

Le mystère de la vie

George T. Javor

*Les recherches sur le secret de
la vie mènent à un Créateur
d'une infinie sagesse.*

L'étude de la matière vivante est au cœur même de tous les efforts scientifiques actuels, dont les plus récents succès sont le clonage de la brebis Dolly et le séquençage intégral des trois milliards de nucléotides des chromosomes humains¹. Mais, chose étrange, la vie elle-même n'est guère l'objet d'études, les scientifiques paraissant tenir son existence pour acquise. Il est malaisé de trouver, dans les monographies et manuels disponibles aujourd'hui, une discussion approfondie sur l'essence de la vie. Ces publications expliquent fort bien comment la matière vivante est assemblée et comment fonctionnent ses éléments. Mais cela ne suffit pas à expliquer la vie, parce que les éléments constitutifs de la matière vivante sont eux-mêmes dénués de vie.

Imaginons que l'on décompose la matière vivante, puis qu'on en combine à nouveau les éléments ainsi séparés. Ce travail nous donnera une impressionnante collection de substances inertes — mais pas de la vie. A ce jour, la science n'a pu créer en laboratoire la moindre bribe de matière vivante. Est-ce parce que celle-ci renferme un ou plusieurs composants que les chimistes ne peuvent fournir ? En répondant à cette question, nous allons avancer ici une idée importante quant aux origines de la vie.

Quelle est l'origine de la vie ?

Il y a plus de cent ans que Louis Pasteur et d'autres ont démontré l'inanité de la notion d'abiogénèse, ou transformation spontanée de la matière sans vie en organismes vivants. De nos jours, les biologistes se contentent de dire que « la vie ne provient que de la vie ». Les scientifiques, néanmoins, acceptent en général que la vie sur la terre des origines s'est initialement développée en-dehors du domaine biologique. Ce faisant, ils affirment ipso facto — comme c'est pratique ! — que les conditions régissant le

« monde primitif » étaient favorables à la génération spontanée de la vie.

Selon une autre théorie, la vie fut peut-être importée sur la terre en provenance de l'espace. Or, si la terre est riche de millions d'espèces d'organismes, toutes différentes, il n'existe aucune trace de vie dans le reste du système solaire. Et si l'on veut chercher plus loin, il faut tenir compte des 3,5 années-lumière qui nous séparent de l'étoile la plus proche, Alpha du Centaure.

Reste donc une seule option logique pour expliquer l'origine la vie : l'action d'un Créateur surnaturel. Mais la science, obnubilée par sa tentative de tout ramener à des lois naturelles, rejette l'option « Création » comme étrangère au domaine scientifique.

La vie n'est pas une entité tangible

Or la vie n'est pas une entité tangible. On ne peut la mettre dans un bocal et la manipuler. Nous ne pouvons observer « la vie » qu'associée à des formes bien particulières de la matière, ayant la capacité de croître et de se scinder en répliques d'elles-mêmes, pouvant réagir à divers stimulants externes et se servant de la lumière ou de l'énergie chimique pour accomplir tout cela².

Le terme *vie* est porteur de significations diverses, selon qu'il fait référence à un organisme, à un organe ou à une cellule. Les organes de la personne humaine peuvent continuer à vivre après sa mort si, dans un certain délai, on les transpose dans le corps d'une autre personne vivante. Mais ce que signifie la survie d'un foie, d'un rein ou d'un cœur transplanté n'a rien à voir avec la « vie » humaine. Qui plus est, la vie de chaque organe dépend de la vitalité de ses cellules.

Toutes les manifestations de la vie dépendent de cellules vivantes, unités les plus basiques de la matière vivante.

Quand on en dissèque une, on se retrouve avec un ensemble de structures infracellulaires très complexes, mais privées de vie : membranes, noyaux, mitochondries, ribosomes, etc.

Existe-t-il, comme le voudraient certains, un continuum ininterrompu entre les deux états (vivant et non vivant) de la matière ? Et si tel est le cas, la question de l'origine de la vie devient floue, car la transition d'un état à l'autre serait pareille à d'autres transformations chimiques. On nous donne cependant des exemples d'organismes censés combler le fossé entre le vivant et le non-vivant : virus, prions, mycoplasmes, rickettsies et chlamydiae.

