

in Marie-Christine Maurel, *Les origines de la vie*, Collection « Comprendre », Syros, Paris, 1994, p. 11-32.

En guise de préface¹ Quelques remarques sur la question des origines

LA METAPHYSIQUE ET LE THRILLER

Le titre du livre de Marie-Christine Maurel, *Les origines de la vie*, parle de lui-même et toute présentation qui en retarderait la lecture serait a priori assez vaine. Qui ne se sent pas concerné dans son identité profonde par une telle question, imbriquée à celles sur l'être et sur la destinée: "Qui sommes-nous ? D'où venons-nous ? Où allons-nous?". Questions qui sont présentes en nous, au plus profond de notre pensée, tapies dans chacun de nos actes, lisibles dans nos postures les plus naturelles, corps et visages, aux formes et aux couleurs saisies dans leurs présences mutuelles parmi les formes et les couleurs de la végétation et du sol, sous le ciel et dans la lumière du soleil, quand les pensées muettes sont au bord de la parole, quand la peinture les rend directement tangibles parce qu'elle est peinture même, oeuvre de l'artiste qui transcende les formes, substitue à leur réalité l'expression de leur signification nue, saisissante. Le tableau de Gauguin exprime admirablement cette question proprement existentielle et métaphysique qui peut-être nous fonde, indissociable de la parole et de l'art.

D'où venons-nous ? comme personnes singulières apparues par quelque contingence en tel lieu de la Terre, de telle lignée égrenée - ou non - dans les généalogies, parmi tel groupe social; mais aussi, plus généralement, comme êtres humains, et comme êtres vivants, et comme participants de la nature et de l'univers... Cette question nous concerne quelque soit le degré de nos connaissances - aucune peut-être, fondamentalement, ne nous touche de plus près -, comme elle a concerné nos ancêtres, comme elle a toujours préoccupé les hommes qui, depuis les temps les plus reculés, cachaient l'angoisse de leur inconnance dans le mythe, le mythe des origines présent dans toutes les cultures, dans les civilisations avancées comme chez les peuplades "primitives".

Il avait pu sembler pourtant que nous, les hommes de cette fin du deuxième millénaire, positifs et rationnels, dussions être plus modestes sur de telles questions, renvoyées à la fable, au mythe ou aux religions révélées. Elle échappait à notre emprise sur la nature et, à mesure de la pénétration de la connaissance scientifique sur cette dernière, elle semblait vouée simplement à disparaître. Or, métaphysique ou non, elle ne cesse pas malgré tout de nous concerner, sous l'un ou l'autre de ses aspects. Et voici que la science d'aujourd'hui s'en empare, reconnaît sa légitimité sans la renvoyer comme autrefois au royaume des chimères. Auguste Comte et ses émules - nombreux au siècle passé - se retourneraient dans leur tombe avec tous les canons du positivisme et du scientisme réunis.

Voici pourquoi il est inutile de s'inquiéter de l'intérêt a priori des

¹ Préface à l'ouvrage de Marie-Christine Maurel, *Les origines de la vie*, Syros, Paris, 1994.

lecteurs pour ces questions. Le thème des origines est à tous égards fascinant, et une préface n'aurait pas lieu d'être: que pourrait-elle dire qui fasse mieux sentir à chacun ce qu'il éprouve par lui-même, instinctivement, avec infiniment plus de force que la persuasion de tout discours ? Pourtant, passée la fascination immédiate, la déception et la frustration pourraient être grande pour le lecteur non averti qui s'attendrait à une belle histoire à lire d'un trait, comme on lit une fable, un récit mythique ou le poème fondateur d'une religion - ce qui ne veut pas dire que cette histoire ne soit pas belle aussi, et que nul ne puisse la lire d'un trait. Mais l'histoire des origines, et en particulier de celles de la vie, est une histoire complexe et sans doute difficile, car elle est devenue une question scientifique, et les questions scientifiques ne sont pas toujours si évidentes à comprendre, surtout quand elles se nouent, comme ici, dans les structurations complexes de la biologie moléculaire.

Tout en étant devenue scientifique, cette question n'a pas cessé pour autant d'être passionnante, pour deux raisons. La première est qu'à tout bien considérer elle se déroule comme une enquête policière qui commence à partir de quelques indices et tente de reconstituer, en les suivant à la trace, la série des enchaînements et des causes susceptibles d'expliquer *in fine*, et non sans d'inévitables mais imprévisibles retournements, ce que fut l'événement premier, la raison du crime. A ceci près que c'est à une enquête sur un crime d'un genre plutôt particulier que nous avons affaire ici, puisque c'est un anti-cadavre qui nous est donné: la vie. Une exception, une anomalie, à première vue, dans l'univers. Qui donc a perturbé, et comment, l'ordre de l'univers minéral ? qui a fait apparaître la vie ? Et, sinon pour quels motifs - car les détectives que sont les scientifiques, ici les biologistes, ne se veulent pas psychologues de l'univers, c'est-à-dire finalistes - , du moins par quels processus supposés naturels ? Pourquoi le vivant est-il, et d'où vient-il ? Le dénouement de l'enquête ne sera pas un *happy end*, mais un heureux commencement...

L'autre raison pour laquelle cette histoire est passionnante, c'est qu'elle a tous les caractères du feuilleton, ou de la série, qu'elle n'est pas terminée, qu'elle connaît encore des rebondissements, réserve bien des surprises et du *suspense*, et qu'elle suscite à tous moments l'imagination, l'inventivité, qui est celle des chercheurs-détectives, certes, mais qu'ils pensent avec quelque raison être celle-là même, qu'ils reconstituent, de la dame où la mère Nature. On en verra de beaux exemples dans le livre de Marie-Christine Maurel.

Donc, malgré la difficulté du sujet, et parfois une certaine austérité - inévitable dès que l'on veut fournir des informations précises, dépassant les images faciles mais superficielles, qui d'ailleurs ne donnent en rien une compréhension de ce qui est en jeu -, la question des origines de la vie, devenue scientifique, n'a rien perdu de sa fascination. Au contraire: elle nous révèle des situations d'une richesse et d'une ingéniosité que seule la nature pouvait avoir inventées ! Mais elle nous révèle aussi la créativité de la pensée humaine, qui réussit à percer de tels secrets, et pose à cet égard de nombreuses questions d'ordre scientifique, certes, mais aussi épistémologique et philosophique. Marie Christine Maurel, tout en s'efforçant à la plus grande clarté, a choisi à juste titre de privilégier la description et l'explication des tenants et des aboutissants du point de vue biologique, en restant relativement sobre sur ces aspects, qui n'ont, pour la plupart, pas encore été examinés avec attention par les épistémologues et par les philosophes. Mais ceux qu'intéressent ces questions, que ce soit en amateurs ou en professionnels, trouveront, dans son

exposé rigoureux et accessible, tous les éléments qui leur permettront d'approfondir de nombreuses interrogations qui sont présentes dans son livre en filigrane. Ils y trouveront, en tout cas, un riche et substantiel terrain de réflexion.

