui sous-tend la démarche que nous allons résumer a d'abord été présenté, de façon indépendante, par un Russe, A.I. Oparin, dans *L'Origine de la vie sur terre*, publié en 1924, et par un Anglais, J.S.B. Haldane. À leur suite, de nombreux chercheurs tels D. Bertholet, P. Becquerel, S. Miller, M. Calvin, A.J. Bard, C. Ponnampertuma et autres, ont précisé un modèle qui d'une part rend compte de l'origine du vivant et d'autre part permet l'expérimentation en reconstituant en laboratoire les conditions et les étapes qu'ils imaginent. Avant de développer ces étapes, définissons le vivant et ses fonctions et examinons la forme la plus simple sous laquelle la vie a dû logiquement se manifester d'abord.

Définition du vivant

Tout vivant est une entité distincte du milieu externe, duquel il est isolé par une membrane, formée de molécules complexes composées essentiellement de carbone (C), hydrogène (H), oxygène (O) et azote (N), et qui utilise la chimie du carbone pour réaliser certaines fonctions comme: l'autoreproduction, l'autorégulation et l'autoconservation.

Autoreproduction: C'est la faculté du vivant de pouvoir fabriquer d'autres vivants semblables à partir de sa propre substance.

Autorégulation: C'est la faculté du vivant de se conduire lui-même ou d'administrer son propre fonctionnement en réagissant aux stimuli de l'environnement interne et externe.

Autoconservation: C'est la faculté du vivant de résister

à l'entropie en transformant et en utilisant des matériaux et de l'énergie pris à l'extérieur pour réaliser les autres fonctions et remplacer les éléments défectueux ou usés. Cette fonction est assurée par la nutrition, l'assimilation, la respiration et l'élimination.

La nutrition consiste à puiser à l'extérieur les matériaux et l'énergie dont le vivant a besoin. Elle s'effectue selon deux modes principaux:

1. Hétérotrophisme: capacité de certains vivants de se nourrir exclusivement de matière organique, c'est-à-dire de molécules qui contiennent des liaisons chimiques entre des atomes de carbone. C'est le mode de nutrition des animaux.

2. Autotrophisme: capacité de certains vivants de se nourrir de matière inorganique, comme du CO_2 , et de capter directement l'énergie solaire pour réaliser des liaisons chimiques entre des atomes de carbone. Ce processus, appelé photosynthèse, génère des molécules organiques en rejetant de l'oxygène. C'est le mode de nutrition des végétaux.

L'assimilation consiste à désintégrer les matériaux puisés à l'extérieur par la nutrition et à les réintégrer en ses propres constituants.

La respiration consiste à stocker l'énergie puisée à l'extérieur et à l'utiliser pour la réalisation des autres fonctions.

L'élimination consiste à retourner à l'extérieur les matériaux non utilisés et les éléments défectueux ou usés qui ont été remplacés.

Les unicellulaires

La forme la plus élémentaire de vie se réalise dans les êtres unicellulaires. Chacun d'eux est essentielle-

ment constitué d'une membrane cellulaire, qui l'isole du milieu externe, et du cytoplasme. Celle-là est faite de lipides, composés de glycérine et d'acides gras, et de protéines, structures complexes d'acides aminés (A.A.). Le cytoplasme contient le protoplasme et les chromosomes. Ceux-ci sont formés de protéines et de doubles chaînes enroulées sur elles-mêmes de nucléotides faits de bases azotées, d'un sucre simple et d'acide phosphorique. La substance de base du protoplasme est faite de protéines, de polysaccharides, chaînes de plusieurs sucres simples, et de phosphates d'adénosine, composés d'une base azotée, d'un sucre simple et d'acide phosphorique. Il contient aussi divers micro-organites: mitochondries, ribosomes, appareils de Golgi, vacuoles, fibrilles, reticulum endoplasmique, etc., eux-mêmes constitués de protéines, nucléotides, polysaccharides, lipides et phosphate d'adénosine.