En réalité, les virus et les prions sont des entités actives au plan biologique mais dépourvues de vie. Le terme « virus vivant » n'est pas approprié, même si le virus est un agent biologiquement actif qui infecte les cellules vivantes. Quant au prion, c'est une protéine unique en son genre, dotée de la capacité de modifier les structures d'autres protéines³. Ces protéines fraîchement transformées acquièrent à leur tour un mode de fonctionnement de type prion, aboutissant à une suite d'altérations protéiques qui s'enchaînent sur le mode du basculement successif des dominos. C'est cette propriété des prions qui les rend infectieux. Pour se reproduire, par contre, il leur faut, comme les virus, des cellules vivantes. Passons aux rickettsies, chlamydiae et mycoplasmes, qui figurent parmi les plus petits organismes vivants connus. Les deux premiers souffrent de graves déficiences métaboliques et sont contraints à n'exister qu'en tant que parasites intracellulaires. L'écart est donc immense entre la matière vivante et celle

qui ne l'est pas. Rien ne le démontre mieux que notre incapacité, dans les laboratoires, à donner vie à la matière non vivante.

Composition de la matière vivante

Structurellement, la matière vivante est formée d'une combinaison d'eau et de grandes molécules fragiles et sans vie, de protéines, de polysaccharides, d'acides nucléiques et de lipides. Le tableau 1 fournit le détail de la composition chimique brute d'une cellule bactérienne typique, *l'Escherichia coli*.

L'eau est le milieu au sein duquel se déroulent toutes les transformations chimiques. Les protéines et les lipides sont les principaux composants structurels des cellules, les protéines se chargeant aussi du contrôle de toutes les transformations chimiques, sans lesquelles il ne peut y avoir de vie. On ne peut comprendre la base chimique de la vie sans bien connaître les modalités d'interaction entre protéines et réactions chimiques.

La structure des protéines : analogie avec le langage

On rencontre des milliers de formes de protéines, toutes différentes, dotées chacune de ses propriétés chimiques et physiques spécifiques — diversité due à leur taille : chaque protéine peut contenir des centaines d'acides aminés, dont il existe 20 sortes différentes. Ce que peut réaliser chaque protéine dépend de l'ordre d'agencement de ses acides aminés. Pour bien appréhender cet aspect caractéristique de la biologie, faisons une analogie avec le langage.

Dans toute langue, le sens des mots dépend de l'ordre séquentiel de leurs lettres. En français, par exemple, il y a 26

lettres, avec lesquelles on construit les mots. On estime à 500 000 le nombre des différentes combinaisons de lettres reconnues comme autant de mots ayant un sens. Avec un peu d'effort, nous pourrions produire quelque 500 000 (ou plus) autres combinaisons dénuées de sens. Il en est de même pour les millions de différentes protéines existantes, qui ne représentent qu'une proportion minuscule de toutes les combinaisons d'acides aminés possibles⁴.

Quand les mots sont mal orthographiés, leur sens s'en trouve distordu, voire perdu. Il en est de même pour les protéines : afin qu'elles fonctionnent correctement, il faut que leurs acides aminés se suivent dans l'ordre prévu. Toute altération de la séquence des acides aminés peut avoir de graves conséquences. Exemple : la protéine qui porte l'oxygène dans le sang, l'hémoglobine, est formée de quatre chaînes de plus de 140 acides aminés chacune. Chez les personnes atteintes d'une maladie congénitale, la drépanocytose (ou anémie falciforme), il y a altération de l'acide aminé situé en sixième position au sein d'une séquence particulière qui en compte 146. Cette altération engendre une distorsion des globules rouges, à l'origine d'anémies et de bien d'autres problèmes.

Information génétique et séquences d'acides aminés

Comment le mécanisme d'élaboration des protéines s'y prend-il pour savoir quelles sont les bonnes séquences d'acides aminés requises pour chacune des milliers de protéines de la vie ? La réponse réside dans les chromosomes de chaque cellule, qui sont autant de bibliothèques contenant précisément ces informations. Les gènes sont les volumes rangés dans ces bibliothèques et, quand la cellule a besoin d'une protéine particulière, elle active le gène de cette protéine et la synthèse commence. Ce processus est décrit en détail dans n'importe quel manuel récent de biologie ou de biochimie. Pour notre propos, il suffit de noter que plus de 100 événements chimiques doivent se produire afin qu'il y ait synthèse protéique.

Toutes les manifestations de la vie dépendent de transformations chimiques.