Ayant eu le privilège, comme directeur de la collection *Comprendre*, d'être l'un de ses premiers lecteurs, j'ai été immédiatement stimulé par un certain nombre des thèmes qui se trouvaient abordés, sans avoir aucune compétence particulière sur les questions de biologie contemporaine². J'ai trouvé qu'une première réflexion sur quelques uns de ces thèmes, d'un point de vue épistémologique, qui est souvent simplement celui d'un certain bon sens, serait propre à stimuler l'envie du lecteur d'en savoir plus et de poser dès lors lui-même, avec toute l'information désirable, ses propres interrogations, participant ainsi à une enquête dont il pourrait saisir, comme dans les meilleures fictions, les fils directeurs, et participer d'autant mieux aux sensations du *suspense*. C'est pourquoi, malgré la clarté et la signification immédiate du titre de l'ouvrage, j'ai accédé à la demande de l'auteur, Marie-Christine Maurel et de Christian Vaillant, des éditions Syros, de présenter les quelques remarques qui suivent, dénuées de prétention, en manière de préface et d'incitation à la lecture du livre *Les origines de la vie*.

LES TEMPS COMPARES DES ORIGINES DE L'UNIVERS ET DE CELLES DE LA VIE

Avant les origines, la science positive nous place devant des faits, et en premier lieu ceux, à peu près bien établis, par des méthodes assurées, de la chronologie. La voici, sommairement, premier donné ou cadre de l'enquête - emploi du temps de la nature où se manifeste un jour la vie. Dans l'Univers qui s'épand régulièrement - comme le révèle la récession des galaxies - depuis environ 15 milliards d'années, la formation de la Terre et du Système solaire, vers la périphérie de la Voie Lactée, remonte à 4,5 milliards d'années. Dans notre calendrier en temps négatifs, puisque nous plaçons sur nous le temps zéro, les premières bactéries apparaissent vers 3,5 milliards d'années, selon les traces fossiles qu'elles ont laissées. Les premiers eucaryotes - cellules à noyaux - remontent à 1,5 milliards d'années, tandis qu'on décèle les premières plantes terrestres vers 435 millions d'années, les premiers reptiles à 345 millions d'années, et les premiers mammifères à 225 millions d'années. Les primates font leur entrée vers 135 millions d'années. Quant à l'homme, son invention est plus récente: il n'a vraisemblablement pas plus que 3 millions d'années.

Cet emploi du temps de la nature dans nos parages - car le système solaire n'est qu'une infime région de l'Univers, et la nature s'est peut-être occupée ailleurs à bien d'autres tâches - nous place, si c'est aux origines que nous nous intéressons, devant non pas une seule question, mais devant une chaîne de questions sur les origines, celle de l'humanité et de la pensée, celle de la vie, celle de l'Univers, et - pourquoi pas - celle de la matière, bien que tout semble indiquer qu'elle se confonde, sur le plan de la connaissance scientifique, avec la précédente.

² Sinon pour avoir quelque peu réfléchi sur son rapport à la physique, dans le livre *La matière dérobée*, Archives contemporaines, Paris, 1988, chapitre 2.

Ces questions appartiennent désormais à la recherche scientifique contemporaine et se poursuivent aujourd'hui de front. La question des origines est à l'ordre du jour dans les disciplines les plus différentes à partir du moment où ces dernières ont pleinement admis qu'elles se situent dans le cours du déploiement du temps, toute conception fixiste abandonnée. Les choses qui sont les objets des sciences n'ont pas toujours été telles que nous les voyons, elles se sont, dans tous les domaines, transformées sur la nappe du temps déployé: c'est ce dont nous assurons, pour les formes animales et humaines, la paléontologie et l'anthropologie, pour les formes vivantes la biologie, et pour les corps inanimés terrestres ou cosmiques, la chimie, la physique et la cosmologie.

On peut dire d'ailleurs que les études sur les questions des origines ne font pas seulement que se poursuivre de front: elles ont entre elles un lien. Mais ce n'est pas un lien d'origine à origine, entre des origines qui devraient être considérées dans l'absolu, mais d'origine nouvelle à origine relative: l'origine de la vie sur la Terre est manifestement liée au fait que la Terre a une origine et une histoire: elle se situe à un certain moment de l'histoire de la Terre. Les éléments chimiques qui servent de matériau aux molécules vivantes et qui sont de manière prédominante oxygène, hydrogène, carbone, soufre, phosphore (O, H, C, S, P), mais qui comportent aussi des métaux plus lourds comme le calcium (Ca) ou le fer (Fe) ... ne se sont trouvés réunis sur Terre que parce que la formation de celle-ci résulte d'une agrégation, par le seul jeu de la gravitation universelle combinée à leurs mouvements antérieurs propres, d'atomes errants parmi ceux qui ont peu à peu constitué le système solaire. Et tous ces atomes avaient été précédemment rejetés dans l'espace par l'éruption de quelque supernova primitive après avoir été synthétisés dans l'étoile, haut-fourneau à produire la matière nucléaire, vouée ensuite à l'explosion par le jeu des déséquilibres entre l'attraction de gravitation entre ces atomes et les pressions thermodynamiques internes...

Non pas l'origine, donc, mais les origines... On est tenté d'établir immédiatement une sorte de comparaison entre la question des origines de la vie et celle de l'origine de l'Univers. Une première différence apparaît manifeste: le caractère ouvert des systèmes vivants, qui soumet non seulement leur développement, mais leur constitution et leur origine même, à l'influence des conditions physiques extérieures. On pourra donc parler d'origine externe, l'entendant en ce sens que, selon toute vraisemblance, la vie ne s'est pas constituée à partir d'une structure atomique élémentaire isolée qui serait spontanément devenue molécule organique ayant la propriété de se reproduire et d'évoluer. La vie est venue, au moins, de la rencontre d'une molécule avec d'autres molécules, dans certaines conditions chimiques et thermodynamiques. Cela entraîne d'ailleurs une autre différence, que l'on peut résumer par d'idée de complexification: la vie se manifeste à la faveur d'une transformation du simple au complexe par assimilation et influence en provenance de l'extérieur: ce trait est commun à la question de l'origine de la vie et à celle de l'évolution biologique (nous y reviendrons).

La question de l'origine de l'Univers, mais aussi celle de sa transformation dans l'expansion, renvoie au contraire à un système fermé, soumis comme tel non pas tant à la thermodynamique qu'aux lois physiques d'interactions fondamentales entre les entités physiques élémentaires (particules et champs

quantiques) selon la décroissance de la densité d'énergie, résultant de l'expansion dans l'espace³. Par ailleurs, cela n'aurait pas de sens de parler, dans les premiers temps de l'Univers, de complexification: tout au plus de différenciation, par des brisures de symétrie successives affectant les indissociations initiales. Il semble que l'élaboration de complexités plus grandes demande comme condition la constitution d'un milieu localisé - donc distinct de l'ensemble et séparé des autres dans l'espace, où il constitue un système propre - et spécifique (c'est le cas non seulement pour la vie, mais même pour la formation des noyaux complexes dans les étoiles). Et surtout: l'Univers n'a pas d'extérieur, comme un espace qui existerait en-dehors de lui, mais également il n'a pas de temps d'avant, il ne se déroule pas dans un temps déjà défini, il crée son temps, et se déroule en déroulant le temps. Du moins telle paraît être la manière la moins arbitraire de se représenter le rapport fondamental de la matière, de l'espace et du temps tels que l'implique la théorie de la relativité générale et la cosmologie relativiste. Le déroulement de l'Univers définit le déroulement du temps, alors que le déroulement de la vie (des formes vivantes) s'inscrit dans le déroulement du temps, d'un temps déjà constitué comme un cadre extérieur.