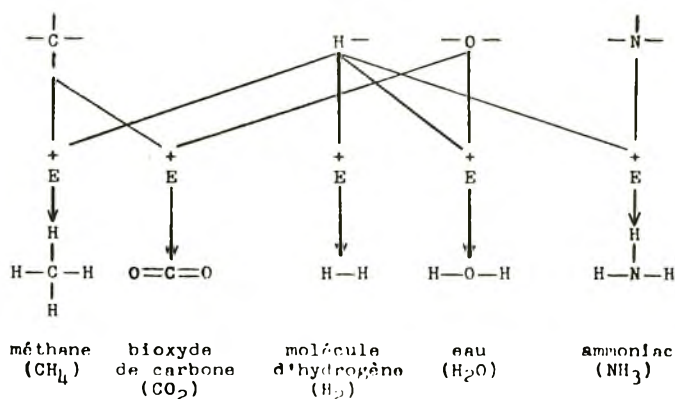
Certains unicellulaires, comme celui que nous venons de décrire, ont leurs chromosomes libres dans le protoplasme. On les appelle «procaryotes»; ce sont par exemple les bactéries et les algues bleues. C'est la forme la plus élémentaire de vie. D'autres déjà plus complexes rassemblent leurs chromosomes à l'intérieur d'une autre membrane, la membrane nucléaire, elle aussi faite de lipides et de protéines, comme la membrane cellulaire; ce sont les cellules à noyau dites «eucaryotes».

La glycérine, les acides gras, les acides aminés, les sucres simples et les bases azotées qui fabriquent les lipides, les protéines, les chromosomes et autre constituants de la cellule sont à plus de 95% composés de quatre éléments: carbone, hydrogène, oxygène et azote. C'est pourquoi nous appellerons C, H, O et N les quatre éléments fondamentaux.

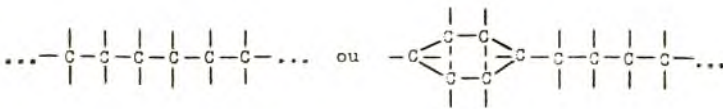
Les éléments fondamentaux et les propriétés du carbone

Comme tous les autres éléments qui composent notre planète et l'univers, les éléments fondamentaux sont capables de s'unir les uns aux autres par des liaisons chimiques qui absorbent et conservent de l'énergie. Ils ont cependant des appétits différents d'inter-union. Ainsi, l'hydrogène peut réaliser un lien chimique avec d'autres éléments, on dit qu'il est monovalent; l'oxygène est bivalent, il peut réaliser deux liaisons; l'azote est trivalent, il peut en réaliser trois et le carbone est tétravalent, c'est-à-dire qu'il est capable de quatre liens chimiques pour un même atome.

Par exemple, si on fournit de l'énergie, en le chauffant, à un mélange d'oxygène et d'hydrogène, chaque atome d'oxygène s'unira à deux atomes d'hydrogène, $H-O-H$, pour former une molécule d'eau. Chacun des deux liens chimiques qui unissent un atome d'oxygène à deux atomes d'hydrogène emprisonne de l'énergie. Si on brise l'un de ces liens, l'énergie qu'il contenait sera libérée. De même, on peut unir entre eux les éléments fondamentaux de la façon suivante:



Le carbone, en absorbant beaucoup d'énergie, a tendance à s'unir à lui-même pour former des chaînes ou des anneaux :



Les autres liens chimiques sont alors satisfaits par d'autres éléments. On appelle matière organique des molécules ainsi constituées de liaisons entre des atomes de carbone. Ces chaînes ou ces anneaux peuvent être simples ou multiples, à deux ou à trois dimensions. On voit donc que la chimie du carbone permet une complexification et une diversification moléculaire infinies.

La formation de l'atmosphère primitive

Le mouvement de rotation de la terre engendre une force centrifuge qui tend à éloigner les éléments du centre. Les plus lourds résistent mieux à cette force et restent concentrés vers l'intérieur, alors que les plus légers sont poussés vers la périphérie. C'est ainsi que les éléments fondamentaux qui sont très légers vont s'accumuler à la surface du globe; en présence d'énergie, ils vont réagir et synthétiser les molécules simples que nous venons de voir. L'énergie disponible sur terre provient du soleil; avant l'activité photosynthétique des végétaux qui a généré une atmosphère oxygénée et l'a entourée d'une couche protectrice d'ozone (O_3) qui, bien après l'apparition du vivant, réfractera les rayons à haute teneur énergétique du soleil, comme les rayons ultraviolets, ceux-ci ont réchauffé l'écorce terrestre. Les éléments fondamentaux, disposant à la surface de la terre d'une énergie encore plus puissante qu'aujourd'hui,

s'unissent entre eux et génèrent autour de la planète une atmosphère gazeuse, sans oxygène à l'état libre, composée de CH_4 , NH_3 , H_2O , CO_2 et H_2 , et que nous appelons «l'atmosphère primitive». À leur tour, toujours en captant l'abondante énergie du soleil, ces molécules simples réagissent entre elles pour former des molécules déjà plus complexes que nous appellerons «monomères».

