

Comment la biologie répond-t-elle aujourd'hui à la question : qu'est-ce que la vie ?

Marie-Hélène Parizeau^a

Faculté de philosophie, Université Laval, 2325 allée des Bibliothèques, Québec, QC, Canada

Résumé. Avons-nous changé notre compréhension scientifique du phénomène de la vie, mais également nos arrière-plans philosophiques? Comment est-on passé d'une science de la connaissance de la vie à une science technicienne transformatrice du vivant ? De la protection de la biodiversité au développement des biotechnologies, il semble bien que deux conceptions de la vie, voire deux idéologies scientifiques, se manifestent au sein de la biologie, ce qui pourrait expliquer une des difficultés à l'enseigner aujourd'hui. La biologie moléculaire permet la modification du vivant et la fabrication de la nature sous le contrôle technique humain. La vie est ainsi devenue information, après historiquement avoir été pensée depuis Aristote comme animation, puis avec Descartes comme mécanisme, enfin au XIXe comme organisation. L'écologie du XXe siècle offre une autre conception, cette fois-ci, des vivants, en s'appuyant sur la théorie darwinienne de l'évolution. Ne faudrait-il pas alors se tourner vers la question des finalités des innovations technologiques en biologie et du vivre ensemble avec les autres vivants ?

Abstract. Did we change our understanding of the phenomena of life and the underlying worldviews? How do we move from a science define as the knowledge of life to a technological science modifying the living? From the protection of biodiversity to the development of biotechnologies, it seems that we face in biology two conceptions of life associated with scientific ideologies. It may be why we have now difficulties to teach biology. Molecular biology can modify the living beings and manufacture nature under human control. Life is now defined information, after historically being though as an animation since Aristotle, then as a mechanism with Descartes, and as an organisation in the XIXe century. In the XXe century, ecology proposed another conception of living beings based on the Darwinian theory of evolution. Should we then ask the question about the aims of technological innovation in biology and the way to live together with other living beings?

1 Introduction : le vivant comme fabrication

Changements climatiques, perte de la biodiversité, augmentation de la population mondiale et migrations humaines, autant de thèmes qui intéressent directement le champ de la biologie aujourd'hui. Ces grands enjeux globaux traversent tous les pays et toutes frontières.

^a Marie-Hélène.Parizeau@fph.ulaval.ca

À tout ceci, s'ajoute les enjeux liés au développement des biotechnologiques et des nanotechnologies produits par les pays occidentaux et émergents en synergie avec le complexe militaro-industriel - pour parler comme Habermas dans son livre « La science et la technique comme idéologie » [1]. Les innovations techno-scientifiques constituent en effet le moteur de la recherche scientifique dans le vaste champ de la biologie moléculaire [2]. Des laboratoires ont créés des souris transgéniques, des brebis clônées, des chimères de souris ayant des neurones humains, des OGM, etc. Tout n'est pas nécessairement controversé dans ce catalogue biotechnologique : l'amélioration des fermentations bactériennes, les techniques de culture de cellules en biomédecine, le clonage végétal pour la production de plantes, etc.

Il reste que depuis les années 1980, les recherches scientifiques visent particulièrement la transformation moléculaire du vivant. Les barrières entre les espèces sautent et de nouvelles formes ou espèces végétales ou animales sont modifiées par la transgénèse. Au plan de la méthode, l'approche scientifique se manifeste sous la forme de la fabrication [3], c'est-à-dire une utilisation technique de la vie et une forme de domination sur celle-ci. La manipulation du vivant se présente alors comme autant de mécanismes régulateurs que le chercheur peut contrôler et modifier tel un système technique maîtrisé par l'ingénieur. Ainsi, on dit souvent « ingénierier » le vivant pour une fonctionnalité donnée.