Mais encore, avec la cosmologie contemporaine, la physique parle-t-elle de l'origine de l'Univers ? Que faut-il entendre par origine, dans ce cas ? Le point singulier du "temps zéro" ? La physique ne sait pas ce que cela voudrait dire car, en vérité, elle définit le temps en fonction des phénomènes, et il y a, justement, une région de l'échelle du temps ($t < 10^{-43}$ sec) où les phénomènes lui échappent, où elle ne sait rien en dire (elle devrait, pour cela, savoir traiter ensemble la gravitation et la physique quantique). Et, si elle savait quoi en dire, si elle avait résolu ce problème (ce que les physiciens espèrent, et à quoi ils s'efforcent, mais qu'ils n'ont pas résolu), ce ne serait d'ailleurs encore que déplacer la frontière un peu plus loin - ou changer la nature de la frontière, car, après tout, le temps resterait-il encore une grandeur physique pertinente ? Rien n'oblige absolument à le croire, sinon l'idée, anthropocentrique, que le temps aurait toujours été, quand c'est nous qui l'inventons pour rendre compte de notre expérience des mouvements, des changements, et plus généralement des lois de variation des phénomènes que nous pouvons dûment constater⁴.

Mais cela ne récuse pas pour autant la légitimité de poser le problème de l'origine en ce qui concerne l'Univers, à condition de le voir autrement qu'en des termes simplificateurs, trop conformes à un sens commun non critiqué: ce serait, pour mieux dire, le problème *des* origines, comme points de fuite des lignes des évolutions, c'est-à-dire la perspective, sur la durée, que nous pouvons prendre de la structuration du monde: nous pouvons assigner à cette structuration des périodes, dont l'échelle est d'ailleurs hautement inégale. Le problème des origines dont parle la cosmologie porte précisément sur des périodes plutôt que sur des événements. Passée la considération de l'unicité de l'Univers, celui-ci se manifeste à nous, déjà aux premiers moments du déploiement du temps, dans la multiplicité quasiment

³ Ce qui n'empêche pas d'utiliser la thermodynamique pour le calcul de certaines grandeurs caractéristiques, comme le rapport de l'état de l'Univers à tel instant avec sa température: mais il faut alors se donner un modèle d'univers.

⁴ Voir M. Paty, "Sur l'histoire du problème du temps: le temps physique et les phénomènes", in *Le temps et sa flèche*, Société Française de Physique, à paraître.

infinie de ses éléments, et la science de cet objet singulier le résoud en myriades, en éléments d'ailleurs parfaitement identiques: particules élémentaires qui, de leur fusion initiale dans l'indistinct totalement symétrique se différencient par familles, mais dont les éléments dans chacune restent indiscernables, qu'il s'agisse du rayonnement électromagnétique isotrope fossile, des noyaux les plus simples (hydrogène, hélium) formés dans la cosmogénèse, puis des noyaux plus lourds synthétisés dans les étoiles en montant vers la complexification⁵. Mais la myriade, en même temps, ce sont aussi les objets célestes, apparus plus tardivement, macroscopiques, énormes, constitués d'agrégats de matière, gigantesques grumeaux d'atomes en gravitation qui se coagulent dans le vide de l'espace à la faveur d'inhomogénéités locales dont on ignore encore la nature (milliards de milliards de galaxies, chacune d'elles contenant à peu près cent milliards d'étoiles).

Avec le temps de la biologie et l'origine de la vie, la question est plus simple, en un sens, qu'avec la cosmologie. Car il s'agit d'une origine en un endroit délimité du temps, en un point localisé de l'échelle du temps - localisation dont nous pouvons poser en toute légitimité l'existence, en raison de la chronologie que nous connaissons relativement à l'histoire de la Terre et des formes vivantes. A ce niveau de la représentation de la réalité, et en cet état de l'évolution du monde (de la Terre, et de l'Univers), le temps est bien donné, car nous pouvons assigner sur une longue distance - sur une longue durée - les lois générales des phénomènes physiques par lesquels il est constitué.

On serait tenté de dire que l'origine, pour ce qui est du vivant, au contraire de la cosmologie où ce sont les durées et les myriades qui signifient, concerne des instants particuliers, des lieux localisés, et des structures singulières. La "première molécule vivante" est sans doute une façon de parler: il a bien dû y en avoir plusieurs. Mais ce "plusieurs" est de l'ordre du dénombrable, et l'on peut parler d'événements. Ce qui advient avec l'évolution biologique, que l'on redescende son cours jusque vers l'apparition de l'homme et de sa pensée, ou le remonte à la recherche de l'origine de la vie, ressortit de l'individuel et du temps circonscrit.

On relèvera une autre opposition flagrante avec la question des origines en cosmologie: elle concerne cette fois les échelles respectives des durées entre les événements qui marquent les changements significatifs. En matière d'évolution et de genèse des formes naturelles, que ce soit pour la cosmogénèse des objets de l'Univers ou la phylogénèse des formes du vivant, le temps déroge à la prescription newtonienne qui voulait le voir suivre un cours uniforme. Les périodes entre les transitions qui marquent l'apparition des nouvelles formes d'objets ou de vie sont, ici aussi, de durées très inégales.

Mais, curieusement, les "distributions exponentielles" sont inverses dans le cas du cosmos et dans celui de la vie. Pour le premier, les périodes significatives se rallongent, jusqu'à parvenir à celle de l'univers présent, à peu près stabilisé dans sa structuration depuis le premier million d'années - soit quinze milliards d'années environ de quasi stabilité dans la régulière expansion du cosmos. De l'"origine" (le "Big bang") à nous, la modification des formes suit en fonction

⁵ Cf. René Hakim, *La science et l'univers*, Syros, Paris, 1992; Jean Audouze, Paul Musset, Michel Paty (eds), *Les particules et l'Univers*, Presses Universitaires de France, Paris, 1994.

du temps une distribution logarithmique (inverse de l'exponentielle)⁶. Pour l'évolution des espèces vivantes sur la Terre, c'est tout le contraire: aux très longues périodes initiales pendant lesquelles il ne se passe presque rien, rien du moins de qualitativement important, succèdent des phases de transitions progressivement plus rapides, jusqu'à l'apparition de l'homme. Cette même loi temporelle (plus ou moins exponentielle) semble guider les transformations de l'histoire des civilisations, de la culture et même de la connaissance⁷...

On serait tenté d'invoquer un effet de perspective : ce que nous assignons - en toute modestie et peut-être inconscience - comme le point d'aboutissement de l'évolution de la vie et de la pensée, de la culture et de la technique, nous, l'homme de ces dernières années du vingtième siècle, se distingue de son passé comme un point présent sur une ligne de fuite; la ligne de fuite de l'histoire du cosmos désigne au contraire la remontée du temps. Ici, en remontant l'évolution générale du monde à grande échelle, *l'origine* (avec son impossible terme ultime); là, en suivant le cours d'une évolution particularisée dans un domaine d'espace restreint, *l'aboutissement*. Mais on voit bien que, en passant de l'un à l'autre, l'on a changé de plan ou de niveau, les variables significatives ont été modifiées de manière radicale, au point d'être sans commune mesure. Ce qui nous fait parler d'"aboutissement" n'a rien à voir avec ce qui nous faisait caractériser les structures du cosmos⁸. Il serait amusant - et, peut-être, riche d'enseignements - de poursuivre l'analyse de cet apparent paradoxe. Reste qu'il n'est pas que le résultat des choix de notre fantaisie: ces échelles de temps correspondant, dans les deux cas, à des états naturels, objectivement constatés ou assignables.