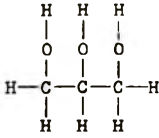
La synthèse des monomères

Les monomères sont des composés chimiques constitués de molécules simples. Les monomères biologiques, ou biomonomères, sont des structures en chaînes ou en anneaux de carbone qui sont utilisées par les constituants du vivant.

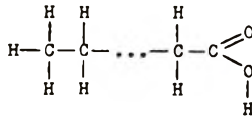
En présence d'énergie, les molécules de méthane (CH_4), d'oxyde de carbone (CO_2), d'hydrogène (H_2) et d'eau (H_2O) réagissent pour former de la glycérine ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$), chaîne à trois atomes de carbone, des acides gras, chaînes comprenant de 2 à 20 atomes de carbone et une terminaison spéciale appelée «groupement acide» ($-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{array} -\text{H}$), et du formaldéhyde (CH_2O ou $\begin{array}{l} \text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array} > \text{C} = \text{O}$). Les molécules de formaldéhyde en absorbant de l'énergie synthétisent des sucres simples, de formule généralisée: $\text{C}_x\text{H}_{2x}\text{O}_x$. Six molécules de formaldéhyde composent ainsi du glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), alors que cinq forment du ribose ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$). Une autre molécule importante est constituée comme du ribose, mais avec un atome d'oxygène en moins, d'où son nom: désoxyribose ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$).

Le méthane (CH_4) et l'ammoniac (NH_3), toujours en absorbant de l'énergie, produisent de l'acide cyanhy-

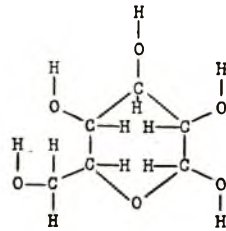
LES BIOMONOMERES



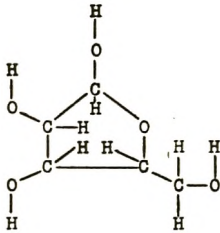
GLYCERINE



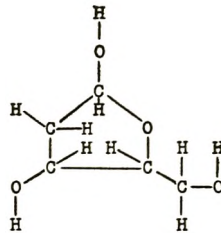
ACIDE GRAS



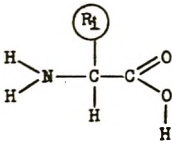
GLUCOSE



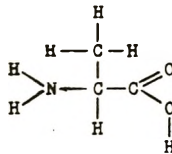
RIBOSE



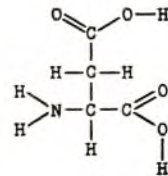
DESOXYRIBOSE



FORME GENERALE

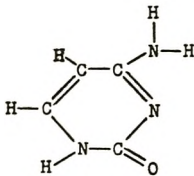


ALANINE

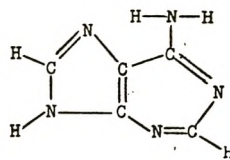


ACIDE ASPARTIQUE

ACIDES AMINES



CYTOSINE (PYRIMIDINE)



ADENINE (PURINE)

drique (HCN ou $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$). Celui-ci en présence d'eau génère des molécules organiques appelées acides aminés (A.A.) et bases azotées.

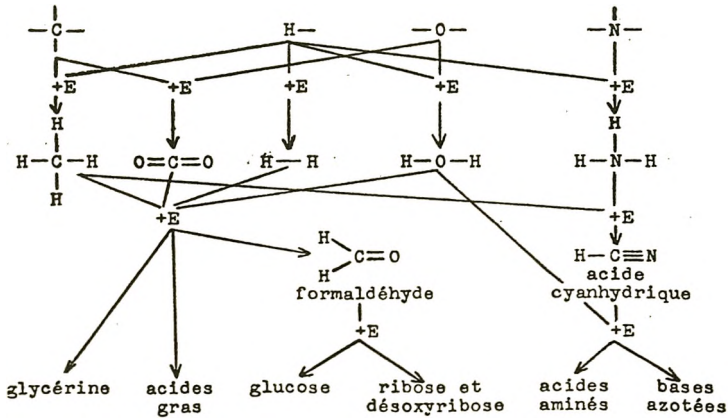
Les acides aminés sont des chaînes ou des anneaux de carbones variables (Ri) qui par l'intermédiaire d'un carbone s'unissent au groupement acide déjà vu ($-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{O} \end{array} -\text{H}$) et à un autre groupement appelé

«amine» ($\begin{array}{l} \text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array} \text{N}-$). On connaît une trentaine d'acides aminés dont vingt sont utilisés par le vivant et dix-huit par toutes les protéines: glycine, alanine, acide aspartique, tryptophane, etc. Les bases azotées sont des structures en anneaux de carbone et d'azote; la thymine ($-\text{[rectangle]}-$) et la cytosine ($-\text{[rectangle]}-$) sont des anneaux simples appelés «pyrimidines»; la guanine ($-\text{[rectangle]}>$) et l'adénine ($-\text{[rectangle]}-$) sont des anneaux doubles appelés «purines».

