

Kahane, Ernest

L'extension de l'histoire des sciences vers un passé reculé : (l'histoire de la vie fait-elle partie de l'histoire de sciences?)

Organon 9, 5-22

1973

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Ernest Kahane (France)

L'EXTENSION DE L'HISTOIRE DES SCIENCES VERS UN PASSÉ RECULÉ

(L'HISTOIRE DE LA VIE FAIT-ELLE PARTIE
DE L'HISTOIRE DES SCIENCES?)

La science étant une construction humaine, l'histoire des sciences ne peut comporter que l'histoire des processus conscients qui ont abouti à la constitution de la science. Si par absurde l'on voulait considérer l'histoire des sciences comme englobant l'histoire de tout ce qui peut être objet de science, elle aurait à connaître de tout ce qui a une histoire, de tout ce qui évolue, c'est-à-dire de tous les objets de la nature. Rien n'échapperait à sa compétence, pas plus les processus de la vie, de l'homme, de la société, etc. que ceux de la matière inorganique. Tous les aspects de la nature inanimée ou animée seraient de son ressort, et sa spécificité s'évanouirait dans une extension extravagante.

En toute rigueur, une extension quelconque est hors de question, l'histoire des sciences ayant assez à faire avec l'objet défini par le nom qu'elle porte. Même si dans son principe, elle reste dans ces limites raisonnables, la perspective de l'historien des sciences gagnera cependant à aller un peu au-delà de sa stricte spécialité, et à empiéter sur les zones-frontières qui séparent celle-ci de l'histoire des processus naturels, de chacune des différentes sciences, de l'épistémologie, etc.

J'insisterai en particulier sur les problèmes de la théorie de la connaissance qui peuvent être considérés comme limitrophes de l'histoire des sciences, ou tout au moins comme en étant suffisamment proches pour influencer les préoccupations de celui qui la cultive. C'est de la sorte que le présent travail est né de réflexions sur l'histoire des sciences plutôt que de l'ambition d'y contribuer directement. Est-il légitime d'inviter l'historien des sciences à jeter audacieusement le regard au delà des origines les plus lointaines du préhistorique, jusqu'à l'étape prébiologique de l'évolution de notre globe?

La question se pose d'autant plus que des penseurs comme Auguste Comte et Du Bois-Reymond ont très sérieusement contesté l'aptitude de la science elle-même à porter ses ambitions aussi loin, et ont considéré comme fantaisie toute spéculation à ce sujet. Ne va-t-on pas à l'aventure dès lors qu'on sonde un passé ou un éloignement d'où aucun document ne nous est parvenu ou n'a été déchiffré? La réponse positiviste à ce genre de questions était négative, impitoyablement négative, mais elle n'a pas tardé à être brutalement démentie, lorsque les succès de la paléontologie pour ce qui est du temps, ceux de la spectroscopie et de l'astrophysique pour ce qui est de l'espace, ont montré la vanité des interdits du type *ignorabimus*.

Le développement de concepts, la formation d'hypothèses et de théories, l'expérimentation lorsqu'on peut l'atteindre, présentent dans ces domaines des caractères singuliers qui sont du ressort de l'épistémologie et de l'histoire des idées, mais qui me paraissent ne devoir laisser indifférent aucun homme de pensée. Sans revendiquer ce domaine, l'historien des sciences peut tirer profit d'y faire une brève incursion.

C'est pourquoi j'ai cru pouvoir intéresser les lecteurs de la revue *Organon*¹ en leur proposant le présent article, dans lequel je décrirai le mouvement d'idées qui aboutit présentement à jeter quelque clarté sur des événements vieux de 3 à 4 milliards d'années, ceux qui ont vu apparaître sur notre globe le monde vivant au sein et aux dépens de la matière inanimée.

*

Je commencerai par m'efforcer de lever quelques obstacles épistémologiques parmi tous ceux dont ces problèmes épineux, semés d'interdits, sont jonchés. Ce seront:

1. Les opinions a priori sur les générations spontanées.
2. Le caractère métaphysique des recherches d'origine.
3. L'impossibilité prétendue de juger du passé reculé sur pièces.
4. Les contestations sur la réalité d'une histoire de la vie.

1. OPINIONS A PRIORI SUR LES GÉNÉRATIONS SPONTANÉES

La question est jugée a posteriori depuis Pasteur, et il n'y a pas à y revenir, malgré certaines fantaisies comme celle de Lepechinskaïa voulant réhabiliter Pouchet après la deuxième guerre mondiale².

¹ Je remercie le Comité de Rédaction d'*Organon* d'avoir bien voulu accueillir cette étude.

² O. B. Lepiechinskaïa, *Le développement des cellules à partir de la matière vivante*, Moscou 1945; la même, *Origine des cellules*, Moscou 1955 (Editions en langues étrangères).

Il est cependant bon d'attirer l'attention sur les deux points suivants. D'abord, l'attitude de Pouchet, le grand homme de l'hétérogénie, qui proclame dans son grand traité de 1859³: «Lorsque par la méditation, il fut devenu évident pour moi que la génération spontanée était encore un des moyens qu'emploie la nature pour la reproduction des êtres, je m'appliquai à découvrir par quels procédés on pourrait en mettre les phénomènes en évidence». On notera sur quelle inconséquence scientifique sont entrepris de tels travaux: l'expérience a pour fonction de «mettre en évidence» une vérité issue de la seule «méditation».

De même, il est remarquable de constater que la réalité des générations spontanées faisait partie des certitudes a priori d'un matérialisme mal compris, aboutissant à des affirmations très proches du créationnisme. C'est ainsi que l'article que leur consacre le *Grand dictionnaire universel du XIX^{ème} siècle* renferme les lignes suivantes, rédigées quinze ans après les démonstrations de Pasteur: «La genèse n'est plus une hypothèse, c'est une nécessité philosophique. Elle seule est rationnelle, elle seule nous débarrasse à tout jamais des puériles cosmogonies et fait rentrer dans la coulisse ce *deus ex machina* extérieur et tout artificiel qu'ont si longtemps adoré les siècles d'ignorance»⁴.