Ce n'est pas dans la même acception que l'on parle de la notion d'origine en biologie et en cosmologie. Si le terme évolution garde peu ou prou le même sens dans les deux cas - apparition au cours du temps d'une diversité de formes d'organisations différenciées et aux fonctions spécifiques -, ce que l'on entend par origine diffère considérablement. Si l'on peut dire, sans grande crainte de se tromper qu'il y a une origine de la vie, on ne saurait le dire, dans le même sens, pour l'Univers, ce dernier n'ayant pas d'origine assignable dans un sens analogue. Pour parler d'origine de l'Univers, il nous faut rebaptiser le terme

⁶ Pour mémoire, sans entrer dans tous les détails de ce que représentent ces phases comme contenu de l'univers physique: de 10^{-43} sec à 10^{-35} sec, de 10^{-35} à 10^{-32} , de 10^{-32} à 10^{-12} seconde ("soupe" des particules et antiparticules), de 10^{-12} à 10^{-6} soit une microseconde ("soupe" des particules de matière et de rayonnement), puis à 3 minutes (formation - cosmogénèse - des noyaux d'hydrogène et d'hélium), puis de là à cent mille ans (formation des atomes à partir des noyaux précédents et émission du rayonnement isotrope), d'où l'on saute à un milliard d'années (formation des galaxies), l'âge actuel de l'Univers étant estimé à environ quinze milliards d'années.

⁷ Je ne voudrais pas pour autant donner l'impression que le "développement exponentiel" soit un loi universelle: encore faut-il préciser quelle est la fonction - représentative de l'effet considéré - dont on parle. Et l'on sait bien qu'il n'y a pas de fonction exacte, au sens mathématique, pour représenter la complexité des phénomènes humains et sociaux.

⁸ Le "principe anthropique" de certains cosmologues, qui parle d'aboutissement pour l'histoire du cosmos tout entier en le voyant du point de vue de l'apparition de l'homme, me semble effectuer, au contraire, une confusion entre ces plans. Voir Michel Paty, "Critique du principe anthropique", *La Pensée*, n° 251, mai-juin 1986, 77-95; "A propos de la cosmologie contemporaine", *La Pensée*, n° 291, janv.- fév. 1993, 5-13; Florence Viot, "Le principe anthropique, symptôme de la crise épistémologique traversée par la cosmologie contemporaine", *La Pensée*, n° 291, janv.- fév. 1993, -

origine, ou réattribuer son sens.

LA QUESTION DE L'ORIGINE DE LA VIE ET SES CONDITIONS DE POSSIBILITE

Le fait même que l'on puisse se poser en toute légitimité scientifique la question des origines de la vie fait appel à plusieurs hypothèses sous-jacentes, qui ne sont apparues naturelles ou nécessaires et ne se sont imposées que relativement récemment dans l'histoire de la pensée et dans l'histoire des sciences. Et, tout d'abord, celle-ci: que la vie n'a pas toujours été. Ce qui peut se formuler encore comme suit: nous ne nous étonnons pas de voir la vie se reproduire; mais on peut à bon droit s'étonner de ce que ce mécanisme de reproduction ait pu un beau jour se mettre en place, apparaître... Un tel étonnement suppose à son tour une certaine idée de la discontinuité des formes en même temps que d'une continuité fondamentale à leur soubassement, c'est-à-dire d'une unité profonde de la nature et d'une chaîne des êtres (une telle idée, dont l'intuition préexistait auparavant chez certains auteurs, comme Leibniz, se généralise et prend une forme stable au dix-huitième siècle). Mais cela suppose aussi que le temps joue un rôle particulier dans cette formation, qu'il est, d'une certaine manière, "créateur de formes". Il faut, autrement dit, concevoir que la vie est une propriété pour ainsi dire "émergente" de l'organisation de la matière, comme une suite directe de l'idée d'évolution. On doit, à cet égard, considérer que le problème de l'origine de la vie entre en science avec la théorie de l'évolution au sens de Darwin⁹, laquelle amène pour ainsi dire naturellement à se demander: qu'y a-t-il au point de fuite de l'origine des espèces ?

Il y faut l'idée d'un monisme du vivant et du non vivant, mais aussi d'une distinction des deux. Les philosophies de la nature du dix-neuvième siècle - liées au romantisme - laissaient peu de place à une telle distinction : si l'idée de vie est sous-jacente à celle de nature¹⁰, comment pourrait-on concevoir l'idée d'une apparition de la vie ? D'ailleurs, la croyance des scientifiques eux-mêmes à la génération spontanée, qui admettait ce monisme, dissolvait par avance toute question sur l'origine de la vie. Ce n'est, paradoxalement, que lorsque la théorie pastoriennne mit fin aux idées sur la génération spontanée que la question de la formation d'organismes vivants se vit établie sur un terrain épistémologiquement solide. Paradoxalement, car Pasteur lui-même ne croyait pas que la matière soit capable de s'auto-organiser et de produire à elle seule la vie. Par un retournement, qui tient à la théorie de l'évolution, puisqu'elle y conduit logiquement, la génération du vivant à partir de l'inanimé, si elle est non spontanée, ne peut être que naturelle...

On n'oubliera pas, dans cette histoire, le développement de l'observation et le rôle décisif des instruments, en premier lieu celui du microscope,

⁹ Ernst Haeckel (voir son ouvrage, *Les énigmes de l'Univers*, trad. de l'allemand par Camille Ros, Schleicher, Paris, 1902), formulant une conception moniste du monde, fut l'un des premiers à rattacher la question de l'origine de la vie à la théorie darwinienne.

¹⁰ Pour Hegel, par exemple, le Soleil était un "grand vivant".

qui permit d'aborder le problème de la génération, et qui ouvrit véritablement le chemin de la méthode expérimentale en biologie, qui devient sûre d'elle-même et s'impose au dix-neuvième siècle.

Tout ceci, cependant, suppose que l'on ait une conception de ce que c'est que la vie. La séparation traditionnelle des règnes - minéral, végétal, animal -, basée sur la morphologie, fut mise en question par la découverte - au dix-huitième siècle, et à la faveur de la précision de l'observation - d'êtres naturels inassignables de façon certaine à l'un plutôt qu'à l'autre, voire appartenant aux deux. En particulier, la question de la limite entre le minéral et le vivant ne cessa de se poser à nouveaux frais, et en particulier près de nous, avec celle de nature des virus. Le géologue Edmond Perrier, remarquant vers le début du siècle, dans son livre sur l'histoire de la Terre, que la vie, aujourd'hui, ne se propage que du vivant au vivant, faisait observer que la recherche sur la formation de la vie sur Terre demandait en préalable "de déterminer d'abord en quoi consiste la matière vivante"¹¹. Ce problème de la définition du vivant ne devait trouver, comme on le sait, sa solution qu'avec la biologie moléculaire.