Les biomonomères s'accumulent dans les eaux des mers et des océans. Pendant ce temps, divers facteurs d'érosion comme les pluies, les vents, etc., désagrègent les sels minéraux de l'écorce terrestre qui sont entraînés par l'eau de ruissellement, les rivières et les fleuves vers ces mêmes océans où ils se dissolvent pour en constituer graduellement la salinité. Ces sels minéraux contiennent les autres éléments qui, bien qu'en proportions minimales, d'où leur nom d'oligo-éléments, entrent dans la composition du vivant: phosphore, potassium, soufre, sodium, magnésium, calcium, chlore et fer.

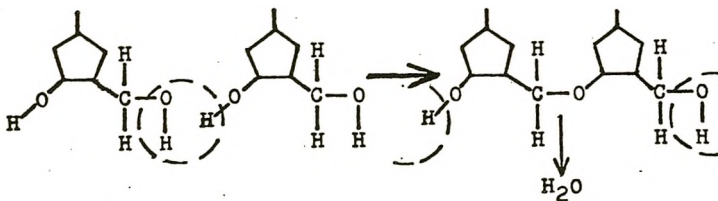
Les monomères sont dynamiquement stables, c'est-à-dire qu'ils ont tendance à se maintenir et à s'unir entre eux en présence d'énergie, ou à se polymériser.

EN RÉSUMÉ



La polymérisation ou la synthèse des constituants du vivant

Un polymère est un composé chimique complexe constitué de monomères unis entre eux par un processus appelé «liaison peptidique». Si on libère un lien chimique à l'extrémité d'un monomère en enlevant un atome H et qu'on fasse de même à l'extrémité d'un autre en enlevant une molécule OH, les extrémités ainsi activées peuvent s'unir et créer un nouveau lien entre les deux monomères:



Cette union entre deux monomères, par élimination d'une molécule d'eau constitue une liaison peptidique. On peut de la même façon ajouter à la chaîne ainsi amorcée d'autres monomères pour former un polymère.

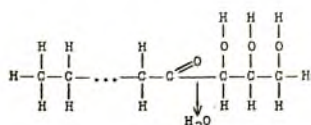
Les graisses ou lipides sont constitués d'un acide gras uni à une glycérine par une liaison peptidique; de même, l'union de centaines de molécules de sucres simples forme des polysaccharides, comme l'amidon par exemple.

Les protéines

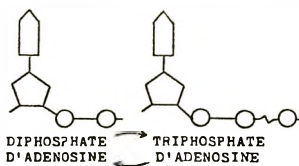
Les protéines sont des molécules complexes constituées de centaines d'acides aminés reliés entre eux, comme les wagons d'un train, par des liaisons peptidiques. On sait que vingt A.A. différents entrent dans la composition des protéines du vivant; de même que les mêmes vingt-six lettres de l'alphabet, en les combinant différemment, permettent d'écrire une infinité de mots et de phrases significativement différents, la séquence ou l'ordre des A.A. engendre une infinie variété de protéines. Cette variabilité est telle que chaque individu aura des protéines qui lui sont particulières. En fait, plus la proximité biologique entre des individus, ou des taxons, est grande, plus ils partagent de protéines semblables. C'est donc la variabilité des protéines, engendrée par l'infinie variabilité des séquences d'acides aminés qui les composent, qui détermine la variabilité des groupes biologiques et même l'infinie variabilité des individus.