Penser les vivants et la vie comme autant d'objets manipulables, est quelque chose de nouveau et de valorisé depuis l'émergence de la biologie moléculaire [4]. Dans les années 1950, lorsque les embryologistes et les biologistes comme Jean Rostand [5] créait des mutations sur les œufs de grenouilles pour comprendre la parthénogénèse et obtenait des crapauds difformes proches des monstres de nos cauchemars d'enfant, il faisait cela discrètement dans son laboratoire et en parlait entre spécialistes. D'ailleurs, cela n'intéressait qu'eux car il s'agissait de comprendre des éléments du phénomène de la reproduction. C'était une entreprise de connaissance, de la science fondamentale comme on le dirait aujourd'hui. Cela ne faisait pas la « une » des journaux mondiaux comme pour la brebis clonée Dolly en 1996 ; sans qu'il ait été mentionné ailleurs qu'il aura fallu pour obtenir ce résultat près de 300 ovules pour avoir 30 embryons dont un seul sera viable [6]. Cette science-là est spectaculaire, en fait cette science technicienne tente de répondre à des problèmes économiques ou humains. Cette science s'est métamorphosée en « innovation technologique » des programmes de subventions gouvernementales et de la recherche dans les entreprises privées. C'est la science de la fabrication de la nature sous contrôle technique humain. Nous ne sommes plus surpris par cette nouvelle conception de la science et de la biologie en particulier, devenues « techno-science » [7]. Nous sommes dans la caverne d'Ali Baba de « l'innovation technologique », une innovation en suit une autre. Nous voilà fascinés par cette puissance de fabrication et de transformation que nous avons sur le vivant.

2 La puissance de transformation du vivant face aux catastrophes environnementales

La biologie se présente pourtant aujourd'hui sous nos yeux comme les deux faces de Janus, d'un côté, la fascination pour cette puissance de transformation du vivant, et de l'autre, la peur des catastrophes annoncées par l'écologie – pollutions, perte de biodiversité, extinction des espèces, fragilité accrue des écosystèmes sous l'effet des changements climatiques-. Dominique Lecourt dans son livre « Humain post-humain » [8], a ainsi distingué les bio-catastrophistes des techno-prophètes.

D'un côté, cette puissance de transformation nous mène à la catastrophe, à la destruction de la diversité des espèces et des écosystèmes de la planète parce que nous avons trop transformé le milieu sans respecter les limites des écosystèmes. Au plan philosophique, Hans Jonas dans son *Principe responsabilité* [9], et Jürgen Habermas dans *L'avenir de la nature humaine* [10], critiquent les biotechnologies en pointant du doigt les risques majeurs qu'elles induisent tant pour l'avenir de l'homme que pour celui de la planète. Jonas affirme la vulnérabilité de la nature et la précarité des conditions de vie pour les générations futures, tandis qu'Habermas s'inquiète d'une modification de

l'essence de l'homme par la thérapie génique et son extension améliorative dans une mondialisation économique [11].

De l'autre, c'est l'euphorie technicienne avec l'idée que le vivant est non seulement modifiable mais contrôlable de part en part, suivant en cela le modèle de la cybernétique [12]. Pour faire face aux changements climatiques, certains vont même jusqu'à affirmer que l'humanité s'engage dans une nouvelle ère géologique, l'Anthropocène, dans laquelle l'humain co-dirige l'évolution [13]. D'autres vont plus loin encore, en proposant une voie vers le post-humanisme et l'hybridité vivant-humain-machine. L'image du *cyborg* qui allie l'homme et la machine, illustre cet « Homme nouveau ». Donna Haraway dans le *Manifeste Cyborg* [14] expliquait déjà en 1985, qu'à tout prendre, la technique est davantage une force émancipatrice. La technique peut ainsi brouiller la frontière des genres et les construits sociaux discriminatoires.

« La fin du XXe siècle, notre époque, ce temps mythique est arrivé et nous ne sommes que chimères. Hybrides de machines et d'organismes théorisés puis fabriqués; en bref, des cyborgs. Le cyborg est notre ontologie : il définit notre politique. Le cyborg est une image condensée de l'imagination et de la réalité matérielle réunies, et cette union structure toute possibilité de transformation historique » (Haraway, 2007, p. 31) [14].

Elle en appelle donc à l'hybridité du corps humain et de la technique pour que s'épanouissent toutes les formes de subjectivité délivrées du poids des contingences sociales ou biologiques pour que se façonnent de nouveaux rapports sociaux rompant avec les formes de domination sociales, politiques et économiques.