D'autre part, j'attirerai l'attention sur le scrupule avec lequel Pasteur a toujours traité la valeur démonstrative de ses expériences: «Pasteur n'a jamais affirmé l'impossibilité radicale de la génération spontanée»⁵, mais seulement son inexistence dans les conditions alléguées par ses contradicteurs.

Le mouvement actuel d'idées sur l'origine de la vie n'est nullement en contradiction avec les idées, les expériences et les conclusions de Pasteur. Né du principe de l'évolution biologique et illustrant ce principe, il est cependant, et très précisément, un tissu d'arguments en faveur d'une génération spontanée, d'une apparition du vivant aux dépens du non-vivant, mais replacée dans le cadre historique qui lui convient.

Un tel processus peut-il encore se dérouler? On en doute, car les conditions se sont profondément modifiées, en particulier du fait même de l'action de la vie. Les conditions actuelles sont telles que les êtres vivants existants ne laisseraient plus à la matière le temps de faire le long chemin qui mène de l'inanimé au vivant. Ce chemin est court-circuité dès lors que la vie est apparue.⁶ ... et d'ailleurs, la fonction de la vie n'est-elle pas aux yeux de beaucoup, de court-circuiter les mécanis-

³ Pouchet, *Traité de l'hétérogénie* — début de la préface cité par E. Duclaux, *Histoire d'un esprit*, Paris 1896, p. 136.

⁴ *Grand dictionnaire universel du XIX^{ème} siècle*, T. VIII, p. 1138.

⁵ E. Kahane, *Pasteur*, Ed. Sociales, Paris, 1957, p. 53.

⁶ J. D. Bernal, J. B. S. Haldane, N. W. Pirie, J. W. S. Pringle, *Une discussion sur l'origine de la vie*, Ed. Rationalistes, Paris, 1955, *passim* et en particulier *Introduction* par Marcel Prenant, p. 16.

mes physico-chimiques prébiologiques, trop longs et de rendement trop faible?

2. LES QUESTIONS D'ORIGINE SONT-ELLES SCIENTIFIQUES?

Pour la plupart des épistémologues les problèmes d'origine sont du ressort des causes premières, et offrent de ce fait un parfum métaphysique qui les rend étrangers à la science. Des savants parmi les plus authentiques ont partagé cette opinion, tel Darwin écrivant: »C'est une absurdité de réfléchir aujourd'hui à l'origine de la vie: autant réfléchir à l'origine de la matière«⁷.

Ces épistémologues et ces savants influencés par le positivisme et le pragmatisme auraient raison s'il s'agissait d'origine absolue, qui ne pourrait effectivement résulter que de l'intervention d'une »cause première«. Mais si on se place sur le terrain du relatif, si on considère rétroactivement une étape parmi d'autres dans le processus historique dont tout phénomène, tout groupe de phénomènes actuels, sont les témoignages contemporains, on est incontestablement dans le domaine scientifique le plus orthodoxe.

Tout point appartenant à un déroulement linéaire peut être pris à la rigueur pour une origine relative, celle de tout ce qui lui succède, mais ce serait un peu jouer sur les mots, si ce point est tout à fait comparable à ceux qui le précèdent ou le suivent. Par contre, l'assimilation est légitime s'il s'agit d'un point singulier, soit par la nature des faits qu'il représente (point d'inversion, de rebroussement, etc.), soit — et ce sera le cas le plus significatif — parce qu'il s'agira d'un réseau et non d'une ligne, et que le point considéré figurera un noeud de ce réseau.

Pour parler d'une façon moins générale et plus directement adaptée à l'objet de ce mémoire, le concept d'origine absolue sera d'essence créationniste, même s'il n'est pas tout à fait fixiste, celui d'origine relative pourra être ou ne pas être vitaliste, mais il sera nécessairement évolutionniste. En effet, l'idée d'une vie qui serait, non pas indépendante de l'histoire, mais présente à toute étape de l'histoire, et se propageant d'un milieu favorable à un autre milieu favorable, n'est pas à rejeter a priori: elle a donné lieu à la théorie de la panspermie universelle, d'après laquelle il y aurait insémination d'un monde à l'autre, à travers les immensités qui les séparent. Cette théorie, qui a bénéficié en particulier du crédit de l'illustre Svante Arrhenius⁸, a donné lieu à des recherches expérimentales, par lesquelles Paul Becquerel a montré que les germes résistants tels que les spores fongiques et

⁷ Lettre à sir J. Hooker, 1887.

⁸ Svante Arrhenius, *Das Weltall*, Leipzig, 1911.

bactériennes étaient bien capables de réviviscence après avoir été exposées à la déshydratation et au froid les plus poussés que nous sachions produire, mais qu'elles ne résistent pas au rayonnement ultra-violet qui règne audelà de l'atmosphère⁹. Elles ne peuvent donc pas avoir été les vecteurs de la transmission d'une vie qui se propageait d'une planète à une autre, appartenant à un système proche ou éloigné. La conclusion de Paul Becquerel n'a évidemment plus la même valeur démonstrative depuis que l'homme a échappé à la Terre, et a su se préserver des conditions hostiles de l'espace extra-terrestre, mais la théorie de la panspermie universelle n'a pas été sérieusement reprise à la suite de ces exploits.

En fait, si elle n'a pas été reprise, c'est qu'on n'en a plus autant besoin maintenant qu'à la fin du siècle dernier ou au début de celui-ci. On dispose en effet depuis une quarantaine d'années d'une théorie cohérente qui rend compte de l'apparition du vivant aux dépens de l'inanimé par le jeu des forces en action à la surface de la Terre primitive, et cette théorie commence à subir l'épreuve des faits sur la base expérimentale. Remarquons pour finir que cet exemple montre avec éclat sur un point particulier comment une discussion et une théorie portant sur un problème d'origine, au sens absolu du terme, ont conduit à l'expérience et à la découverte.

