

# I

## Genèse et préhistoire des écosystèmes : « l’être vers la vie » géologique et « le milieu » proto-biologique<sup>1</sup>

INAGA SHIGEMI

L’écosystème repose sur la circulation des matériaux. Si le monde non-vivant obéit à la deuxième loi de la thermodynamique, le monde vivant s’y oppose pour assurer une néguentropie partielle dans une biosphère bien limitée. *La bio-épistémologie* (2015), ouvrage de Yonemoto Shôhei (1946-)<sup>2</sup> propose un nouveau paradigme pour prendre en charge cette dernière sphère de « médiance » ou « médiété » (que Yonemoto nomme « C-quadrant »). L’auteur y discerne la clef pour dépasser une vieille polémique entre la physique rigoureuse et le vitalisme démodé. On examinera ensuite le processus de la genèse même de l’écosystème dans l’évolution géologique de la Terre à l’ère pré- et proto-biologique. L’hypothèse de Nakazawa Hiromoto (1940)<sup>3</sup> autour de sa *Naissance de la vie* (2014), va servir de référence<sup>4</sup>.

En s’appuyant sur ces deux réflexions, nous voulons élargir le champ mésologique proposé par Augustin Berque (2000). La notion berquienne de « l’écoumène » redéfinit le milieu par la « médiance » où se croisent la nature et l’homme. La médiété peut et doit enjamber les sphères biologique et non-biologique. Nous proposerons aussi d’extrapoler l’idée de « trajectivité » pour une nouvelle exploration

---

1. Notre communication servira aussi d’hommage à Kanamori Osamu (1954-2016), éminent épistémologue en sciences naturelles, qui nous a quittés prématurément en 2016.

2. Ancien *specially appointed professor* au Research Center for Advanced Studies, université de Tôkyô, Yonemoto s’efforce de réhabiliter Hans Driesch afin de dépasser le « dogme central » de la biologie moléculaire.

3. *Honorary fellow* du National Institute for Materials Science, Japon.

4. Les recherches de Yonemoto ont été menées indépendamment de celles de Nakazawa. L’auteur de cet article est responsable de leur rapprochement.

de « l'être vers la vie », qui touche la genèse de l'écologie. Voici la *terra incognita*, champ d'exploitation « mésologique » qui s'ouvre.

## I. HYPOTHÈSE C-QUADRANT

Commençons par expliquer le fondement de l'hypothèse « C-quadrant » de Yonemoto Shôhei (2015). « C » désigne la cellule. D'après Yonemoto, réduire la biosphère cellulaire nommée « C-quadrant » à un environnement thermodynamique en système fermé, risque de conduire à un « aveuglement épistémologique » (Yonemoto, 2015, p. 253-254). Pourquoi « aveuglement » ? Parce que la thermodynamique au niveau du « C-quadrant » se situe tout simplement en dehors des limites d'observation directe permises par les technologies actuelles, et de ce fait, reste « inaccessible », selon Yonemoto.

Cet « aveuglement » consiste à ne pas reconnaître le phénomène fondamental de la vie, à savoir la croissance partielle et bien limitée de la néguentropie. Selon Yonemoto (*ibid.*, p. 311), la vie consiste à « manger la néguentropie » (*ibid.*, p. 315), ou comme le disait Erwin Schrödinger (1944, p. 70-71) : « la vie, en tant que matière, n'existe qu'en contredisant l'équilibre thermodynamique ». Mais une telle « contradiction », pareille aux efforts d'un Sisyphé dans la mythologie grecque, se trouve partout dans l'être vivant, en état « hors équilibre » de systèmes ouverts (dont les spécialistes ont déjà proposé de nombreux modèles).

Yonemoto y suppose, à titre d'exemple, l'effet de « cliquet brownien (*Brownian Ratchet*) » (2015, p. 257). Proposé par Mark Haw (2007) et Peter M. Hoffmann (2012), il s'agit d'un encliquetage qui ordonne et régularise les vibrations apparemment aléatoires et désordonnées (« *random movement* ») des molécules. Le désordre se trouve « doté d'un dessein » (*purposeful, zweckmässig*) (Yonemoto, 2015, p. 260-61). Rien de surprenant si un de ces mécanismes d'engrenage du « moteur brownien » a été déjà identifié dans le comportement de la polymérase de l'ARN (acide ribonucléique) ; enzyme qui intervient dans la transcription de l'ADN à l'ARN (Gelles et Landick, 1998 ; Yonemoto, 2015, p. 262).