Cependant, des interrogations fécondes purent être posées avant même que la nature profonde et réelle du phénomène de "la vie" n'ait été comprise, et certaines des approches qui les ont accompagnées appartiennent aussi aux conditions de la formulation scientifique de la question de l'origine de la vie. Le fond de la question est celui de la constitution et des propriétés des molécules qui déterminent la spécificité des structures "vivantes". Et la question des origines prend alors la formulation suivante : comment de telles structures moléculaires sont-elles apparues. Avant la biologie moléculaire, et d'une manière évidemment plus grossière, la chimie et la biologie avaient posé le problème de la spécification du vivant et la question de son origine en termes moléculaires. Marie-Christine Maurel retrace toutes ces étapes, ainsi que la succession des hypothèses ou, comme l'on dit aujourd'hui, des modèles et des scénarios s'efforçant de rendre compte de la formation, par des processus physico-chimiques, à partir de la matière inanimée, minérale, de la matière organique et des organismes vivants. Je ne m'attarderai pas, ici, à des considérations sur le jeu dialectique, à ce propos, du réductionnisme physico-chimique et du maintien de l'exigence de la spécificité biologique¹², qui fut un temps portée par le vitalisme¹³, pour m'en tenir à quelques remarques sur l'"organique élémentaire" à partir duquel se forme l'organique complexe constitutif des organismes vivants.

La chimie organique s'est établie autour des propriétés chimiques des constituants des organismes vivants. D'une certaine manière, la distinction "vivant-non vivant" était reflétée par la différence entre la chimie organique et la chimie minérale. Or, à cet égard, ce fut un étonnement de taille de découvrir que les molécules organiques, que l'on croyait seulement constitutives du vivant, ou résultant du vivant, se trouvent présentes en abondance en des lieux d'où la vie est

¹¹ Edmond Perrier, *La Terre avant l'histoire*, Paris, Albin Michel, 1920 (cité plus bas dans l'ouvrage).

¹² Cf. Georges Canguilhem, *La connaissance de la vie*, 1952; 2ème éd. revue et augm., Vrin, Paris, 1975; François Jacob, *La logique du vivant*, Gallimard, Paris, 1970.

¹³ *Ibid.* Le vitalisme s'avéra utile pour assurer l'identification de la cellule, qui devait le contredire ensuite.

par condition exclue et absente, dans l'espace interplanétaire, et nommément dans les météorites. Dès lors, organique ne signifie plus venu du vivant, ou consubstantiel au vivant, mais seulement nécessaire à celui-ci, portant les potentialités de l'organisme qui caractérise le vivant. Ce que l'on appelle "organique" ne porte plus en soi la connotation du vivant, et ce n'est que rétrospectivement qu'il en participe, qu'il entre dans l'organisation du vivant : on pourrait, dès lors, voir dans la qualification quelque relent de finalité... Ces molécules sont "organiques" non pas en elles-mêmes, mais parce que l'histoire de l'évolution en a fait les constituants élémentaires indispensables des êtres organisés, et que, dans les conditions qui se trouvent être actuellement celles de la Terre, elles ont toujours un lien avec les structures du vivant.

Si l'on cherche à retrouver le processus ou le mécanisme par lequel des "molécules organiques élémentaires" ont contribué à former des molécules complexes et des structures "vivantes", l'idée d'"élémentarité", tout en étant relative, maintient un certain sens. C'est la propriété d'organicité considérée a posteriori, pour de telles structures élémentaires, qui est posée comme l'indice, ou la trace, des réactions ou combinaisons qui mènent à la complexité et à la spécificité caractéristiques du vivant. Il est donc licite, par les nécessités de l'enquête, d'interroger l'organique élémentaire en fonction de l'organique constitué. Ce dernier éclaire, par le fait même d'avoir été réalisé, les conditions qui permettent au premier de faire émerger le second. Le regard rétrospectif est légitime. On remarquera, d'un autre côté, que la connaissance et la maîtrise de la synthèse des substances chimiques, condition essentielle pour une approche effective du problème de l'origine de la vie, s'est effectuée dans une large mesure indépendamment de lui (c'est le cas par exemple pour ce qui est de la synthèse de l'urée ou des sucres): mais elle contribuera à permettre de le concevoir.

La question de la synthèse des molécules devant aboutir aux formes vivantes concerne - avant même que l'on se soit rendu compte de ce que la clé du problème des origines de la vie se trouve dans la génétique - la chimie prébiotique qui étudie l'organisation complexe du minéral. Cette discipline s'intéresse pour l'essentiel aux conditions de la Terre primitive, notamment ses océans et son atmosphère, milieux dont on peut supposer que les constituants chimiques ont concouru à la synthèse des molécules organiques de plus en plus complexes. Mais elle n'omet pas pour autant d'autres milieux où cette synthèse a pu se réaliser, les météorites de l'espace déjà mentionnés, ces fossiles du matériau primitif du système solaire, qui contiennent des molécules organiques en quantité, mais aussi les autres planètes, qui peuvent aider à formuler les conditions physico-chimiques de la Terre primitive, et pour lesquelles la recherche de formes de vie ne se porte pas tant sur les "martiens" ! que sur l'existence possible de simples lichens.

On imagine aujourd'hui, sans trop de difficulté, l'idée générale du scénario possible de l'apparition de la vie sur notre planète, qui commence par la mise en place des conditions de formation de l'atmosphère primitive, par la conjonction de facteurs aussi violents, destructeurs, mais finalement bénéfiques, que le bombardement météoritique, la pénétration du rayonnement ultraviolet, le degré élevé de la radioactivité naturelle de cette période, dispensatrice de grandes énergies, l'intense activité tellurique, les éruptions volcaniques qui contribuèrent à former la première atmosphère, et, sans doute à la faveur de l'effet de serre dû au gaz carbonique, la formation des premiers océans primitifs. Là, des synthèses

moléculaires résultant de circonstances particulières, font apparaître la vie sous forme de micro-organismes dont on a recueilli des traces fossiles, comme ces algues bleu-vert, plus ou moins semblables à des espèces existant aujourd'hui. Mais les traces directes et les plus importantes sont sans doute perdues à jamais, suite aux transformations occasionnées par les événements géologiques. Quoi qu'il en soit, la photosynthèse par ces algues aura engendré le premier oxygène de l'atmosphère.

Ainsi, la synthèse physico-chimique des molécules complexes dont les formes vivantes sont constituées est-elle liée, quelle que soit la nature exacte de ce qui fait la vie, à l'histoire de notre globe et de ses modifications. Nous entrevoyons par là déjà un trait, que les connaissances ultérieures plus précises ne feront que confirmer et accentuer, constitutif de la possibilité d'étudier la question des origines de la vie: la mobilisation simultanée de disciplines très variées, qui comprennent aussi bien l'astrophysique, la géologie, la physique nucléaire, bien éloignées à première vue de l'étude du vivant. Nous venons de parler de la constitution de la première atmosphère sur une terre encore magmatique. Mais la conjonction de diverses disciplines apparaît requise aussi bien par les théories qui formulent une origine physico-chimique de la vie à partir d'une chimie prébiotique, qui se serait déroulée soit dans les océans primitifs, comme la théorie pionnière d'Alexandre Oparin et de John Haldane, ou celles qui la placent à la jonction de l'eau et de la terre, dans les lamelles minérales de l'argile, comme celle de Graham Cairns-Smith.