3. JUGEMENT SUR PIÈCES DU PASSÉ RECULÉ

Même lorsqu'elle n'a pas été présentée comme un absolu, c'est à dire lorsqu'elle a été ramenée au rang d'une difficulté, l'impossibilité d'avoir jamais des documents paléontologiques biochimiquement utilisables a été grossièrement surestimée, comme l'ont été toutes les impossibilités du même genre alléguées par ceux que j'appellerai les défaitistes de la science.

Marcel Florkin résume ses travaux et ceux de son école dans l'ouvrage qu'il a récemment consacré aux *Aspects moléculaires de l'adaptation et de la phylogénie*¹⁰, et montre que des protéines non dégradées peuvent être retrouvées après des durées très supérieures à ce que l'on était disposé à admettre. Abelson, l'un des spécialistes les plus autorisés de la paléochimie, disait encore en 1955 que les coquilles de mollusques vieilles de 100 000 ans ne contiennent déjà plus de protéines, mais seulement leurs produits d'hydrolyse, acides aminés et polypeptides courts, et qu'au bout de 25 millions d'années, il n'y subsiste plus que des acides aminés libres.

⁹ P. Becquerel, «D'où vient la vie?» *Cahier rationaliste*, n° 3, 1931, p. 72-83.

¹⁰ M. Florkin, *Aspects moléculaires de l'adaptation et de la phylogénie*, Masson, Paris, 1966, ch. XIII: «Paléoprotéines», p. 221-234.

Florkin et ses élèves ont systématiquement étudié la couche de nacre qui subsiste dans certaines coquilles fossiles et se sont efforcés d'isoler et d'étudier la conchioline qui forme leur matrice protéique. Ils ont reconnu l'existence de protéines non dégradées ou faiblement dégradées dans des nacres fossiles très anciennes, trouvées dans des roches sédimentaires allant du cénozoïque à l'ordovicien, dont certaines datent de 60 millions d'années. Ils ont établi aussi leur analogie globale avec les protéines correspondantes des équivalents modernes des espèces recueillies, et sont en mesure d'aller jusqu'à la détermination des séquences d'acides aminés dans ces protéines fossiles.

Je rappelle pour mémoire les merveilleux succès des procédés de datation à la teneur en carbone 14, à la transformation du potassium en argon, du rubidium en strontium, etc., qui nous ont permis d'atteindre expérimentalement des réponses auparavant inaccessibles.

4. LA VIE A-T-ELLE UNE HISTOIRE?

Ce n'est pas évident, les conceptions fixistes repoussant toute idée de transformations dans les espèces vivantes. En règle générale, elles n'admettent pas pour cela que la vie a existé de toute éternité, et la plupart d'entre elles voient à la vie un commencement, par un geste créateur *ex nihilo*.

Dans la variété des systèmes spiritualistes traditionnellement invoqués, on admet, soit un principe de Vie étranger au monde de la matière, existant de toute éternité et venant animer une matière inerte — ce sont les vitalismes — soit l'existence et l'action d'une puissance surnaturelle engendrant la Vie par un acte libre — ce sont les créationnismes.

Les unes comme les autres de ces conceptions sont métaphysiques. Si satisfaisantes qu'elles soient pour les esprits épris de certitude et de simplicité, décidés à recourir au miracle si nécessaire est, elles ont en commun pour faiblesse de ne reposer sur aucune expérience concrète, de ne s'insérer dans aucun système coordonné et intelligible de connaissances, et de se placer à l'écart du vérifiable.

Il y a des degrés entre ces systèmes. Notons par exemple que le concept d'évolution n'est pas radicalement incompatible avec la thèse vitaliste, alors qu'il n'a pris pied dans le créationnisme qu'au prix d'une véritable effraction, et que certaines Universités américaines se voient encore interdire d'enseigner en pareille matière autre chose que l'orthodoxie de la *Genèse*.

Ce combat d'arrière-garde est désespéré. L'extraordinaire succès posthume des oeuvres du père jésuite Teilhard de Chardin a parachevé l'acclimatation, qui était déjà en cours, de l'idée d'évolution en terre

chrétienne. Ne la présentait-il pas avec sa persuasive éloquence comme »une condition générale à laquelle doivent se plier et satisfaire désormais, pour être pensables et vrais, toutes les théories, toutes les hypothèses, tous les systèmes« ? ¹¹

L'obstacle traditionnel à l'unanimité autour de l'idée d'évolution biologique s'atténue donc, il est en passe de disparaître, et l'évolution apparaît déjà avec cette évidence et cet éclat que possèdent seuls les principes fondamentaux de la science. Je cite encore Teilhard: «La question transformiste n'existe plus. Elle est définitivement réglée. Pour ébranler désormais notre conviction en la réalité d'une Biogenèse, il faudrait, minant la structure entière du Monde, déraciner l'Arbre de la Vie» ¹². Et d'ailleurs, le même auteur rend hommage à l'histoire que «envahit peu à peu toutes les disciplines, depuis la métaphysique jusqu'à la physicochimie, au point que tend à se constituer [...] une sorte de science unique du réel qu'on pourrait appeler l'histoire naturelle du monde» ¹³.

Dans l'une de ces citations, nous voyons apparaître et mûrir la notion de Biogenèse, qui montre à quel point l'idée d'évolution a pu être revendiquée avec toutes ses conséquences par un grand paléontologiste qui était prêtre catholique.

De la sorte se trouve levé le principal obstacle, qui était de caractère social, au développement impétueux de l'évolutionnisme biologique, dont on peut dire qu'il est en train de conquérir les derniers récalcitrants.

*

Nous allons examiner maintenant le mouvement de pensées qui a abouti à une théorie rendant compte de la formation du vivant à partir de l'inanimé, puis en quoi consiste cette théorie, quelles en sont les vérifications expérimentales, et enfin quelles déductions philosophiques peuvent en être tirées.