Grâce à cet engrenage – effet de viscosité aidant – le mouvement brownien « anarchique » des molécules se modifie, en partie, en se dotant d'un « ordre ». Dans les cellules remplies d'eau, l'entropie croissante se trouve ainsi partiellement bien engrenée en entropie décroissante, voire se transforme en néguentropie. Tel serait le processus « biologique ». Et curieusement Mark How l'appelle « Monde médian (*Middle*

*World*) » qui se situe entre le monde non-organique et celui de l'organique. On aurait intérêt à examiner cette situation en faisant appel à la « médiance » ou à la « médiété », termes proposés par Augustin Berque.

## II. VERS LA GENÈSE DE L'ÉCOSYSTÈME

L'homme n'a cessé de se poser des questions sur la genèse de la vie sur la Terre. Mais peut-être était-il parti de mauvaises présuppositions. Nakazawa Motoki (2014), ancien président de la Société japonaise des études de l'argile, nous propose un nouveau scénario en la matière.

Dans sa théorie sur la genèse de la vie sur la terre, Nakazawa met l'accent sur un fait connu dans l'histoire de la Terre (Nakazawa, 2014, p. 145-152) : il y a 4,0 à 3,8 milliards d'années, à la même époque où la surface de la planète fut couverte par la mer primaire et se dota d'une pression atmosphérique plus ou moins semblable à celle de l'état actuel, une quantité énorme de météores entrèrent en collision avec la Terre, ce qui constitua le « Grand Bombardement tardif » des météores.

Pendant l'ère dudit « Grand Bombardement tardif », des astéroïdes de dimension comparable, puis dix fois plus massifs que celui du Yucatán, ont successivement pris d'assaut la Terre durant presque deux cent millions d'années. L'intensité de ce bombardement fut tel qu'on estime à environ 200 tonnes par mètre carré l'accumulation totale de matière sur la surface de la planète (*ibid.*, p. 151).

Nakazawa et son équipe ont aussi réalisé des expériences pour démontrer que dans des conditions atmosphériques similaires, le fer (Fe) et l'olivine ( $\text{Cu}_3\text{N}$ ) d'origine météorique s'évaporent facilement pour devenir des particules minuscules, qui agissent comme catalyseurs pour accélérer la production non seulement de l'ammoniac<sup>5</sup>, mais aussi de diverses molécules organiques (Furukawa *et al.*, 2009)<sup>6</sup>. L'auteur propose de l'appeler « Big Bang des molécules organiques » (Nakazawa, 2014, p. 154).

Nakazawa a été ensuite amené à se poser la question de savoir pourquoi les molécules composant les corps vivants sont toutes solubles dans l'eau et montrent une haute affinité avec l'argile. Cette question

---

5. 8 % du fer utilisé dans l'expérience de laboratoire a été transformé selon la réaction :  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{Fe} = 2 \text{H}_3 + 3\text{FeO}$ , malgré le fait que l'impact réalisé dans l'expérience ait été très inférieur à la réalité.

6. Les résultats de ces expériences sont donnés en résumé dans Nakazawa (2014, p. 169-187).

ne se résout pas en faisant appel à la physique ou à la chimie seules. Spécialiste de l'argile, Nakazawa propose l'hypothèse d'une « sélection naturelle » (*ibid.*, p. 190-196) effectuée par les molécules organiques par elles-mêmes. En effet, seules les molécules organiques solubles dans l'eau, et qui montraient une affinité avec l'argile, auraient pu se maintenir et donc « s'imposer » (Nakazawa dit « élu ») en tant que composants de base, précurseurs de ce qui sera les corps vivants dans l'avenir (*ibid.*, p. 195-196).

Mais les éléments composants ne suffisent pas encore en soi pour qu'ils se composent en polymères par la voie de polycondensation. Ici, Nakazawa rejette le sens commun qui reste encore dominant, et met en doute l'opinion courante qui fait de la mer primaire la mère de la vie. Comment en effet est-il possible que les mono-nucléotides (comme l'adénine, la guanine, la cytosine et l'uracile) composant l'ANR se condensent et s'enchaînent par eux-mêmes dans le liquide qu'est la mer primaire ?