Les protéines jouent deux rôles essentiels dans le vivant. D'abord, ce sont les matériaux de base de la structure de toutes les parties de la cellule. Ensuite, elles sont les catalyseurs qui accélèrent les processus chimi-

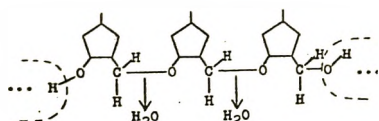
LES BIOPOLYMERES



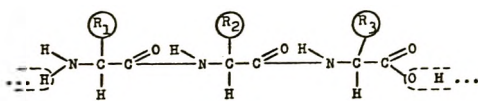
LIPIDE



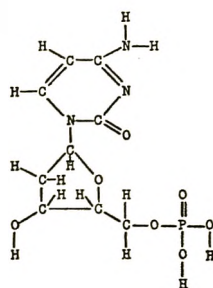
DIPHOSPHATE D'ADENOSINE ↔ TRIPHOSPHATE D'ADENOSINE



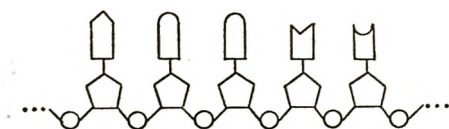
POLYSACCHARIDE



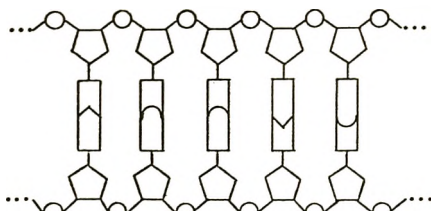
PROTEINE



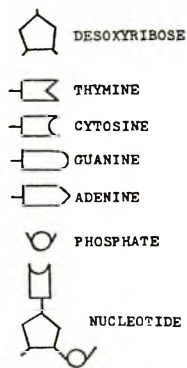
NUCLEOTIDE



CHAINE D'ACIDE NUCLEIQUE



ACIDE DESOXYRIBONUCLEIQUE (A.D.N.)



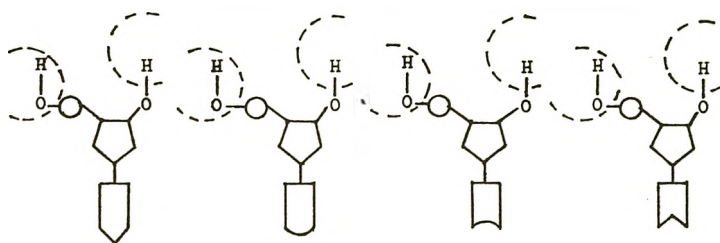
ques qui assurent d'une part la réalisation des fonctions du vivant et d'autre part la synthèse des constituants organiques. Ainsi, dans les océans primitifs, à partir du moment où les liaisons peptidiques entre A.A. ont synthétisé des protéines, tous les mécanismes de formation de matières organiques, qui avant se réalisaient au hasard des rencontres des molécules appropriées, ont été grandement accélérés par la fonction enzymatique des protéines.

Phosphate d'adénosine

Le phosphate d'adénosine est un polymère formé de liaisons peptidiques entre une adénine (base azotée), un ribose (sucre simple à cinq carbones) et deux (diphosphate d'adénosine) ou trois (triphosphate d'adénosine) molécules d'acide phosphorique. Les liaisons entre les acides phosphoriques, appelées «liens phosphates», absorbent beaucoup d'énergie. Le triphosphate d'adénosine (ATP) en brisant un lien phosphate, libérant une grande quantité d'énergie, peut se dégrader en diphosphate d'adénosine (ADP). L'inverse peut se réaliser en emmagasinant de l'énergie. Cette relation réversible fait du phosphate d'adénosine le réservoir d'énergie du vivant.

Acide désoxyribonucléique (A.D.N.)

Un désoxyribose ($C_5H_{10}O_4$) uni par liaisons peptidiques d'une part à une base azotée (thymine, cytosine, guanine ou adénine) et d'autre part à un acide phosphorique constitue un nucléotide. On aura donc quatre types de nucléotides, selon les quatre bases azotées qui entrent dans leur formation:



À leur tour, les nucléotides peuvent s'unir entre eux et ce de deux façons, disons horizontalement et verticalement. À la base, chaque nucléotide est terminé par un H du désoxyribose et un OH de l'acide phosphorique. On peut donc unir horizontalement deux nucléotides par une liaison peptidique et poursuivre indéfiniment la chaîne ainsi amorcée. Des milliers de nucléotides de cette façon réunis constituent une chaîne d'acide nucléique. Verticalement, deux nucléotides peuvent s'unir par leur base azotée, mais toujours de la façon suivante: thymine avec adénine et cytosine avec guanine. On peut donc doubler une chaîne d'acide nucléique en superposant à chaque nucléotide son complémentaire pour former une nouvelle série de peptidiques. On peut ainsi former comme une échelle dont les montants seraient les deux séries de liaisons phosphates articulées par des désoxyriboses aux barreaux de nucléotides. Cette double chaîne d'acides nucléiques réunis par leurs bases azotées s'appelle «acide désoxyribonucléiques» ou «A.D.N.»