Voilà, nous avons glissé progressivement d'une conception de la science comme connaissance, à la science comme technologie (techno-science), aux enjeux philosophiques et aux idéologies scientifiques qui participent des nouvelles disciplines scientifiques qui surgissent en biologie avec l'avènement de la biologie moléculaire et l'écologie [15]. Il existe donc des discours idéologiques qui se déploient autour des innovations technologiques et des nouveaux champs de recherches initiées. Ces idéologies scientifiques sont alimentées par certains scientifiques, et aussi par tous ceux qui ont des intérêts dans les développements des innovations technologiques (intérêts économiques, socio-professionnels, ludiques, politiques).

Clarifions d'abord ce qu'est une idéologie scientifique afin de comprendre le mouvement actuel qui fait émerger toutes ces nouvelles disciplines ou sous-disciplines de la biologie (biologie moléculaire, génomique, biotechnologies, nano médecine, biologie de synthèse) avec en même temps des normes, des valeurs, des visions du monde futur ou des perceptions du monde (Weltanschauung). Je m'appuie ici sur les analyses de Georges Canguilhem dans *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie* [16] qui utilise le concept d'idéologie scientifique pour éclairer le phénomène de l'émergence et la décadence d'une discipline scientifique ainsi que pour démêler le discours scientifiques du discours non scientifique (croyances, idéologies, discours à prétention scientifique).

« L'idéologie scientifique est bien sur-située par rapport au site que viendra tenir une science. Mais elle n'est pas seulement sur-située, elle est dé-portée. Quand une science vient occuper une place que l'idéologie semblait indiquer, ce n'est pas à l'endroit qu'on l'attendait. » (Canguilhem, 1988, p. 39-40) [16].

Il y a donc une forme de décalage spatial et temporel entre idéologie scientifique et science. L'idéologie scientifique est antérieure à une nouvelle discipline scientifique, elle montre la place à occuper par un nouveau savoir scientifique, mais cette science n'occupera pas cette place-là, et s'installera ailleurs. Cette place ailleurs est plus complexe – ce que Canguilhem appelle une cohérence de complication, alors que l'idéologie scientifique l'annonçait comme simple. L'une n'est pas dans l'axe de l'autre. D'ailleurs l'idéologie scientifique est appelée à disparaître de la nouvelle discipline scientifique, par réduction et raboutage – ce travail continu et méthodique de la discipline scientifique. Le discours de l'idéologie scientifique est appelé à disparaître parce que son objet ne

peut plus à terme avoir de prétention scientifique, puisque la nouvelle discipline scientifique s'est déployée à côté.

Comment donc essayer d'y voir un peu plus clair dans ce qui apparaît comme une transformation des sciences biologiques dans la deuxième partie du XXe siècle ? Comme les sciences biologiques se sont transformées de la connaissance de la vie à une science technicienne transformatrice du vivant ?

Comprendre ce passage pourrait aider les professeurs de biologie à réfléchir sur la discipline qu'ils enseignent, en les aidant à distinguer face à la prolifération des techniques et des nouvelles disciplines (biotechnologies, génomique, biologie de synthèse, etc) les enjeux scientifiques, mais aussi éthiques et philosophiques sous-jacents. Cette démarche pourrait donc aider à faire la part des choses et à choisir ce qu'il est important d'enseigner aux élèves du Lycée (le secondaire et le collégial au Québec).

Qu'il a-t-il d'important à enseigner en biologie ? Qu'est-ce qui est en jeu ? Dans la biologie, au plan philosophique, ce qui est en jeu, c'est la vie, le phénomène du vivant et son corolaire, la mort. En d'autres termes, la biologie est une histoire de vie et de mort. C'est donc quelque chose qui nous intéresse tous personnellement puisque nous sommes tous mortels. Nous participons de la vie et des vivants.

3 La biologie comme une science de la vie ?

Dans cette dernière section, nous allons donc examiner brièvement comment les sciences biologiques se sont transformées d'une science de la connaissance de la vie à une science technicienne transformatrice du vivant à partir d'un point de vue historique et philosophique.