Ces disciplines qui paraissent éloignées du problème de l'origine de la vie en participent de fait, car ce sont elles qui fournissent le cadre, le contexte et les éléments. Il fallait réinventer l'interdisciplinarité à l'usage de ce problème des origines, mais, comme dans bien d'autres cas où la recherche scientifique nous amène à aborder un sujet particulier, neuf et souvent mal défini de prime abord, cela n'est nullement par une circonstance de hasard ou par un choix arbitraire de l'imagination. Nous avons séparé commodément les objets de nos études, mais nous n'étions pas vraiment libres de leurs définitions : la vie, la matière, l'univers les avaient inventées avant nous. Une question frontière comme celle de l'origine nous rappelle opportunément que ce sont encore elles qui mènent le jeu, que nos dissociations disciplinaires sont avant tout le résultat de nos conventions, et qu'au coeur de nos objets d'étude se tient une unité fondamentale. Reste que la disciplinarité retrouve ses droits, sans absolu, quand on revient à l'étude des structures constituées. Car tout ne reste pas mélangé: les structures constituées se distinguent en se dissociant, les corps organiques pré-vivants se séparent de leur environnement. En particulier, la séparation du vivant et du non-vivant, qui avait un sens avant que nous sachions que le premier est sorti du second et comment, garde toujours ce sens, mais éclairé désormais autrement.

Le sens de nos distinctions s'est modifié, par un mouvement de notre pensée qui commence sans doute par la perplexité, quand on se trouve aux confins, et qui nous fait remettre en question nos définitions assurées, nos classifications étanches. Mais ce sens ne s'est pas modifié seulement en fonction de la question qui nous intéresse: il s'est d'abord et avant tout transformé en fonction des connaissances acquises sur ce qu'est la vie elle-même, indépendamment des questions sur son origine. Le problème des origines de la vie ne peut être véritablement formulé que dans les termes mêmes de celui de la vie, c'est-à-dire de ce qui fait la spécificité des organismes vivants. Les hypothèses sur l'origine

accompagnent ces étapes de la connaissance de la vie. D'abord, de la théorie cellulaire à la biochimie qui, au début du vingtième siècle, découvre la complexité de la cellule, et notamment identifie les enzymes spécifiques, ce qui d'ailleurs rend la question de l'origine plus compliquée: elle ne peut venir d'une seule substance (comme par exemple le protoplasme cellulaire dans la théorie de Thomas Huxley ou celle d'Emile Dubois-Raymond). Puis de la "filière du métabolisme biochimique", avec les théories d'Alexandre Oparin, de John Haldane et de John D. Bernal,¹⁴ à la "filière génétique" qui semble aujourd'hui le dernier mot, basée sur la théorie génétique de l'hérédité qui prend sa source dans les travaux de Gregor Mendel et de Thomas Morgan et aboutit à la biologie moléculaire et à la trilogie de l'ADN porteur du code génétique, de l'ARN messenger et de la synthèse des protéines.

Le dernier avatar de la question de l'origine pourrait sembler dès lors celui de la poule et de l'oeuf: en effet, selon la séquence qui prévaut dans les organismes actuels, l'ADN engendre l'ARN qui engendre la protéine, mais la protéine est indispensable, par sa fonction catalytique, à la réplication de l'ADN. Lequel est apparu en premier ? Je laisse au lecteur le plaisir de trouver dans le livre une solution possible qui résout la difficulté de manière originale, par la découverte de ce que les acides nucléiques peuvent avoir, en plus de la propriété d'information, celle de catalyse: dès lors, la première molécule « vivante » aura fort bien pu être l'ARN....

Mais tout ne serait pas réglé pour autant, et il reste encore une question fort délicate (parmi d'autres), celle du difficile raccord de la biologie moléculaire et de la théorie de l'évolution¹⁵.

Tous ces essais de comprendre les origines de la vie en mobilisant une grande variété de connaissances sont évidemment marqués par les caractères des savoirs d'une époque et par leurs limites. La théorie d'Oparin, par exemple, aussi pionnière, visionnaire, et d'ailleurs féconde, soit-elle, ne pouvait faire état que de la biochimie du premier tiers de ce siècle, faisant fond sur le métabolisme - auquel se ramenait sa définition de la vie - et ignorant les gènes et le mécanisme héréditaire, dont le caractère central à l'égard de la définition du vivant ne devait apparaître que plus tard. Cette première théorie, pour cette raison, ne dépasse pas le statut d'un cadre général. Ce stade est dépassé, lorsqu'une dynamique est proposée, qui rend compte du détail des mécanismes: pour les théories dynamiques actuelles du vivant, tout commence avec la formation du matériau héréditaire et d'un appareil génétique primitif. Telle est désormais, la formulation du problème de l'origine de la vie.

Le cas de la théorie d'Oparin suscite encore un commentaire quand au rôle d'une philosophie ou d'une idéologie (en l'occurrence, le matérialisme dialectique), sur des conceptions scientifiques, et plus précisément sur la recherche même. Quoique le rôle de cette philosophie particulière paraisse cette fois positif, au contraire du lyssenkisme, on en mesure cependant les limitations manifestes. La philosophie ou l'idéologie professée fournit (ou justifie ?) une direction, mais s'avère impuissante à aller au-delà de considérations générales et, en l'espèce, à

¹⁴ Dans ces théories, dont Oparin fut l'initiateur, la vie apparaît en l'absence d'oxygène, avec une atmosphère dominée par le méthane (Oparin) ou par le gaz carbonique (Haldane), à la faveur de la synthèse d'acides aminés produite par les phénomènes naturels, soit dans des conditions de dilution dans les océans, soit dans des conditions d'adsorption dans les argiles du littoral (Bernal).

¹⁵ Voir Michel Morange, *Histoire de la biologie moléculaire*, La découverte, Paris, 1994.

produire une théorie de l'hérédité. Elle aura pu libérer quelques conditions intellectuelles, ouvrir, par exemple, la voie à une approche expérimentale possible, en étayant l'idée que cette dernière a un sens: de fait, l'on se préoccupe dès lors de la synthèse des molécules du vivant, qui va devenir l'un des lieux forts de la recherche sur les origines de la vie. On peut également considérer que la philosophie choisie a pu servir à affermir également le soubassement épistémologique de cette recherche, à savoir l'idée que la vie s'est créée par ses propres moyens. Il reste que ce qui rend possible une véritable théorie échappe à la philosophie ou à l'idéologie et que l'on peut conclure à une relative autonomie de la formulation scientifique des problèmes à résoudre.

Mais cela n'épuise pas le thème du rapport de la philosophie à l'activité scientifique, qui ne se ramène pas seulement à l'application à la science d'une philosophie professée, résultant éventuellement en imposition de blocages conceptuels ou, au contraire, en dépassement de tels blocages (ouverture d'ailleurs souvent compensée ultérieurement par l'imposition de nouveaux blocages). La question reste posée de savoir la part d'une pensée philosophique qui ne soit pas seulement appliquée mais naissante (co-naissante), dans le moment même de la conceptualisation scientifique, si l'on considère qu'il existe une détermination propre (une logique, si l'on veut) des problèmes spécifiques d'une discipline, mais qu'elle est suscitée par une attitude particulière de l'esprit qui porte ses étonnements et ses interrogations¹⁶.