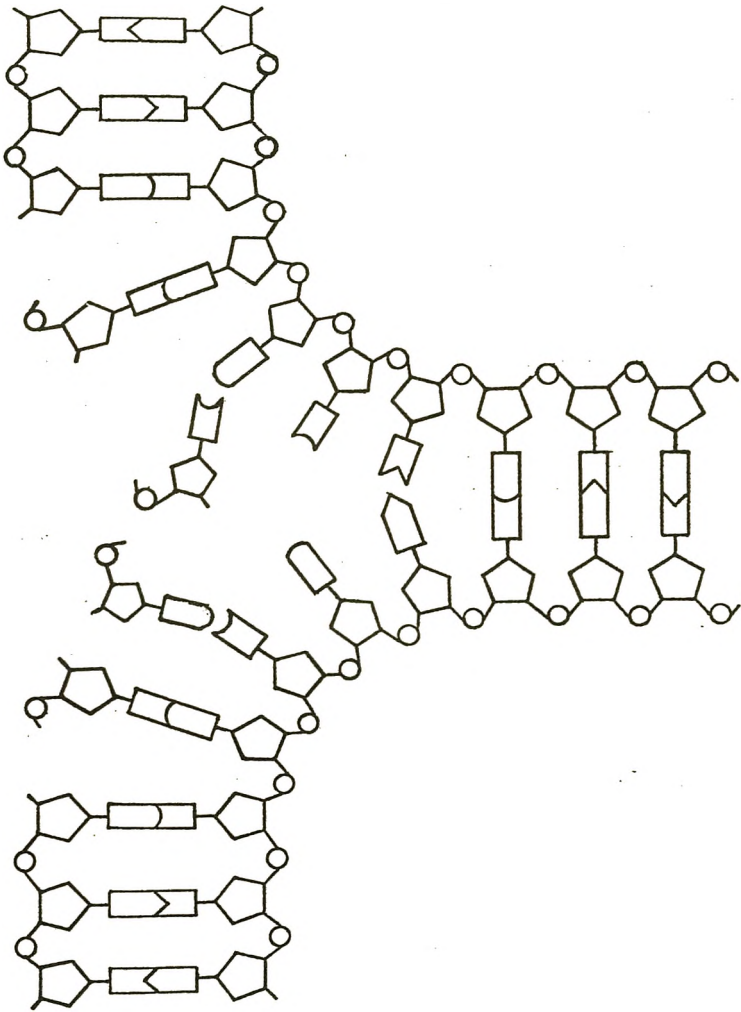
L'A.D.N. a le pouvoir d'autoreproduction. Lorsque par l'alimentation et l'assimilation une cellule devient saturée des nucléotides nécessaires, les deux chaînes d'acide nucléique se séparent en brisant les faibles liens

chimiques entre les bases azotées; de part et d'autre, chaque nucléotide appelle et fixe son correspondant dédoublant ainsi l'A.D.N. original.

L'A.D.N. préside à la synthèse des protéines; lorsqu'il se dédouble, chaque triplet de nucléotides, selon un mécanisme complexe que nous ne détaillerons pas ici, appelle un acide aminé particulier et le place de façon telle qu'il puisse s'unir à l'acide aminé appelé par le triplet suivant, et ainsi de suite. C'est donc la séquence ou l'ordre des nucléotides de l'A.D.N. qui détermine la séquence ou l'ordre des acides aminés des protéines propres à chaque espèce et à chaque individu. Ainsi, l'acide désoxyribonucléique qui compose les gènes constitue le code génétique transmissible et modifiable de tout vivant.

Toute sorte de radiations, par exemple émises par le soleil ou par la matière terrestre elle-même, bombardent continuellement l'atmosphère, la biosphère et la surface terrestre. Lors du processus de duplication de l'A.D.N., ces radiations peuvent briser les chaînes d'acides nucléiques, y insérer d'autres nucléotides, ou encore en enlever. Il peut donc y avoir des accidents ou des erreurs dans la reproduction de l'A.D.N. qui modifient la séquence des nucléotides. Or puisque c'est cet ordre qui préside à la synthèse des protéines, ces modifications entraînent la formation de protéines différentes et conséquemment l'expression de caractéristiques biologiques différentes et héréditaires, puisque les «erreurs» seront recopiées lors des duplications subséquentes de l'A.D.N. Ce sont ces modifications de la séquence des nucléotides lors de la duplication de l'acide désoxyribonucléique que l'on appelle «mutations».