Tableau 1

Composition des cellules de *l'Escherichia coli*

Composant	Pourcentage du poids total	Nombre de molécules par cellule	Nombre de formes moléculaires différentes
Eau	70	24,3 milliards	1
Protéines	15	2,4 millions	env. 4 000
Acides nucléiques	7	255 000	660
Polysaccharides	3	1,4 million	3
Lipides	2	22 millions	50-100
Intermédiaires métaboliques	2	nombreux millions	800
Minéraux	1	nombreux millions	10-30

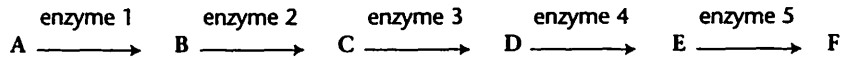
Celles-ci ont lieu quand des agrégats d'atomes (les molécules) gagnent ou perdent de leurs composants ou les réorganisent. Une certaine classe de protéines, les enzymes, relie des molécules spécifiques et en facilitent les transformations chimiques. Il y a dans *Escherichia coli* quelque 3 000 types d'enzymes différents, qui facilitent 3 000 transformations chimiques différentes.

Les enzymes accélèrent les réactions dans d'énormes proportions, ce qui pourrait poser un immense problème, dans la mesure où, dès qu'une réaction est terminée, son point d'aboutissement — appelé « équilibre » — est atteint et qu'aucune autre transformation chimique ne se produit. Et comme la vie dépend des transformations chimiques, lorsque toutes les réactions parviennent à leur point d'aboutissement, la cellule meurt.

Chose stupéfiante, dans la matière vivante aucune réaction ne parvient jamais à l'équilibre. Il en est ainsi parce que ces transformations chimiques sont reliées entre elles, si bien que le produit de l'une forme la substance de départ de la suivante. Si l'on représentait les molécules biologiques par les lettres de l'alphabet, une séquence type de conversions chimiques ressemblerait à la figure 1.

Une telle séquence, ou « voie biochi-

Figure 1



mique », peut être comparée à une chaîne de montage en usine. Le produit final de cette voie particulière, la substance F, est utilisé par la cellule et ne s'accumule donc pas. Dans la matière vivante, chacune des millions de molécules existantes (tableau 1) fait l'objet d'un suivi d'une absolue précision. Le moindre excès, déclenche immédiatement un ajustement des rapports quantitatifs impliqués dans les transformations chimiques.

La figure 2 montre que, dans une cellule vivante, la matière est organisée en hiérarchies d'une complexité croissante. Les flèches représentent les voies biochimiques, allant des substances simples aux substances complexes. L'interdépendance des composants cellulaires présentés en ordre vertical est parallèle aux relations logiques qu'établit la langue écrite entre les lettres, les mots et les phrases, jusqu'au niveau du livre.

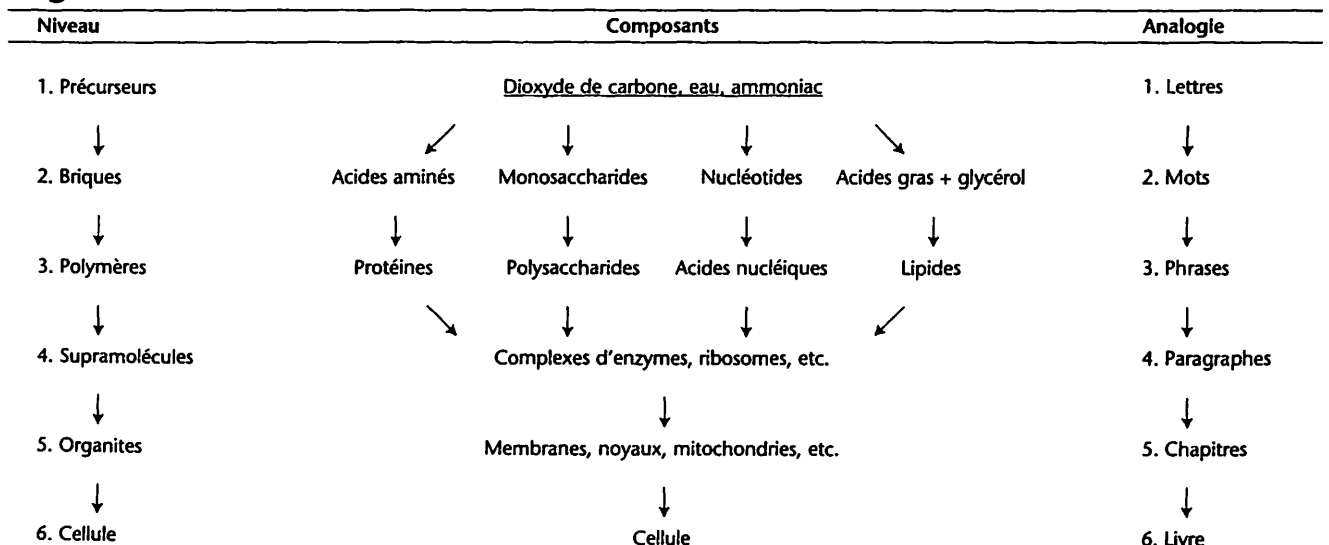
La marge d'erreur est cependant bien moindre en biologie. Des mots mal orthographiés, des phrases distordues ou