Nous sommes loin d'avoir fait par ces quelques commentaires le tour des conditions de possibilité de la question des origines de la vie comme problème scientifique. Ces conditions ne pouvaient nous être connues *a priori* et seule l'histoire effective du problème et de ses formulations nous les révèlent. Ces formulations, cependant, par-delà la contingence des circonstances, expriment manifestement la rationalité du problème posé, en cohérence avec les connaissances disponibles à chaque époque. Elles témoignent de la volonté de formuler scientifiquement le problème, même s'il s'y trouve une grande marge d'imprécision et d'arbitraire. L'expression de ces conditions varie : évolution, génétique, biologie moléculaire apportent chacune une nouvelle manière d'aborder la question, d'en reformuler l'énoncé, et la circonscrivent de mieux en mieux. La question acquiert progressivement de nouveaux caractères et revêt plus de précision, laissant moins de marge au flou des notions et d'arbitraire aux contenus supposés. Il apparaît, en fin de compte qu'il fallait, pour que la question des origines de la vie devienne totalement scientifique ou, mieux, pour qu'elle puisse être scientifiquement posée, la connaissance de la structure et de la réalité microscopique des organismes vivants, dont la fine pointe se trouve aujourd'hui dans la génétique et la biologie moléculaire.

STRUCTURES DE LA VIE DE L' ARGILE USURPEES ...

Parmi les hypothèses théoriques récentes sur la manière dont les molécules complexes géantes ont pu se former, puis se reproduire et par la suite se

¹⁶ J'ai examiné cette question dans le cas des travaux scientifiques d'Einstein (M. Paty, *Einstein philosophe*, Presses Universitaires de France, Paris, 1993).

transformer et évoluer - comment un polymère, porteur d'information, amplifie celle-ci, se réplique, produit l'erreur qui rend possible son évolution -, l'une ne manquera pas de retenir l'imagination du lecteur. C'est la théorie de la relève génétique ou de l'usurpation (*take-over*), en biologie moléculaire, sur l'origine de la vie et la genèse du code génétique, due à Alexander Graham Cairns-Smith¹⁷. L'idée centrale en est qu'une argile (un minéral) joue à l'origine le rôle de matrice d'information tout en permettant la réplication de la structure moléculaire, autrement dit que l'organique usurpe la structure du minéral et se l'approprie pour la transformer, multipliant les possibilités...

Les argiles auraient été les enzymes primitives dont la capacité catalytique a permis la polymérisation des molécules adsorbées sur les surfaces minérale constituées en feuillets. A l'origine, donc, du système moléculaire, seraient de simples cristaux d'argile, fournissant une structure, dans laquelle ils sont remplacés par des molécules organiques; celles-ci, en raison des propriétés de la structure même, peuvent se polymériser, voire se reproduire, en suite de quoi les chaînes de polymères ainsi constituées auraient définitivement acquis la capacité de se reproduire de manière autonome. Le métabolisme primitif serait ainsi directement issu du monde minéral, qui aurait joué, en quelque sorte, le rôle que tient un échafaudage pour une construction de pierre se tenant ensuite par elle-même.

Des expériences ont en effet montré comment la concentration de matière organique (acides aminés) dans des feuillets d'argile à structure lamellaire et cristalline (ordonnée et répétitive) permet de favoriser des réactions de polymérisation. Les ancêtres des gènes ont ainsi pu avoir été certains éléments de matière moléculaire "nue", d'origine purement géochimique: ces "gènes" élémentaires produisant des phénotypes dans leur environnement (les feuillets cristallins d'argile), devenus de plus en plus élaborés et spécifiques, au point de contrôler cet environnement, favorisant l'apparition d'un nouveau type de gène, plus efficace et prenant le contrôle du phénotype, supprimant les anciens. Le matériel "génétique" initial, de nature minérale, se serait ainsi vu remplacé progressivement par un matériel génétique organique, totalement différent. La structure elle-même, qui fut l'occasion de la formation de composés nouveaux se transforme au long du processus, de telle façon que la structure finale ne garde que peu de choses de l'ancienne. Dès lors, la vie autonome oublie le minéral qui lui a donné naissance.

Cette théorie n'est pas la seule: on en trouvera d'autres, qui ne sont pas moins ingénieuses, et toutes ces théories d'ailleurs ne sont pas tant concurrentes que concourantes, la formation de la vie faisant, en quelque sorte, feu de tout bois... Et, en fin de compte, cette variété de possibilités plausibles ne font que faire pressentir tout ce que l'apparition de la vie a pu avoir de contingent. Il se peut que les acides nucléiques et les protéines aient fait leur apparition indépendamment les uns des autres¹⁸, le code génétique primitif ayant résulté d'une mise en correspondance des uns et des autres en chaînes où ils seraient alternés, et des

¹⁷ La théorie, proposée en 1966, suscite actuellement l'intérêt des physico-chimistes, qui imaginent des expériences pour en étayer la plausibilité. Je dois à Fernando Souza Barros, de l'Institut de Physique de l'Université Fédérale de Rio de Janeiro, mes premières informations sur cette théorie fascinante à bien des égards.

¹⁸ Selon une hypothèse émise par Jacques Ninio en 1979.

synthèses catalytiques auraient été redues possibles par divers mécanismes¹⁹. On peut aussi considérer, avec l'hypothèse symbiotique, que métabolisme et information génétique sont apparus séparément, portés par des types de molécules distinctes, associées ensuite par une juxtaposition de hasard évoluant du parasitage à la symbiose, et joignant leurs deux fonctions, parvenant alors à développer des structures vivantes, formant la cellule, etc. On suivra aussi toutes les finesses aujourd'hui mieux comprises de la séquence des molécules d'acides nucléiques, des "exons" et des "introns" (portions d'acides nucléiques non codantes), des "épissures", par lesquelles les introns apparemment inutiles sont coupés, condensant l'information génétique, ou des mécanismes d'"édition" qui les introduisent au contraire, multipliant les différenciations et les possibilités.

Mais je reviens un instant à la théorie de la relève génétique, pour le pouvoir de fascination qu'elle exerce sur l'imagination. Par-delà sa précision toute scientifique, elle rejoint la métaphore intuitive et ancienne de la vie qui se forme à partir de l'eau et de la terre, de la glaise, de la boue (l'esprit soufflant sur la glaise pour former sinon l'homme, du moins la condition qui le rendra possible, la vie), ou vient comme justifier l'art si ancien du potier, de la figuration des hommes ou des dieux par des statuettes de terre cuite, constante des civilisations et des cultures: comme si l'homme avait toujours su qu'il était - lui et ses divinités - de même nature que cette image qu'il fait lui-même de lui, c'est-à-dire de terre malléable mouillée... Notre étoffe serait née de l'argile... Cela pour la dimension poétique, signifiante, et peut-être mystique. Sans compter l'idée d'usurpation, fréquente dans les anciens mythes, quand la destinée prend un nouveau cours.