MOUVEMENT DE PENSÉES ABOUTISSANT À LA THÉORIE DE L'ORIGINE DE LA VIE

L'idée d'évolution biologique ayant triomphé comme on l'a vu, l'observation paléontologique nous montrant des organismes de plus en plus rudimentaires à mesure que nous remontons plus loin dans le passé, le problème d'origine fait appel à l'apparition d'êtres plus simples que tout ce que nous connaissons, et peut-être que nous imaginons.

¹¹ P. Teilhard de Chardin, *Le phénomène humain*, Ed. du Seuil, Paris, 1955, p. 242; E. Kahane, *Teilhard de Chardin*, Ed. Rationalistes, Paris, 1960, pp. 87-102.

¹² P. Teilhard de Chardin, *op. cit.*, p. 152.

¹³ P. Teilhard de Chardin, *La vision du passé*, Ed. du Seuil, Paris, 1957, p. 180.

Comme l'a fait remarquer Marcel Prenant¹⁴, il est à présumer que si nous étions mis en présence des formes les plus archaïques de la vie, nous ne saurions pas les reconnaître pour vivantes. Définir les caractéristiques fondamentales de l'être vivant, celles par lesquelles il se différencie indiscutablement du monde inanimé, si ce n'est pas un leurre, met déjà en jeu tout l'arsenal des définitions et des préférences, suppose toute une philosophie, et risque de compromettre toute la valeur générale de l'édifice qu'on se propose de construire.

Il semble que la biochimie, et la physiologie à orientation biochimique, jouent un rôle d'importance croissante à cet égard, et que la plupart des autres biologistes sont d'accord avec les biochimistes et les physiologistes pour considérer que le minimum de caractères à exiger d'un système pour qu'il soit considéré comme vivant, est l'aptitude à l'autorenouvellement. Cette aptitude comprend le double mouvement par lequel l'être vivant forme sa substance aux dépens des matériaux extérieurs, et chasse vers l'extérieur les témoins de l'usure de la substance déjà en place. Ce double mouvement porte le nom de métabolisme, il se compose de la superposition des synthèses ou anabolisme et des dégradations ou catabolisme.

L'auto-renouvellement et le métabolisme ne sont pas indépendants l'un de l'autre, mais s'il fallait donner une priorité, elle reviendrait, semble-t-il, au métabolisme. La fidélité de l'auto-reproduction, celle de l'individu comme celle de ses éléments constitutifs, n'a peut-être pas besoin par principe d'être aussi rigoureuse que nous la voyons maintenant à l'oeuvre, et une approximation suffit peut-être pour que nous considérions avoir à faire à une manifestation de la vie.

Par contre, le double mouvement simultané d'assimilation et de désassimilation paraît être absolument fondamental, et on peut affirmer comme un principe, que c'est seulement à partir du moment où ce double mouvement est déclenché que l'on peut estimer se trouver à l'origine des phénomènes de la vie. Le problème que se pose alors le «paléobiochimiste» est de savoir comment le métabolisme a pu naître aux dépens de phénomènes purement physico-chimiques qui l'ont précédé. En langage évolutionniste, c'est en effet par la complexification de phénomènes purement physico-chimiques qu'a pu apparaître l'équilibre dynamique dans lequel nous voyons l'essence même de la vie.

C'est bien ainsi qu'en raisonnaient déjà il y a plus d'un siècle, les évolutionnistes conséquents qui se rangeaient autour de Darwin. La pensée biologique s'est cependant très rapidement heurtée à une grave difficulté que je me suis permis de désigner sous le nom de para-

¹⁴ M. Prenant, *Biologie et marxisme*, Ed. Sociales Internationales, Paris, 1935; cf aussi par le même auteur, *L'Introduction à l'ouvrage collectif Une discussion sur l'origine de la vie*, Ed. Rationalistes, Paris, 1955, p. 13.

doxe de l'autotrophe ou de cercle vicieux de l'autotrophe¹⁵.

Voici de quoi il s'agit: dans le monde vivant tel qu'il se présente actuellement à nos yeux, il y a deux modes de transformation de l'énergie et de la matière. L'un est le mode autotrophe de vie, qui est essentiellement celui des végétaux verts dont l'organisme est capable de fixer l'énergie solaire grâce au système chlorophyllien qu'ils possèdent. Ils sont capables de vivre par eux-mêmes de façon autonome, en empruntant au milieu minéral les éléments dont ils font leur matière organique. Les autotrophes sont capables de vivre sans autre apport énergétique que celui de l'énergie solaire, dont ils convertissent une part en énergie chimique.

L'autre est le mode hétérotrophe de vie, c'est celui des végétaux saprophytes et des animaux, de ces êtres vivants incapables de vivre par eux-mêmes et qui sont tributaires des autotrophes. Ces derniers leur fournissent sous la forme chimique l'énergie dont ils ont besoin, et sous la forme organique la matière dont ils se nourrissent.

*

Or, les progrès de la biochimie faisaient de plus en plus apparaître l'unité du monde vivant, d'abord du point de vue statique, celui de la constitution, puis, lorsque les études sur le métabolisme intermédiaire eurent suffisamment avancé, également du point de vue dynamique, celui des mécanismes.

Les protéines par exemple, dont il a déjà été question, appartiennent à un nombre prodigieux de types, mais sont toutes construites avec les mêmes matériaux, dits acides aminés, au nombre d'une vingtaine, et assemblés par le même enchaînement, dit lien peptidique. Elles diffèrent donc seulement par le nombre, la nature et l'ordre de succession des acides aminés, puis par les structures d'ordre supérieur qui résultent de l'association des chaînes primaires, des repliements et des pelotonnements de l'édifice macromoléculaire.