DUPLICATION DE L'A.D.N.



Chaque chromosome est constitué de centaines de milliers de gènes eux-mêmes formés de centaines de milliers de nucléotides formant l'A.D.N. qui constitue le code génétique et qui a le pouvoir d'autoreproduction et de mutation.

Nous avons donc vu qu'il était possible, à partir des quatre éléments fondamentaux et de leurs mécanismes d'interaction, d'élaborer un modèle théorique de synthèse des monomères puis, à partir de ceux-ci, de tous les constituants de la cellule: lipides, polysaccharides, protéines, phosphate d'adénosine, A.D.N., gènes et chromosomes. Avant d'examiner dans quelles conditions et selon quel processus ces constituants ont pu créer la vie, nous allons brièvement regarder quelques-unes des expériences de telles synthèses réalisées en laboratoire. Ces expérimentations vont permettre d'une part de vérifier l'exactitude du modèle théorique et indiqueront la voie de la formation des premières cellules vivantes et de leur développement.

La synthèse des molécules organiques en laboratoire

À l'époque où Oparin et Haldane ont commencé à élaborer leur modèle à la base des théories actuelles de l'origine de la vie sur terre, seul le vivant pouvait synthétiser de la matière organique. Certes, on réussissait à en produire expérimentalement, mais toujours à l'aide d'autres composés organiques issus du vivant, comme des protéines biologiques par exemple. Ce n'est qu'en 1953 que Stanley Miller, de l'Université de Chicago, réussit pour la première fois à synthétiser certains produits organiques et même des acides aminés, sans l'intervention d'aucun vivant.

Miller enferme dans un ballon les constituants de l'atmosphère primitive: H_2 , NH_3 , CH_4 , H_2O et CO_2 . Il chauffe le mélange et pendant une semaine y fait circuler un courant électrique de 60,000 volts. L'analyse du contenu du ballon révèle alors, pour la première fois, la formation de produits organiques: urée, iminoacide, acide cyanhydrique et autres et, qui plus est, divers acides aminés comme la glycine, l'alanine, l'acide aspartique et l'acide diglutaminique. À sa suite, de nombreux chercheurs tels Melvil Calvin de l'Université de Californie, prix Nobel de chimie de 1961, Sydney W. Fox de l'Université de Miami, Allan J. Bard de l'Université du Texas, J. Orò de l'Université de Huston et C. Ponnampuruma de la Nasa, pour ne rappeler que ceux-là, synthétisent tous les acides aminés et les autres monomères du vivant: glycérine, acides gras, sucres simples et bases azotées. Pour ce faire, ils varient les proportions des constituants de l'atmosphère primitive, utilisent différentes sources d'énergie: électricité, chaleur, rayons ultra-violet, énergie solaire; et ils expérimentent divers catalyseurs: laves volcaniques, poudre de titane ou de platine, deux éléments qui se retrouvent à l'état d'ions dans les argiles marines.

Les polymères

Les monomères artificiels, en solutions chauffées à des températures convenables et en présence des catalyseurs favorables, produisent des polymères. Par exemple, des argiles riches en nickel précipitent une solution d'acides aminés en protéines synthétiques en sélectionnant les vingt A.A. du vivant et seulement ceux-là. S. Fox les appelle «protéinoïdes» pour les distinguer des protéines biologiques. De la même façon, des solutions de

sucres simples, de bases azotées et de phosphates produisent des polysaccharides, du phosphate d'adénosine et des nucléotides. Le problème consiste toujours à trouver les justes proportions des différents mélanges, les températures adéquates, les catalyseurs favorables et à réunir ces différents éléments dans les conditions les plus opérationnelles.

G. Schram, de l'Institut Max Plank d'Allemagne, à partir de nucléotides et d'un dérivé de l'acide métaphosphorique, réalise des enchaînements moléculaires de 30 à 300 nucléotides attachés les uns aux autres par des liaisons peptidiques. Semblablement, Leslie Orgel, de l'Institut Salk en Californie, synthétise de véritables gènes nus, capables de duplication.

En fait, tous les polymères, matériaux du vivant, y compris protéines et fragments d'acide désoxyribonucléique, sont maintenant fabriqués artificiellement en laboratoire, sans l'utilisation d'aucun composé fourni par du vivant, montrant la justesse du modèle théorique élaboré plus haut. Si l'on n'a pas encore réalisé la complexité des centaines de milliers de nucléotides qui composent chaque gène, ce n'est qu'une question de catalyseurs et de conditions favorables sur lesquels porte actuellement la recherche.