À l'opposé, Nakazawa nous rappelle, en termes physiques, que la polycondensation (polymérisation) s'opère littéralement par déshydratation. La surface du fond de la mer primaire se composait de serpentines, sédimentations métamorphisées, de météores (les roches désagrégées, telles que la kaolinite et l'argile smectique n'existaient pas encore, faute de continent qui allait en fournir ultérieurement les futurs matériaux) (*ibid.*, p. 206-213). Les serpentines  $Mg_3Si_2O_5(OH)_3$ , extrêmement riches dans les susdits météores, se décomposent facilement dans l'eau en silice non-cristalline et flottent en choroides. Elles sont capables d'absorber les molécules organiques avant de se sédimenter. La sédimentation sous haute pression et haute température (qui est relativement élevée à dix kilomètres au-dessous du sol : 3 000 bar et 300 degrés centigrades), offre les conditions propices à la déshydratation. L'auteur et quelques autres y supposent le berceau d'une condensation des molécules organiques.

Leur hypothèse avancée en 1993 semble se confirmer : on a bien constaté la production de peptides aminoacides, dans des conditions géologiques semblables au sol, trois kilomètres au-dessous de la surface de la Terre. Nakazawa et son équipe ont réussi à produire à partir de la glycine des polypeptides contenant jusqu'à onze chaînes. Autrement dit, les molécules organiques se montrent capables de « se stabiliser » dans les conditions qui se présentent au sein de la diagénèse – processus de métamorphose qui s'opère dans la sédimentation du sol au fond de la mer primaire (*ibid.*, p. 212).

Ici, la question de la chiralité doit entrer en jeu. Le mot « chiralité » vient du grec *χείρ* (la main). On sait que dans le monde vivant, on observe une forte homo-chiralité, c'est-à-dire que la paire d'énantiomères existe rarement en proportion égale (sous la forme racémique). Prenons par exemple les coquillages. La plupart des coquillages se développent dans un sens opposé au sens de rotation de l'aiguille d'une montre ; rarissimes sont, dans la nature, les spécimens dont la spirale suit le sens de l'aiguille de la montre (sauf cas d'élevages artificiels) (Kuroda *et al.*, 2009)<sup>7</sup>.

Cette perte de « parité » (en termes physiques), à savoir le manque de paires symétriques l'une par rapport à l'autre (comme reflétées dans un miroir plan), va encore une fois à l'encontre de la deuxième loi de la thermodynamique (Nakazawa, 2014, p. 242)<sup>8</sup>. Autrement dit, ce « déséquilibre », en déviation par rapport à la loi physique, est, selon Nakazawa, la condition indispensable pour le maintien de l'équilibre dynamique ou pour le métabolisme des êtres vivants. Sans cette homo-chiralité, typique dans le monde biologique, même une protéine relativement petite, telle la myoglobine, composée d'une centaine d'acides aminés, risque de se recomposer en stéréo-isomères (dont le nombre de variantes formelles inéluctables en trois dimensions est de l'ordre de  $2^{100} = 1.267 \times 10^{30}$ ). Un tel « désordre » hors de contrôle ne lui permettrait pas de fonctionner comme enzyme stable, dit-il (*ibid.*, p. 239).

La forme en spiraloïde d'une macromolécule (tels les peptides ou les poly-nucléotides) va montrer tout naturellement une particularité dans leur comportement : selon qu'elle s'enroule en spirale dans le sens de l'aiguille d'une montre ou en sens inverse, leur passage au sein des particules minérales peut être facilité ou empêché, comme si cette forme lui attribuait les propriétés d'engrenage de la vis sans fin (évoquée plus haut comme « encliquetage brownien ») (*ibid.*, p. 248)<sup>9</sup>.

L'hypothèse retenue par Nakazawa a ceci de particulier qu'il suppose l'existence d'« êtres vivants » qui auraient manqué de gènes. Avant d'obtenir la capacité de reproduction génétique, les substances organiques

---

7. Notons que Kuroda fait partie des chercheurs qui mettent en doute le principe « racémique » de la biochimie sur la base de leurs expériences enjambant chimie et embryologie.

8. Sur ce point de polémique, Nakazawa ne se justifie pas encore, mais évoque la technique de datation de fossiles par le taux d'acides aminés « racémisés » au cours du temps.