Le métabolisme du glucose, que je prendrai comme exemple des mécanismes, est absolument universel dans le monde vivant, et se retrouve identique à lui-même chez les microorganismes, les végétaux, les animaux, passant par la même quinzaine de réactions de la «chaîne d'Embden-Meyerhof», jusqu'à l'étape, soit d'alcool ou d'acide lactique en anaérobiose, soit d'acide pyruvique en aérobie. Dans ce dernier cas, le plus général, il y a ensuite la même dizaine de réactions du «cycle

¹⁵ E. Kahane, *La vie n'existe pas!* Ed. Rationalistes, Paris, 1962, p. 105-112.

de Krebs», qui donne lieu à l'élimination de gaz carbonique, et à la prise en charge d'hydrogène par la «chaîne respiratoire». Celle-ci, qui comporte une dizaine d'articulations, aboutit enfin à la formation d'eau qui, avec le gaz carbonique signalé auparavant, est le terme du catabolisme aérobie de tous les êtres vivants.

À la charnière de la constitution et du fonctionnement, on relève chez les êtres vivants une catégorie fort singulière de principes, les enzymes, qui sont de nature protéique et de fonction catalytique. Les enzymes régissent la production de ces innombrables réactions qui sont le mode d'existence de la matière vivante, la régulation de celles-ci étant assurée par la répression ou par l'accélération de leur formation, ainsi que par l'inhibition ou l'activation de leur vitesse d'action.

La fabuleuse complexité de constitution et de fonctionnement de la matière vivante ne peut s'interpréter que par une extrême complexité de structure, atteignant le détail le plus infime, au sein duquel peuvent s'exercer les successions ordonnées de réactions enzymatiques, les régulations et les coordinations sans lesquelles ne pourrait être assuré l'équilibre dynamique constitutif de l'état vivant.

La complexité dont il s'agit est microscopique et inframicroscopique, elle est aussi poussée chez le plus simple des microbes que dans les cellules de l'animal le plus volumineux. Celui-ci ne fait qu'ajouter ses mécanismes propres de coordination d'organe à organe, de tissu à tissu, de cellule à cellule, aux mécanismes intra-cellulaires communs à tous les êtres vivants.

Cela ne signifie pas que ces mécanismes sont rigoureusement identiques chez tous les unicellulaires: la vie a bien des cordes à son arc! Même en s'en tenant à l'essentiel, on peut distinguer, à côté des grands mécanismes fondamentaux aboutissant d'une part à la biosynthèse des métabolites universels (constitution) et d'autre part à tout l'ensemble des mécanismes dispensateurs d'énergie dont l'arbre central est constitué par la chaîne glycolytique, le cycle citrique et la chaîne respiratoire (fonctionnement) toutes sortes de variantes, d'autant plus nombreuses et plus fréquentes que l'on descend dans l'échelle des complexités, et qu'on remonte dans celle des âges. Aucune de ces variantes ne touche cependant à l'essentiel, ne compromet ce qu'on peut appeler l'unité de plan de la matière vivante, considérée comme une machine à assurer tout en la freinant, la dissipation de l'énergie chimique potentielle appartenant aux matériaux qui la constituent et à ceux qui y entrent.

Même si l'on s'en tient de façon schématique à cette unité de plan de la matière vivante, la considération de l'abîme de complexité à multiples dimensions qui caractérise la vie et auquel elle est subordonnée, a longtemps rendu difficilement soutenable le thème du hasard dans l'apparition des dizaines de milliers de constituants spécifiques nécessaires au fonctionnement de la moindre cellule, et des philosophes spiritu-

alistes en ont tiré argument pour l'intervention d'un anti-hasard ressuscitant la thèse créationniste ¹⁶.

Je reviendrai plus loin sur ce thème du hasard qui me paraît tout à fait fondamental pour la représentation que nous avons à nous faire du déroulement des choses. Pour l'instant, je ne l'aborderai que pour éclairer le paradoxe de l'autotrophe. Au point où nous sommes, il suffit de signaler l'extrême difficulté rencontrée par les transformistes successeurs de Darwin, lorsqu'ils remontaient par la pensée le cours des âges, s'efforçant d'imaginer une simplification des êtres vivants archaïques suffisante pour rendre plausible leur apparition au sein et aux dépens de l'inanimé.

Heureusement, à la fin du siècle dernier et au début de celui-ci, les biologistes n'étaient pas encore en mesure de donner la même valeur que nous sommes fondés à lui attribuer à présent à ce thème de la complexité du moindre vivant. Ils n'en étaient pas moins dans l'embarras parce que les êtres vivants qui nous présentent le mécanisme le plus général à l'état le plus pur, le plus dépouillé, ne sont pas des autotrophes mais des hétérotrophes. Ils sont par définition incapables de vivre par eux-mêmes, et nous ne les voyons jamais se développer autrement qu'en saprophytes ou en parasites aux dépens des autotrophes qui, seuls, possèdent l'aptitude à synthétiser *de novo* de la matière organique, à regonfler le potentiel énergétique global de la biomasse. Pour cela, les autotrophes possèdent, outre les mécanismes généraux esquissés ci-dessus qui assurent la dissipation de l'énergie chimique potentielle de la matière organique, le mécanisme particulier qui leur permet de reconstituer de toutes pièces de la matière organique nouvelle par utilisation directe d'une partie de l'énergie solaire incidente: c'est en général par la fonction chlorophyllienne que s'exerce cette action.

Le paradoxe est alors le suivant. Le premier vivant était nécessairement le plus simple possible. Le plus simple est déjà effroyablement complexe, au point de rendre le hasard de son apparition si peu probable qu'il était considéré comme presque impossible. Supposons tout de même que l'agencement voulu prenne naissance, par application du précepte d'Hérodote: «Qu'on prodigue le temps, tout le possible arrive». Aux dépens de quoi cet agencement tournerait-il, puisqu'il n'y aurait pas de vivant passé ou présent qui lui fournisse la matière organique préalable qui lui servira de nourriture? Le vivant capable de vivre par lui-même, aux dépens d'énergie solaire, d'eau et de gaz carbonique est un autotrophe. Il n'est pas le plus simple possible, puisqu'il est nécessairement muni, en plus du mécanisme universel, du mécanisme photo-

¹⁶ Cf. en particulier Cl. Tresmontant, *Comment se présente aujourd'hui le problème de l'existence de Dieu?*, Ed. du Seuil, Paris, 1966, p. 412; critique par E. Kahane, «Un néo-scolastique: M. Tresmontant», *Raison présente*, n° 2, 1967, p. 5-28.

synthétique particulier. Le hasard de l'apparition simultanée de ce double mécanisme dépasse toute vraisemblance.