La biologie est, comme son étymologie l'indique, « la raison ou la logique de la vie ». C'est d'abord un mot qui apparaît simultanément chez Bichat en France et avec Treviranus en Allemagne en 1801. Lamarck est celui qui demande un statut autonome à la « science de la vie ». Or, la posture épistémologique de la science de la vie est celle qui caractérise toutes des sciences de la modernité occidentale, c'est-à-dire qui entérine la distance entre le sujet et l'objet en dehors de toute relation, sans émotion, dans l'indifférence à l'objet sauf lorsqu'il s'agit de le mesurer expérimentalement et de chercher des relations de causalité de préférence mathématisable.

Gaston Bachelard [17] est un de ceux qui a le mieux montré comment cette posture de l'esprit rencontre de nombreux obstacles parce qu'elle n'est pas naturelle. Comme le dit Bichat, « la vie, c'est le contraire d'une relation d'indifférence au milieu ». Or pour acquérir cet esprit scientifique, il faut se détacher du monde des sensations. Bachelard résume ainsi sa loi des trois états de l'esprit scientifique :

- « 1) L'état concret où l'esprit s'amuse des premières images du phénomène et s'appuie sur une littérature philosophique glorifiant la Nature, chantant curieusement à la fois l'unité du monde et sa riche diversité.
- 2) L'état concret-abstrait où l'esprit adjoint à l'expérience physique des schémas géométriques et s'appuie sur une philosophie de la simplicité. L'esprit est encore dans une situation paradoxale : il est d'autant plus sûr de son abstraction que cette abstraction est plus clairement représentée par une intuition sensible.
- 3) L'état abstrait où l'esprit entreprend des informations volontairement soustraites à l'intuition de l'espace réel, volontairement détachées de l'expérience immédiate et même en polémique ouverte avec la réalité première, toujours impure, toujours informe. » (Bachelard, 1977, p. 8) [18]

Pour Bachelard, il existe donc des « obstacles épistémologiques » à franchir pour l'esprit humain. C'est qu'une science se constitue en rupture avec d'autres savoirs : « En fait on connaît contre une connaissance antérieure, en détruisant des connaissances mal faites, en surmontant ce qui, dans l'esprit même fait obstacle à la spiritualisation » (*Ibid*, p. 14) [18].

C'est donc cet obstacle épistémologique qu'une nouvelle science ou une discipline scientifique doit surmonter pour proposer de nouvelles idées et de nouveaux concepts. Ces obstacles récurrents

montrent que les sciences n'ont pas un développement linéaire mais au contraire qu'elles sont le fait de « révolutions » comme dirait Kuhn, ou plutôt de discontinuités comme l'explique Bachelard. Ces discontinuités apparaissent dans l'étude historique des sciences.

« (...) le progrès [scientifique n'est pas] l'augmentation de volume par juxtaposition, l'antérieur subsistant avec le nouveau, mais révision perpétuelle des contenus par approfondissement et rature. Ce qui est après est plus que ce qui était avant, non parce qu'il le contient ou même qu'il le prolonge, mais parce qu'il en sort nécessairement et porte dans son contenu la marque chaque fois singulière de sa supériorité. » (Cavallès, *Sur la logique et la théorie de la science*, 3ed 1976, cité par Canguilhem, 1988, p. 24) [16].

Bref, dans un premier temps, si on veut comprendre comment se constitue une science, il faut une perspective historique qui cherche les ruptures entre les sciences, et qui identifie celles qui disparaissent (les « sciences périmées » disait Bachelard) de celles qui sont « sanctionnées ». Il y a deux choses à distinguer ici, d'une part, une science qui tourne court dans son pouvoir explicatif, sa puissance théorique, ou ses instruments de pensée et donc qui disparaît de l'horizon des sciences, et d'autre part, une « science sanctionnée » qui se déploie avec son appareil théorique et dans son champ expérimental. Notons que celle-ci peut aussi à son tour tomber en désuétude au bout d'un certain temps. C'est donc à partir d'une échelle de temps donnée que s'entrecroisent ces « sciences périmées » et ces « sciences sanctionnées », entrelacs qui permettent de tracer l'émergence de nouvelles disciplines scientifiques, avec leur spécificité, ce qu'elles apportent de neuf, de différent, et les ruptures qu'elles opèrent au plan conceptuel, théorique et expérimental.