9. Il faudrait cependant se garder de confondre le niveau moléculaire et celui, beaucoup plus complexe, de la protéine.

auraient pu posséder la fonction métabolique en se servant des membranes inorganiques avec lesquelles elles étaient entrées – par hasard ou dans une circonstance contingente – en relation, si l'on peut dire, « symbiotique ». Pour cette « symbiose » (avant la lettre), il y a plusieurs hypothèses qui attendent encore la vérification de l'expérience. On sait par exemple que la silice ( $\text{SiO}_2$ ) peut facilement former une structure de type cellulaire. Bien que non-organique, cette membrane pourrait être remplacée par une membrane organique hydrophile, ce qui constituerait déjà un filtrage sélectif. C'est ainsi que pourrait se déclencher le mécanisme métabolique à l'état primaire (Keins-Smith, 1982)<sup>10</sup>.

### III. POSSIBILITÉ MÉSOLOGIQUE : INTERMÉDIAIRE ENTRE LE NON-ORGANIQUE ET L'ORGANIQUE

Nous avons brièvement examiné les deux hypothèses récemment avancées par deux chercheurs japonais, Yonemoto (2015) et Nakazawa (2014). Il nous reste à les situer au sein de la problématique de la mésologie. Commençons par Nakazawa. Les points de référence pertinents peuvent se résumer à trois constats.

1. La planète Terre semble actuellement maintenir un équilibre écologique relatif. Pourtant, Nakazawa insiste sur le fait qu'avant l'établissement de cet équilibre atmosphérique et océanique, la planète Terre exerçait (et continue à exercer encore) un rayonnement thermique à partir de son noyau intérieur, ce qui avait contribué à l'intensification de la négentropie dans l'écosystème terrien, condition primordiale qui s'oppose à la deuxième loi thermodynamique à l'état strictement physique (Nakazawa, 2014, p. 252-269). Sur ce point, l'observation (ou l'obsession?) de Nakazawa est recoupée par celle de Yonemoto (Yonemoto, 2015, p. 195-280) ; la première élargissant la seconde, au-delà de la biosphère pour l'appliquer non seulement à la genèse pré-biologique mais aussi à l'évolution géologique de la planète.

2. Nakazawa suppose aussi que les membranes (qu'on observe dans la sédimentation siliceuse) auraient pu être remplacées, à la longue, par la double couche lipidique, voire par la bicouche lipidique qui composera la membrane cellulaire. Ce processus (encore énigmatique, dont l'élucidation mériterait le prix Nobel, dit-il) de remplacement constituerait bien la « trajectivité », dans la mesure où le biologique

---

10. Par la suite Nakazawa remet en cause plusieurs hypothèses qui ont été avancées (p. 272-289), mais nous les éliminons ici, faute de place.

se substituerait alors au non-biologique par ce trajet ou trajection qui mène vers la vie. Il s'agit d'une entité dotée de la capacité métabolique et auto-multiplicative ; un acquis qui précède bien la genèse de la vie (dans la mesure où lui manque encore la fonction génétique de reproductivité), mais elle n'en est pas moins, dans une certaine mesure, « vivante », de par sa capacité de se multiplier en s'auto-composant tout en se décomposant.

3. Non seulement la genèse de la vie mais aussi son évolution font partie de l'auto-organisation (ou plutôt *sym-poiésis*)<sup>11</sup> des éléments chimiques légers (tels que H, N, O, C, etc.), composants de la Terre ; évolution qui s'opère selon un processus de « mise en ordre » progressive, cette mise en ordre étant « alimentée » par la décroissance en entropie de la planète, par l'émanation constante d'énergie thermique, d'origine radioactive provenant de la transmutation nucléaire, qui permet aux écosystèmes terrestres de s'opposer, en tant que milieux, à la deuxième loi de la thermodynamique ; « fait » sur lequel insiste Nakazawa (2014, p. 79 et 169)<sup>12</sup>. Ce qui nous suggère la nécessité de supposer une autre définition de la Vie : avant même l'établissement de l'écosystème (ou plutôt de l'ensemble des écosystèmes), l'évolution – si on lui intègre le processus de néguentropie de la Terre – avait bien fécondé le milieu indispensable pour la genèse et la multiplication des organismes qui vont « vers l'être vivant ».