Les protobiontes

Certes, on n'a pas encore produit de véritables cellules vivantes en laboratoire, mais on peut synthétiser des microsphères qui s'en approchent beaucoup et qui sont appelées «protobiontes» ou «éobiontes». Ce sont des gouttelettes de matière organique en suspension dans l'eau, isolées du milieu externe par une membrane de protéines et de lipides, effectuant avec lui

des échanges par simple osmose et capables de croissance et même de fractionnement en gouttelettes filles. L'osmose est la diffusion d'éléments à travers une membrane de façon à équilibrer de part et d'autre la concentration de ces éléments.

A. I. Oparin utilise des composés organiques comme de l'histone (protéine), de la gomme arabique (polysaccharide) et de la phosphorilase (enzyme) lesquelles, en concentration suffisante, forment spontanément des microsphères, qu'il appelle «coacervats», en suspension dans l'eau. En ajoutant à la solution du glucose-1-phosphate ou de l'ATP, qui se diffuse dans les gouttelettes par osmose, il y a polymérisation en amidon, croissance des coacervats et rejet du phosphate inorganique vers la solution. Par simple brassage, il y a division et multiplication des gouttelettes.

Oparin a pu synthétiser des protobiontes à partir de matériaux organiques fournis par du vivant. S. Fox réalise la même chose, mais en n'utilisant que des molécules entièrement fabriquées en laboratoire sans intervention d'aucun constituant biologique. Ainsi, ses protéinoïdes en solution concentrée dans de l'eau salée s'agglutinent spontanément en microsphères, lorsque chauffées entre 130° et 180° C. Elles sont isolées par des membranes protéiniques et se nourrissent par osmose de composés organiques artificiels ajoutés à la solution comme le glucose, l'A.A., l'ATP, etc. L'ajout de poudre de zinc à la solution active l'absorption, fait se mouvoir les gouttelettes qui se fragmentent par simple agitation et frottement.

On peut donc actuellement réaliser la synthèse abiotique, c'est-à-dire sans intervention d'aucun vivant

ou produit du vivant, de tous les polymères entrant dans la composition du vivant. On peut même imaginer des conditions qui leur permettent spontanément de former des entités isolées qui ont la structure et réalisent les fonctions des vivants les plus simples, les procaryotes. Il est à noter que le tout se fait en milieu anaérobique, c'est-à-dire sans oxygène à l'état libre et que ces protobiontes sont hétérotrophes.

La naissance des premières cellules vivantes

Tous les constituants de la cellule se seraient formés selon le processus décrit plus haut et vérifié expérimentalement, et se sont accumulés dans les océans pour constituer ce que Haldane a appelé « la soupe primitive ». Selon la voie indiquée par les expériences de Oparin et de Fox, la concentration des polymères, par évaporation de l'eau dans des anfractuosités rocheuses à marée basse par exemple, amène spontanément la formation de membranes de protéines et de lipides, isolant de la matière organique en microsphères. À marée haute, les gouttelettes retournent à la mer gorgée de polymères. Par simple osmose, les gouttelettes se nourrissent, croissent et rejettent leurs déchets. L'agitation des vagues et le mouvement propre des microsphères, activées par les catalyseurs présents dans les argiles marines, fragmentent les gouttelettes qui ainsi se divisent et se multiplient. Certaines, chez qui la perméabilité de la membrane est plus sensible à l'absorption d'A.D.N., en viennent à s'autoreproduire, réalisant toutes les fonctions qui définissent le vivant. Ce sont les premières cellules procaryotes hétérotrophes qui vivent et se multiplient en milieu anaérobique. Leur prolifération, pendant des centaines de millions d'années, entraîne une diminution de la concentration des polymères de la

soupe primitive. Une mutation importante munit certaines cellules de pigments de chlorophylle les rendant capables de capter directement l'énergie solaire pour synthétiser de la matière organique par photosynthèse en libérant l'oxygène qui formera l'atmosphère terrestre. La soupe primitive peut s'appauvrir, les autotrophes deviennent la nourriture des hétérotrophes. Dans certaines cellules, une autre membrane isole les chromosomes formant des cellules complètes à noyau, les eucaryotes.

Le processus que nous venons de décrire en quelques lignes s'est en réalité développé sur une période de plus de trois milliards d'années. Les cellules ainsi «créées» vont se diversifier, certaines vont même s'agglutiner en colonies, il y aura spécialisation de cellules en tissus et organes variés et de là naîtra l'extrême diversité du vivant.