des paragraphes manquants ne rendent pas nécessairement inutilisable le document dont ils font partie. Mais étant donné l'étroite interdépendance fonctionnelle de leurs composants, les cellules seraient en grave danger si elles ne disposaient pas de leur stock d'éléments au grand complet.

Il existe aussi entre les composants des cellules une complémentarité horizontale. C'est ainsi, par exemple, que les protéines ne peuvent être fabriquées sans l'aide des acides nucléiques, et réciproquement. Du point de vue de l'évolutionnisme chimique, ce problème ressemble à la bonne vieille question de « l'œuf ou la poule » (voir figure 2).

Chaque voie biosynthétique alimente des niveaux successifs d'organisation de la matière, de plus en plus complexes, et elle est régulée de manière à ce que son produit final convienne aux besoins de la cellule. La vie de celle-ci dépend du fonctionnement harmonieux et presque simultané de ses nombreux composants. Sa croissance équilibrée se fait en état sta-

Figure 2
Organisation de la matière dans la cellule



ble, ce qui veut dire que le flux de matière dans la voie ne subit que des perturbations minimales. Comme il n'est permis à aucune des réactions d'atteindre son point d'aboutissement, *chacune de ces milliers de réactions chimiques reliées les unes aux autres se maintient dans un état de non-équilibre stable.*

L'évolutionnisme chimique et ses tentatives

S'il y a dans la nature des forces productrices de vie, nous nous devons de les rechercher avec assiduité afin de les découvrir et de les maîtriser. Si la génération spontanée était possible, elle pourrait être exploitée pour ramener à la vie ce qui est mort : cellules, organes et même organismes. Qui contesterait à la création de matière vivante ou à l'inversion de la mort le titre de succès scientifique le plus important pour l'humanité ?

Mais l'histoire de la biochimie suggère qu'une telle réussite n'est guère probable. Dans les années 1920, quand Oparin et Haldane ont les premiers avancé l'hypothèse que la vie était née spontanément sur la terre primitive, la biochimie n'en était qu'à ses premiers pas (le concept énoncé par ces deux chercheurs développait l'idée de Darwin, pour qui la vie avait surgi au sein d'une soupe chaude primitive⁵). La première description d'une voie métabolique date des années 30. La structure et la fonction du matériel génétique n'ont commencé à être comprises que dans les années 50. La première séquence d'acides aminés d'une protéine, l'insuline, fut cartographiée en 1955, et la première séquence nucléotidique du chromosome d'un organisme vivant a été publiée en 1995.

Plus nous avons progressé dans notre compréhension des fondations chimiques de la vie, plus celles-ci se sont avérées d'une complexité infiniment supérieure à ce que l'on avait imaginé au départ. On aurait donc dû remettre en question les premières hypothèses abiogénétiques. Or la science a préféré s'embarquer dans un demi-siècle de quête acharnée visant à démontrer expérimentalement la plausibilité de la génération spontanée.

C'est Stanley Miller qui a effectué les premières expériences suggérant que l'évolution chimique serait plausible. Il

annonça, en 1953, avoir réalisé la synthèse d'acides aminés et d'autres substances organiques dans des conditions primitives simulées⁶. Par la suite, toute une discipline connexe s'est constituée, démontrant la possibilité de produire (en laboratoire et sous diverses conditions primitives hypothétiques) 19 ou 20 acides aminés et 4 ou 5 bases azotées requises pour la synthèse de l'acide nucléique, ainsi que des monosaccharides et des acides gras⁷, toutes ces substances étant les composants (ou motifs élémentaires, que l'on peut se représenter comme des briques) de biopolymères de grande taille. On pouvait envisager ainsi la possibilité d'une production primitive de biopolymères.