Selon Nakazawa, le mécanisme de néguentropie intrinsèque à la planète Terre faisait déjà partie du programme de la genèse de la vie. La Terre existait en tant que « être-vers-la-Vie » dans la mesure où son évolution géophysique et géologique, qui précédait la genèse de la Vie, avait bien contribué à l'apparition de cette dernière. Et l'organisme vivant n'est que le résultat final, et « presque nécessaire », de ces processus géophysiques et géologiques que résume la série des « sélections naturelles ». « La vie ne pouvait pas ne pas se générer par nécessité » (*ibid.*, p. 272).

Ce qui nous permet de conclure provisoirement. Bref, ce n'est pas parce que la planète Terre est remplie d'êtres vivants que l'on peut la

---

11. L'auteur remercie vivement M. Jean-Pierre Llored, co-directeur de ce colloque, pour la suggestion de ce mot qui relève de D. Haraway, comme le terme « sympoiésis » traduit mieux que « autopoïésis » l'idée que nous avançons ici, ainsi que pour son travail de correction très approfondi et ses nombreux commentaires et suggestions.

12. L'auteur de cet article n'est pas encore entièrement convaincu de cette thèse avancée par Nakazawa.

dénommer comme vivante ; la planète, même en son état pré- et proto-biologique, a été déjà sujette à la Vie, ce « mi-lieu » (ou « *middle world* ») qui nourrit « les chaînes trajectives » (telles que définies par Augustin Berque [2000]) entre les éléments minéraux, non-organiques, et les éléments organiques et finalement biologiques. Est-il trop audacieux de nommer la Terre « être vivant » à cause de sa « nature » pré- et proto-écologique, qui s'opposait d'ores et déjà à la deuxième loi de la thermodynamique ? Et cette « résistance vitale » ne s'explique-t-elle pas aussi en partie par sa position particulière dans le système solaire, et par les péripéties que la « planète de l'eau » a subies, au cours de son évolution – en tant que « milieu de convergence des systèmes ouverts hors équilibres superposés » ; évolution qui lui a été dictée au cours de la genèse de ses écosystèmes complexes, et dont l'échelle et l'ordre seraient bien de nature cosmogonique et « méso-logique » au sens strict du terme ?

### Bibliographie

- BERQUE Augustin, *Écoumène. Introduction à l'étude des milieux humains*, Paris, Belin, 2000, 272 p.
- FURUKAWA Yoshihiro, SEKINE Toshimori, OBA Masahiro, KAKEGAWA Takeshi et NAKAZAWA Hiromoto, « Biomolecule Formation by Oceanic Impacts on Early Earth », *Nature Geoscience*, 2, 2009, p. 62-66.
- GELLES Jeff et LANDICK Robert, « RNA Polymerase as a Molecular Motor », *Cell*, vol. 93, 1998, p. 13-16.
- HAW Mark, *Middle World, The Restless Heart of Matter and Life*, Londres/ New York/Shanghai, Palgrave Macmillan, 2007, 197 p. ; trad. japonaise, マーク ホウ(著) 『ミドルワールド 動き続ける物質と生命の起原』 三井恵津子訳、東京、紀伊国屋書店, 2009, 296 p.
- HOFFMANN Peter M., *Life's Ratchet : How molecular Machines extract Order from Chaos*, New York, Basic Books, 2012, 288 p.
- KEINS-SMITH A.G., *Genetic Takeover and the Mineral Origin of Life*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982, 488 p.
- KURODA Reiko *et al.*, « Chiral blastomere arrangement dictates zygotic left-right asymmetry pathway in snails », *Nature*, 462, 10 décembre 2009, p. 790-794.
- NAKAZAWA Hiromoto, 中澤弘基 『生命誕生：地球史から読み解く新しい生命像』 [*La naissance de la vie. Une nouvelle vision de la vie perçue à travers l'histoire géo-climatique de la Terre pré-biologique*], Tôkyô, Kôdansha 講談社, 2014, 318 p.

SCHRÖDINGER Erwin, *What is Life. The Physical Aspect of the Living Cell*, Cambridge, Cambridge University Press, 1944, 194 p.

YONEMOTO Shôhei, 米本昌平 『バイオエピステモロジー』 [*La bioépistémologie*], Tôkyô, Shoseki Kôbô Hayayama 書籍工房早山, 2015, 341 p.



Augustin Bergue  
先生

vers la Misolopie  
"inhumaine ..."

Shigemitsu  
INAGA,