Réduit à son schéma, ce que personne ne semble avoir énoncé avec clarté au temps où il régnait, le paradoxe de l'autotrophe consiste à reconnaître que la vie n'a pu apparaître qu'aux dépens de matière organique déjà constituée par un mécanisme purement physico-chimique.

C'est peut-être parce qu'ils ont eu une conscience suffisamment claire de la nature de l'obstacle que les précurseurs et les auteurs de la théorie moderne de l'origine de la vie ont réussi à briser le cercle vicieux qui avait arrêté leurs prédécesseurs.

LA THÉORIE MODERNE DE L'ORIGINE DE LA VIE

Sous sa forme moderne, cette théorie est résolument physico-chimique, bien qu'elle fasse appel aux données de sciences fort diverses, et en particulier à celles de l'astrophysique.

Je n'en ferai pas l'historique détaillé, bien qu'il soit fort instructif — on en est plus persuadé à *Organon* que n'importe où ailleurs — et pour ne pas disperser l'attention du lecteur je m'en tiendrai schématiquement à l'essentiel. Parmi les précurseurs, je citerai Giglio Tos¹⁷, comme l'a fait Gavaudan dans les remarques et commentaires qui accompagnent la traduction française du grand ouvrage d'Oparin¹⁸. Les idées nouvelles ne se sont pas exprimées à la façon d'observations expérimentales dont l'enregistrement sous forme d'un mémoire original ne prête à aucune autre discussion que l'éventuelle priorité, attestée par une publication. Ici, il s'est agi à l'origine d'idées lancées plutôt que de théorie constituée, et les dates importantes à cet égard sont 1924 avec un article russe d'Oparin¹⁹, puis de façon tout à fait indépendante 1929 avec un article anglais de Haldane²⁰.

Oparin s'attacha à développer l'idée initiale en théorie complète, publia un ouvrage qui a été traduit dans un grand nombre de langues²¹, dont les rééditions se sont continuellement enrichies et qui est à l'origine des travaux expérimentaux menés un peu partout dans le monde. A signaler la théorie d'une ampleur comparable à celle d'Oparin décrite dans l'ouvrage de Dauvillier et Desguin²², qui attirèrent l'attention sur

¹⁷ G. Tos, *Les problèmes de la vie*, 1910, Ed. Cagliari (Italie), p. 222, en français.

¹⁸ A. I. Oparin, *L'origine de la vie sur la terre*, édition française par P. Gavaudan et M. Guyot. Préface, remarques et commentaire P. Gavaudan, Masson, Paris, 1965, pp. 516.

¹⁹ A. I. Oparin, *Proiskhozhdenie zhizni*, Moscou, 1924.

²⁰ J. B. S. Haldane, *The rationalist annual*, London 1929, p. 148.

²¹ A. I. Oparin, *The origin of life*, trad. anglaise S. Morgulis, Macmillan, New York, 1938.

²² A. Dauvillier, E. Desguin, *La genèse de la vie, phase de l'évolution géochimique*, Hermann, Paris, 1942.

l'impossibilité de voir dans les autotrophes la forme initiale de vie, bien que ce fût là «un postulat admis, sinon comme plausible, du moins comme inéluctable».

*

C'est sous l'influence des observations astrophysiques sur la nature de l'atmosphère de planètes autres que la Terre, du Soleil, des comètes, de l'espace interstellaire, que se développent les idées initiales d'Oparin et de Haldane. Par assimilation, les auteurs ont admis que l'atmosphère primitive de la Terre était dépourvue d'oxygène et à plus forte raison d'ozone, d'où il résulte, d'une part qu'elle était réductrice, riche en hydrogène, ammoniacque, méthane, etc., d'autre part qu'elle était transparente au rayonnement ultraviolet de grande énergie.

Ce rayonnement, pénétrant jusqu'à la surface du sol, y provoquait des synthèses, parmi lesquelles celles de composés quaternaires (formés de carbone, hydrogène, oxygène et azote) comme ceux qui sont à la base de la vie. Les petites molécules issues de ces synthèses endothermiques, s'accumulaient en milieu liquide, dans ce que Haldane désignait pittoresquement sous le nom de «soupe chaude», et y étaient soumises à toutes sortes d'influences complexificatrices, et notamment à celles de condensation et de polymérisation. Il se formait de la sorte des molécules de plus en plus volumineuses, des macromolécules, dont la solubilité n'avait plus les mêmes caractères que celle des petites molécules initiales. De solutions vraies, on passait aux solutions colloïdales, avec tous les phénomènes complexes auxquelles donnent lieu ces dernières.

La coacervation, décrite en 1932 par le physico-chimiste néerlandais H. G. Bungenberg de Jong²³, se traduit par la séparation d'une solution colloïdale en deux phases, d'une continue, l'autre discontinue. Ainsi se seraient formés des grumeaux protéiques, du *protoplasma* si l'on veut, au sein du système homogène initial. La discontinuité qui limite ces particules forme une couche de transition, un terme de passage, une assise au travers de laquelle se produisent les incessants échanges entre les milieux intérieur et extérieur. Ils préfigurent le métabolisme, comme cette surface de séparation préfigure la membrane, et d'une façon plus remarquable et plus générale encore, la structure.

La division cellulaire est préfigurée, elle aussi, par ces particules de coacervation. Dans un milieu favorable, qu'il est déjà permis de qualifier de nutritif, le passage de matières extérieur-intérieur l'emportera sur le passage inverse intérieur-extérieur. Il y aura accroissement de volume du grumeau, jusqu'à rupture d'équilibre et segmentation de la particule-mère en deux particules-filles.

²³ *Protoplasma*, vol. 15, 1932, p. 110.