Une telle conception des sciences présuppose ici une prééminence de la théorie sur l'empirie. Ce second point est aussi important. En effet, pouvoir proposer de nouvelles idées qui surmontent l'obstacle épistémologique dans une discipline donnée, nécessite de nouvelles hypothèses théoriques qui peuvent être alimentées par des faits expérimentaux qui ne collent pas avec la théorie en cours, ou encore par un faisceau de connaissances venant de disciplines connexes.

Cette posture théorique de l'esprit scientifique décrite par Bachelard présuppose qu'en biologie, on cherche à expliquer rationnellement et logiquement ce qu'est la vie et les vivants. Sans refaire ici l'histoire de la biologie, je vais néanmoins retracer quatre grandes lignes afin d'identifier ces ruptures dans la compréhension du phénomène de la vie en distinguant les arrière-plans philosophiques qui alimentent ces significations successives [19, 20].

L'interrogation systématique sur le phénomène de la vie et du vivant remonte à Aristote. La première démarcation posée par Aristote concerne la distinction entre la matière animée (le vivant) et la matière inanimée. Rappelons que nous sommes encore hérités de cette distinction. Elle fait encore l'objet de controverse en nanotechnologies, en biologie de synthèse, où le vivant est considéré comme un degré de complexité supérieur par rapport au non-vivant. Von Neumann [21, 22] caractérisait le vivant par sa complexité et considérait que cette complexité pouvait être introduite dans un automate artificiel : la frontière entre vivant et non vivant pouvant alors potentiellement disparaître.

La deuxième démarcation concerne la démarche de classification des espèces vivantes. C'est à nouveau Aristote qui a tenté d'appliquer des critères de ressemblances entre les espèces animales selon leurs structures et leur mode de reproduction. La taxonomie de Linné et celle que nous utilisons aujourd'hui sont héritières de cette méthode et de ses critères d'identification des espèces.

Un débat qui a agité les sciences jusqu'au XIXe siècle concerne la définition de la vie posée comme « animation » : la vie serait le principe d'animation des êtres vivants. Ce débat a été repris ici une troisième distinction d'Aristote qui différencie l'âme végétative des plantes, l'âme sensitive des animaux, et l'âme raisonnante ou pensante de l'être humain. La vie serait le principe interne qui anime la matière.

Cependant, cette théorie sur la définition de la vie sera remplacée par la vie comme « mécanisme ». Descartes en est ici l'illustre représentant avec ses animaux-machines. L'animal est un automate, bien que Descartes conserve l'âme qui est alors associée à la pensée. La théorie du mécanisme concerne le *fonctionnement* des machines construites ou vivantes mais non la *construction*

des machines. C'est le système de pompe de la circulation sanguine avec ses explications hydrodynamiques.

À partir du XIXe siècle, la représentation de la vie se présente sous la forme d'une théorie de l'organisation. Affirmé que la vie est l'organisation, c'est partir à nouveau d'Aristote qui mentionnait déjà « le corps organisé », repris par Kant. L'être vivant devient l'être organisé : il s'agit d'un système de parties intégrantes ayant des rapports de réciprocité directe ou médiatisée. L'organisme est une totalité. Et ce « tout » est plus que la somme de ses parties. La théorie cellulaire et les concepts de « milieu interne » et d'homéostasie de Claude Bernard, vont orienter l'attention vers les problèmes d'intégration individuelle, d'indépendance relative face aux variations internes et externe. Pour Claude Bernard, l'organisme n'est une machine fixe mais une machine flexible, élastiques, dotées de procédés spéciaux au vivant.

Au XXe siècle, c'est la cybernétique avec sa théorie de l'information qui va permettre de poser une nouvelle théorie qui pose la vie comme « information ». La cybernétique au moment où elle est élaborée par Norbert Wiener en 1943 se définit par l'étude de la façon dont l'information commune aux machines et aux êtres vivants, dont l'homme, circule et s'organise ce qui permet alors d'en contrôler et maîtriser la circulation, et de la réguler.