Mais l'on n'a pas pu démontrer véritablement la mise en relation de ces briques afin qu'elles forment des chaînes de polymères. Chaque liaison entre des substances de type brique exige l'élimination des molécules d'eau, chose quasi impossible dans l'environnement aqueux des hypothétiques océans primitifs. Par ailleurs, ce sont les séquences d'enchaînement des acides aminés dans les protéines, ou des nucléotides dans les acides nucléiques, qui déterminent la fonction de ces biopolymères. Endehors de la matière vivante, il n'existe aucun mécanisme connu susceptible d'engendrer avec certitude des séquences significatives et reproductibles dans les protéines ou dans les acides nucléiques.

Sous conditions primitives simulées, on a pu fabriquer de la matière de type protéique en amenant à haute température des poudres d'acides aminés. Ces « protéinoïdes », cependant, ne sont que des acides aminés reliés de manière aléatoire par des liaisons artificielles⁸ et ne ressemblent que fort peu à des protéines existantes.

Les nucléotides, ces briques constitutives des acides nucléiques, n'ont pas encore été synthétisés sous conditions primitives simulées. La réalisation d'une telle synthèse serait une tâche gigantesque, nécessitant de fixer à un sucre une base purique ou pyrimidique et de faire adhérer ce nouvel ensemble à un phosphate. La difficulté, ici, ne tient pas seulement à l'élimination de l'eau, mais au fait que les différentes modalités possibles de liaison

de ces trois composants se chiffrent par dizaines, alors que toutes, sauf une, n'ont aucune fonction biologique. Inutile d'ajouter que les acides nucléiques n'ont toujours pas été synthétisés.

Cela n'a pourtant pas retenu nombre de scientifiques de postuler que les toutes premières cellules vivantes contenaient avant tout des acides ribonucléiques (ARN). Cette hypothèse d'un « monde d'ARN » a connu une popularité croissante après la découverte des propriétés catalytiques de certaines molécules d'ARN. On croyait, jusqu'alors, que la catalyse était le domaine exclusif des seules protéines.

Même s'il n'est pas possible de fabriquer, sous conditions primitives simulées, des biopolymères utiles au plan biologique, on peut les obtenir à partir de cellules sans vie. Mélanger ces biopolymères isolés fait prendre un raccourci à l'évolution chimique, ce qui permet de voir si la vie voudrait bien émerger d'une telle mixture. Mais dans ces préparations, tout est en situation d'équilibre. Et comme la vie n'apparaît que lorsque les événements chimiques se produisant à l'intérieur d'une cellule sont en état de non-équilibre, ce que cette méthode permet d'obtenir au mieux est un assemblage de cellules mortes.

Comment fabriquer de la matière vivante

Nous savons très exactement comment créer de la matière vivante. En voici la recette : tout d'abord, concevez et synthétisez quelques milliers de machines moléculaires, toutes différentes, capables de convertir des substances simples, couramment disponibles dans l'environnement, en biopolymères complexes. Puis, assurez-vous que ces appareils ont la capacité de s'autoreproduire avec précision. Faites en sorte, ensuite, qu'ils puissent percevoir leur environnement et s'ajuster à toutes ses variations. Il n'y a plus qu'à mettre en route, simultanément, des centaines de voies biochimiques, à préserver le statut de non-équilibre de chaque conversion chimique en garantissant l'approvisionnement ininterrompu des machines en matériaux de base bruts et à assurer une élimination efficace des substances résiduelles.

La création de dispositifs biologiques d'une telle complexité suppose que soient satisfaites certaines conditions minimales : il faudra que la matière, tant au plan atomique que moléculaire, n'ait absolument aucun secret pour vous. Vous aurez aussi besoin d'avoir des idées géniales quant aux applications de ces vivantes machines complexes — usages en rapport, si possible, avec les efforts investis dans leur création. La fabrication de cellules vivantes exige un contrôle absolu sur chaque molécule, grande ou petite. Or la science ne dispose pas d'une telle capacité de contrôle. Les chimistes peuvent manipuler des molécules en grand nombre, les faisant passer d'une forme à une autre, mais ils ne peuvent faire passer des molécules sélectionnées à travers des membranes dans le but d'inverser leurs conditions d'équilibre. C'est pour cela que nous ne pouvons inverser la mort.