Au fur et à mesure que ces mouvements se diversifient et se précisent apparaissent des voies plus efficaces, permettant des échanges et des transformations plus rapides, mieux adaptées. Que certains constituants macromoléculaires présentent une activité catalytique — comme celle des enzymes — il en résulte un court-circuit dans l'enchaînement des réactions lentes, tel que désormais l'échange de matières se fait par l'intermédiaire du raccourci ainsi dégagé, comme nous le voyons expérimentalement sur les simulateurs mécaniques illustrant le fonctionnement et la régulation par *feed-back*.

Tout est loin d'être expliqué et prévu dans l'esquisse ci-dessus, mais elle a suffi pour rendre intelligible un processus plausible de transition de l'inerte vers le vivant. Son mérite est encore très supérieur à cela, car elle a servi à stimuler la recherche. Oparin lui-même, à la tête de son école, a accumulé les travaux sur les effets de la coacervation de systèmes biologiques, mais le grand coup d'envoi de la recherche expérimentale sur les origines de la vie a été marqué aux États-Unis, en 1953, dans le laboratoire de Urey, par un jeune savant inconnu, S. L. Miller, à travailler sur l'étape initiale du système, la formation de matière organique ²⁴.

OÙ EN EST L'EXPÉRIENCE?

Malgré le retentissement universel de l'oeuvre théorique d'Oparin, et la tentation de la soumettre à l'expérience, personne ne s'était hasardé à travailler sur l'étape initiale du système, la formation de matière organique aux dépens d'un mélange gazeux réducteur comprenant hydrogène, eau, méthane et ammoniacque, soumis aux rayons ultraviolets de courte longueur d'onde.

Personne ne doutait cependant du succès de l'opération, qui avait été positive en 1910, à l'École de pharmacie de Paris, entre les mains de Daniel Berthelot et H. Gaudechon ²⁵, qui avaient obtenu la synthèse de sucres par irradiation d'un système ternaire (non azoté), mais n'avaient attribué à cette synthèse aucune signification relative à l'histoire de la vie.

Si, sur la base de la théorie d'Oparine, on ne s'était pas occupé de répéter expérimentalement ce qui semblait avoir joué un rôle historique si considérable, c'est parce qu'il fallait opérer à l'aveuglette, dans l'ignorance des conditions de température, de pression, de concentrations et d'influences énergétiques qui avaient déterminé il y a 3 ou 4 milliards d'années le processus à reproduire. Opérant à l'aveuglette, il devait apparaître par synthèse à peu près n'importe lesquelles parmi

²⁴ *Science*, vol. 117, 1953, p. 528; *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 77, 1955, p. 2351.

²⁵ *C. r. Acad. Sc.*, Paris, 1950, p. 1327, 1910.

les quelque deux millions de substances organiques déjà répertoriées, et les milliards d'autres qui sont en réserve de découverte.

La synthèse ne pouvait donc conduire qu'à des mélanges d'une complexité fabuleuse, dans lesquels chaque constituant ne pouvait être représenté que par un nombre infime de molécules, systèmes dont l'analyse devait être presque impossible, et ne permettre aucune identification utile.

Miller ne s'est pas embarrassé de scrupules et il est parti à l'aventure. Il a exposé longuement à l'effluve électrique un mélange d'hydrogène, d'eau, de méthane et d'ammoniaque, et a soumis à l'analyse chromatographique les produits organiques formés. Première surprise, le système était loin d'être aussi complexe et enchevêtré que l'on pouvait supposer. Deuxième surprise, plus grande encore, l'expérimentateur identifiait, parmi les constituants prépondérants du mélange apparu, certains des acides organiques et des acides aminés qui, aujourd'hui encore, au terme de trois milliards d'années d'évolution, forment la base universelle de la matière vivante!

Les conclusions d'une expérience aussi retentissante ne sont pas acceptées sans vérification, et ses conséquences ne sont pas aperçues du premier coup. Les vérifications ont été nombreuses, et les centaines de publications qui les retracent vont plus loin, généralisent les résultats de Miller, en les rendant plus stupéfiants que s'ils se bornaient à les reproduire. En modifiant les conditions expérimentales, il arrive qu'on aboutisse en effet à des synthèses différentes de celles de Miller, mais ce sont d'autres principes universels de la matière vivante qui apparaissent: bases puriques et pyrimidiques, porphyrines, etc. Tout cela est désormais acquis, hors de discussion, l'apparition des principes simples, constitutifs de la matière vivante, est un phénomène incomparablement plus probable qu'on ne croyait!

Il fallait aller plus loin. D'autres auteurs ont fait porter leur effort sur la condensation des molécules simples sur elles-mêmes ou les unes sur les autres, avec des résultats fort encourageants. Dans des conditions expérimentales qui sont quelquefois proches de celles qui ont pu régner sur la terre primitive, la condensation des amino-acides se produit, des espèces de protéines — les protéinoïdes — se forment, et on y discerne déjà des aptitudes enzymatiques. On est sur la bonne voie, la fertilité de la théorie n'est pas douteuse.

IMPLICATIONS PHILOSOPHIQUES DES EXPÉRIENCES SUR LA BIOGÈNESE

Les conséquences théoriques des travaux accumulés depuis l'expérience de Miller me paraissent de première importance, et je suis étonné qu'on ne leur prête pas d'ordinaire toute l'attention qu'elles me paraissent mériter. C'est peut-être qu'elles heurtent à la fois le principe création-

niste qui est le dogme du passé en déclin, et le principe du hasard seul maître de l'évolution dans les choses de la vie, dogme fondamental des triomphateurs du présent, généticiens et biologistes moléculaires²⁶.

Il n'est pas question de sous-estimer les merveilleuses découvertes de la génétique, et celles de la biochimie d'inspiration génétique. Elles nous offrent un tableau, inespéré il y a peu d'années, des mécanismes par lesquels est assurée la réplication des constituants de la matière vivante, et la régulation des réactions biochimiques. Ce tableau exaltant donne prise de tous côtés à des hypothèses stimulantes pour la recherche, et le succès des expériences qui s'ensuivent est un sûr garant de la fertilité des idées régnantes.