Mais l'épistémologie y trouve aussi son content : la relève génétique, c'est la discontinuité dans la continuité, l'évolution dans la structure. L'image paraît presque une figure rhétorique, universelle, applicable à de nombreux domaines, jusqu'à l'histoire des hommes et de la pensée... On songe par exemple, à l'histoire des peuplements, par exemple de la Grèce (ou encore, de la France): des peuplades envahissent un pays ou s'infiltrèrent dans une société donnée, dont elles adoptent la langue et la culture. L'ethnie se modifie tandis que la structure sociale et culturelle demeure (ou change peu)... mais ce ne sont là que des images.

L'AUTRE COTE DU MIROIR, CE MONDE PASSE QUE NOUS NE VERRONS JAMAIS

La théorie de la relève génétique pose, de façon plus générale, la question de la nature d'une hypothèse de ce genre - comme, d'ailleurs, de toute hypothèse de scénario sur les origines de la vie. Il existe inévitablement, entre les premières structures et les premiers processus de la vie et nous un effet de lessivage ou d'effacement systématique (*washing-out*): les structures actuelles ont tellement

¹⁹ Voir une description des diverses hypothèses dans le texte de Marie-Christine Maurel.

connu de modifications depuis lors qu'elles ont perdu toute trace de ces premières conditions; et les strates successives de l'évolution les ont même plus que probablement effacées. La reconstitution de ces périodes ne peut être qu'indirecte. Il en va d'ailleurs de même avec les premiers instants de la cosmologie, où les interactions entre les particules des champs quantiques brouillaient irrémédiablement la "soupe cosmique primitive": l'on n'observe au mieux que l'univers des particules et des champs découplés, donnant naissance aux noyaux et aux galaxies, mais un million d'années "après"...

Il est évident, dès lors, si l'on en avait jamais douté, que la connaissance n'est plus une question d'observation. Il s'agit d'aller de l'autre côté du miroir, d'imaginer un monde hors de notre atteinte, idéal, construit par nos structures mentales sur la base de la connaissance que nous avons du monde où nous vivons. Un monde élémentaire, dont l'existence est à jamais invérifiable, dont la justification est l'exigence d'unité de la matière et de continuité rationnelle. Est-ce vraiment tout ce que l'on peut en dire? Y a-t-il une différence fondamentale entre une telle construction simplement vraisemblable et, par exemple, la connaissance qui fait reconstituer, en paléontologie, un organisme de mammifère entier à partir de la seule donnée d'une molaire? Cohérence structurelle oblige. La différence la plus nette porte, à tout bien réfléchir, sur le rôle du temps. La nouveauté ici, peut-être, c'est que la biologie perd la connexion directe qu'elle avait semblé entretenir jusqu'ici avec le donné empirique immédiat. Que les origines soient nécessairement masquées, cela confère au statut épistémologique de la recherche scientifique sur les origines un caractère quelque peu inédit.

DERNIERES REMARQUES

D'autres questions de nature épistémologique sont soulevées par toutes ces connaissances, que je ne ferai qu'évoquer brièvement. L'une concerne le rapport, conçu généralement comme une opposition, entre la structure et la genèse, ou entre la synchronie et la diachronie. Les lois physico-chimiques (structurelles) du comportement des atomes et des molécules ne suffisent pas pour nous faire comprendre comment et pourquoi la vie est possible, comment elle est née: il faut s'interroger sur l'évolution de ces molécules, sur leur élaboration dans une complexité croissante. Le fait même de poser le problème de l'émergence de la vie à partir de structures moléculaires oblige à modifier la manière dont on aborde la question de ces structures et de leurs propriétés. La question de l'origine modifie, dans la discipline même - ici, la biologie - la nature de l'approche scientifique. C'est, en particulier, le délicat problème du rapport de la biologie moléculaire à la théorie de l'évolution qui est en jeu.

Une autre situation, peu banale pour les sciences de la nature est celle qui concerne le statut des phénomènes singuliers. Le cas se rencontre en histoire, dont on hésite, pour cela, à faire une science. Or c'est à un événement singulier que ramène, en biologie, la question des origines. Les sciences exactes et de la nature contemporaines ont connu des changements qui eussent naguère paru bien étonnants. En biologie, l'évolution introduit certains caractères de l'histoire, comme d'ailleurs la cosmologie l'introduit en physique, et l'objet ou l'événement singulier -

non reproductible - fait aussi son entrée en biologie, pour couronner le tout, avec les questions d'origines (pour la cosmologie, s'il entre aussi, c'est seulement par l'unicité de l'Univers). L'histoire était déjà admise en anthropologie, avec la question des origines de l'homme, de celle de la pensée réflexive et industrielle, mais la chose est plus récente pour la biologie, science d'autant plus exacte que c'est la biologie moléculaire qui est ici concernée.

La question des origines de la vie renvoie à un fait unique, qui échapperait donc par principe à la prise de la science, comme les phénomènes non reproductibles, selon les canons traditionnels. De plus, il s'agit d'un phénomène qui n'est pas donné et dont la trace directe est irrémédiablement perdue. Comment donc est-il possible, par-delà toutes les hypothèses évoquées, de penser un tel phénomène, dont la nécessité pour la cohérence de la science est cependant posée? On pourra, ici, invoquer la notion de "fait virtuel"²⁰ (soit l'ensemble des faits pensés, réalisés ou non, qui résultent à titre de conséquence d'une représentation théorique donnée), féconde pour intégrer dans une philosophie de la connaissance ce type de question qui appartient de plein droit à la science d'aujourd'hui, par cela que le fait virtuel est plus riche que le fait singulier purement empirique. Une telle notion permet de dépasser, sinon la non-scientificité de l'histoire, du moins la non-scientificité souvent alléguée du fait singulier et non reproductible. Remarquons à cet égard que l'expérience, quant à elle, n'est pas singulière ni non reproductible: l'expérience n'est pas le fait, mais le reconstruit, elle est indirecte, volontaire, prépare les conditions de la présentation du phénomène.

Faisons une dernière remarque, d'ordre général, au sujet de l'importance de la notion d'organisation dans la séparation du vivant d'avec le non-vivant. C'est l'organisation des atomes qui fait apparaître des niveaux différents de structures fonctionnelles, une dynamique moléculaire propre, en physique atomique. En biologie, c'est l'organisation moléculaire qui engendre la spécificité de la cellule, et c'est encore elle qui fait la différence entre les organismes. Mais qu'est-ce, exactement, que l'organisation ? ou plutôt, qu'est-ce qui fait l'organisation, et plus précisément cette forme d'organisation caractéristique des systèmes vivants, l'auto-organisation ? Quel rapport entretient-elle avec d'autres formes d'auto-organisation comme celle des réseaux d'automates et de l'intelligence artificielle ? N'est-elle que le résultat d'assemblages de hasard qui "ont réussi" ?

Nous n'avons pas fini de nous interroger sur toutes sortes de sujets qui nous concernent, à propos de la question des origines de la vie. Il semblerait même que les questions se multiplient à mesure que nous en savons davantage à son sujet. Ce n'est pas la moindre fascination qu'exerce la connaissance scientifique contemporaine, pour peu que l'on ne considère pas la connaissance comme une chose que nous posséderions, mais comme une recherche qui ne prendra fin qu'avec nous.

Paris, 2 mai 1994

Michel PATY

²⁰ Sur la notion de "fait virtuel", voir Gilles Granger, *La vérification*, Odile Jacob, Paris, 1992.