Ainsi donc, comment la vie est-elle apparue sur terre ? Cet article a mis en lumière l'immense divergence qui existe entre la biochimie de la matière vivante et les positions de ceux qui veulent en expliquer les origines par la génération spontanée ou abiogénèse. Or cinquante ans de recherches en biochimie ont montré sans la moindre équivoque que, sous n'importe quelles conditions, l'abiogénèse est une impossibilité. L'édifice qu'on nomme « évolution chimique » est appelé à s'effondrer sous le poids des faits — ce n'est qu'affaire de temps.

Pour celui ou celle qui croit au récit biblique de la création, dire que seul le Créateur peut fabriquer la vie n'est pas un argument brandi en faveur d'un Dieu dont la seule utilité serait de combler les lacunes de l'hypothèse évolutionniste. Nous nous faisons une assez bonne idée de ce qu'il faut pour créer la vie, mais nous ne pouvons le faire. Dire que Dieu seul le peut, c'est affirmer que la vie ne peut exister en dehors de lui. Elle devient alors preuve de l'existence d'un Créateur infiniment sage, qui a choisi de la créer et de la partager avec nous.

George T. Javor (doctorat de l'université de Colombie) enseigne la biochimie à l'université de Loma Linda, en Californie. E-mail : gjavor@som.llu.edu

Notes et références

1. S. Lander et 253 autres, « *Initial sequencing and analysis of the human genome* », *Nature* 409 (2001) : 2001. Voir aussi J. C. Vent et 267 autres, « *The sequence of the human genome* », *Science* 291 (2001) : 1304.
2. Une telle analyse de la vie pourra sembler trop matérialiste aux nombreuses personnes pour qui la Bible enseigne une conception différente de ce qu'est la vie — n'exigeant point qu'elle soit associée à la matière. Pourtant, s'il est fort possible qu'existent d'autres aspects de la vie, tout aussi réels mais de bien plus amples dimensions et inaccessibles pour nous, il faut garder à l'esprit que, du point de vue de la science, nous ne faisons l'expérience de la vie sur terre qu'en association avec la matière. Que la vie telle que nous la connaissons sur cette planète soit liée à la matière est une notion soutenue par la Bible. La Genèse (2.7) nous le dit : « Le Seigneur Dieu prit de la poussière du sol et en façonna un être humain. Puis il lui insuffla dans les narines le souffle de vie, et cet être humain devint vivant. » La combinaison du souffle de vie et de la poussière du sol a donné naissance à la personne vivante. De même, les gens meurent dès que « leur souffle s'en va, ils rentrent dans la terre, et ce même jour leurs desseins périssent » (Psaume 146.4). Ce « retour à la terre » marque le point final de l'existence humaine. Même si son « souffle s'en va », la vie de la personne, elle, ne va nulle part. Si l'on peut spéculer sur la signification du « souffle de vie » et sur celle du « souffle » de la personne, il est bien clair que la vie ne continue pas après la mort. La Bible ne contient pas la moindre bribe d'information sur une éventuelle forme de vie extracorporelle. Quiconque tient pour vraie la base matérielle de la vie sur terre n'en est donc pas pour autant un matérialiste.
3. S. B. Prusiner, « *Prion Diseases and the BSF Crisis* », *Science* 278 (1997) : 245.
4. Le nombre des différentes séquences possibles d'une protéine longue de 100 acides aminés est de $1,2 \times 10^{130}$ ou 12 suivi de 129 zéros !
5. F. Darwin, *The Life and Letters of Charles Darwin* (New York : D. Appleton, 1887), II : 202. Lettre rédigée en 1871.
6. S. L. Miller, « *A Production of Amino Acids Under Possible Primordial Earth Conditions* », *Science* 117 (1953) : 528.
7. C. B. Thaxton, W. L. Bradley et R. L. Olsen, *The Mystery of Life's Origins* (New York : Philosophical Library, 1984), p. 38.
8. S. W. Fox et K. Dose, *Molecular Evolution and the Origins of Life* (New York : Marcel Dekker, 1977), seconde édition.