Comme je l'ai fait depuis une dizaine d'années dans diverses publications²⁷, je me ferai l'avocat de la nécessité en action à l'origine de la matière vivante, en face des succès obtenus dans un domaine voisin, que l'on verse au crédit de la thèse du hasard maître de l'évolution biologique.

L'expérience de Miller, et celle des centaines de laboratoires qui se sont précipités dans la voie qu'elle ouvrait, montre une fois de plus combien il est difficile d'éviter le piège par lequel on confond le dénombrable et le possible. Les 20 acides aminés protéinogènes sont une vingtaine de produits quaternaires parmi un ou deux millions que l'on connaît, et mille fois plus, cent mille fois plus, que l'on soupçonne. L'apparition de l'un d'eux, dans une synthèse aveugle, aurait une probabilité de 1 pour 100 000, ou de 1 pour 100 millions, ou cent fois plus, suivant que l'on se réfère à l'un ou aux autres des nombres cités. Quelle folie! Il est absurde d'avancer des chiffres quelconques alors que l'on ignore totalement la probabilité de formation de tel ou tel de ces acides aminés comparée à celle des autres corps possibles. Lesquels de ces autres corps sont possibles, lesquels ne le sont pas, nous n'en savons rien a priori, seule l'expérience, puis une théorie généralisatrice fondée sur l'expérience peuvent nous renseigner utilement.

Les biochimistes s'étaient laissés abuser par inattention, moi comme les autres. Dans la confusion entre le dénombrable et le possible nous admettions l'équivalence de tous les éléments du dénombrable, ce qui nous conduisait dans notre ignorance provisoire des lois qui président à l'enchaînement des acides aminés, à compter pour également probables

²⁶ Cf. J. Monod, *Le hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Ed. du Seuil, Paris, 1970.

²⁷ E. Kahane, *La vie n'existe pas!* p. 119-128; «Conséquences épistémologiques des travaux sur la biogenèse», Communication au Colloque de Paris sur les systèmes biologiques élémentaires et la biogenèse, 23-25 novembre 1965, *Exposés annuels de biologie cellulaire: Biogenèse*, Masson, Paris, 1967, p. 30-37; «Y a-t-il une substance qu'on puisse placer à l'origine de la phylogénèse?» *Bull. Soc. Chim. biol.*, 49, 1967; «Les recherches sur l'origine de la vie», *Cahier rationaliste*, n° 246, avril 1967; «La maîtrise du hasard et les sciences de la vie», *Revue de métaphysique et de morale*, n° 2, 1968, p. 133. 148.

tous les édifices que nous échafaudions sur le papier. Une réflexion facile aurait imposé une réserve, qui était effectivement apportée par quelques-uns, mais à laquelle personne n'attribuait l'influence considérable qu'elle semble bien avoir sur l'ordre de grandeur lui-même de l'estimation numérique. Traduite en termes de probabilité, cette influence peut être telle qu'elle rende insoutenable l'opinion pessimiste suivant laquelle un indéfinissable anti-hasard est nécessaire pour rendre compte de l'apparition historique des premières protéines, considérées sans doute à juste titre comme le support concret de tout mécanisme vital.

Sur la base de ce qu'on connaît déjà à l'échelle de la synthèse préférentielle des petites molécules destinées à devenir biologiques, n'est-il pas permis effet de généraliser et de considérer qu'en vertu de lois de la nature à dégager, la condensation de ces petites molécules en macromolécules protéiques et nucléiques est un phénomène probable, et que dans des conditions à définir elle est un phénomène nécessaire? Une fois les protéines et les acides nucléiques apparus, leur séparation du milieu ambiant par le mécanisme de la coacervation invoqué par Oparine est déjà démontrée, et vient préfigurer l'individualisation sans laquelle ne se conçoit pas l'apparition des phénomènes spécifiques de la vie. Une conséquence de cette séparation sous forme particulière est l'existence d'échanges avec le milieu ambiant.

Dans l'exercice de ces échanges, la spécialisation de certains constituants qui s'orientent vers la fonction catalytique pose de difficiles problèmes, et il en est de même pour le développement des structures à l'intérieur de chacun des éléments qui s'étaient séparés. Il en est de même pour bien d'autres énigmes dont je ne parle pas, comme celle de la dissymétrie moléculaire. Pour la solution de ces problèmes, nous en sommes réduits à compter sur l'avenir, et en attendant, à nous livrer à de pures spéculations. Celles-ci peuvent reposer soit sur l'hypothèse du hasard qui aurait présidé par fortune à l'apparition des enzymes et à celle des structures, hypothèse stérile, car elle ne débouche sur aucun progrès de la connaissance, soit sur l'hypothèse inverse, qui est fertile, car elle nous porte à rechercher en vertu de quelles lois de la nature les enzymes et la structuration sont nécessairement apparus dès lors que se trouvaient rassemblées les conditions favorables à leur apparition.

*

Ces considérations sont à généraliser. Dans cet immense processus de complexification qui a mené de l'inanimé au vivant, puis du vivant le plus rudimentaire aux espèces supérieures dont nous sommes la plus élevée, dans ce processus marqué par d'innombrables étapes, nous nous trouvons pour chacune d'elles devant le même dilemme: a-t-elle été

franchie fortuitement, par rencontre heureuse, ce franchissement est-il le fruit du hasard, ou est-il dans la nécessité des choses, en vertu de principes à dégager et de lois à formuler?

En adoptant cette dernière attitude d'esprit, nous ne faisons que nous placer sur le terrain de la science, qui n'a jamais procédé autrement pour annexer au nécessaire ce qui dans l'observation naïve est attribué au contingent. C'est de la sorte que la nature nous devient intelligible, à mesure que nous interprétons et mettons en forme les faits épars, et que nous énonçons les principes et les lois auxquels semblent obéir les phénomènes.