« Qu'est-ce qu'une machine?... Pour nous, une machine est un dispositif convertissant les messages d'entrée en message de sortie. Un message dans ce contexte, est une séquence de quantités qui représentent des signaux dans le message. Ces quantités peuvent être des courants ou des tensions électriques, mais sans s'y limiter, car ils peuvent être aussi d'une toute autre nature... Un ingénieur dirait dans son jargon qu'une machine est un transducteur à entrées et à sorties multiples » (Weiner, 2000, p.95) [23].

Cette transparence de la machine est liée à l'information qui est connaissable, accessible, décryptable dans tous les êtres de même niveau de complexité informationnelle. C'est le niveau informationnel qui compte ici, le niveau physique (la matière) n'a pas d'importance, elle n'interfère pas. La vie est devenue de l'information, un code génétique, des gènes. Les scientifiques peuvent alors lire « le grand livre de la vie », dit-on dans les années 1990, par le séquençage des génomes des êtres vivants. La vie est information encrptée dans la matière. L'analogie avec l'ordinateur est récurrente dans le discours de plusieurs biologistes moléculaires. La vie devient donc manipulable, transformable. La vie est une machine complexe et sophistiquée, pour les bioingénieurs et bioinformaticiens [24].

Avec cette conception de la vie comme information, la biologie, et en particulier la biologie moléculaire, s'oriente alors facilement vers l'innovation technologique. Nous voilà bien éloignés de Bachelard et de sa méthode pour développer l'esprit scientifique. C'est maintenant l'approche de l'ingénieur qui est appliquée et valorisée. Or, l'ingénieur fonctionne à partir d'un système fermé, assez rigide dans lequel il fait varier certains paramètres qu'il peut contrôler.

Cependant, si la vie au sein de la biologie devient information avec le développement de la biologie moléculaire. D'autres biologistes s'intéressaient aux vivants à une échelle qui les inscrivent dans la grande loi darwinienne de l'évolution des espèces. Les vivants sont ici plutôt considérés à partir du modèle de l'organisation issue de la théorie du XIXe siècle. L'invention du mot « écologie » est lié au biologiste allemand Ernst Haeckel qui, en 1866, définit cette nouvelle science : « Par oekologie nous entendons la totalité de la sciences des relations de l'organisme avec son environnement comprenant au sens large toutes les conditions de l'existence » (Deléage, 1991, p. 8) [25]. Comme le montre bien Pascal Acot [26], l'écologie est en rupture épistémologique avec la problématique de classification des espèces anté-darwinienne de Linné. Chez Linné, la répartition géographique des êtres naturels est providentielle et met en évidence la sagesse de Dieu. L'écologie est marquée par la conception darwinienne du milieu qui intègre la lutte pour la vie comme le fruit de la concurrence, de la compétition et de la prédation, mais aussi de la coopération, entre les êtres vivants et entre les espèces.

L'écologie est donc cette discipline qui au début du XXe siècle, va s'intéresser à l'organisation des vivants. Deux axes théoriques principaux se dégagent progressivement de l'écologie, tout d'abord, les

écosystèmes et la dynamique des populations qui les composent, et ensuite, la biosphère avec ses cycles biogéochimiques.

Cependant, à partir des années 1960, certains scientifiques vont adhérer à une écologie militante qui vise la défense du milieu naturel et la protection de l'environnement. D'autres scientifiques, à l'inverse, affirment que l'écologie n'est pas une science de la pollution, ni de l'environnement, mais une science de la marche globale du vivant. L'écologie scientifique entretient donc des liens ambivalents avec le mouvement social qui porte le même nom et « qui la suit comme son ombre » (Drouin, 1991, p. 22) [27]. La biologie de la conservation va émerger comme nouvelle sous-discipline de l'écologie au début des années 1980, en cristallisant le concept de biodiversité et en faisant la promotion de la préservation des aires protégées sur la base des principes de l'évolution darwinienne en contexte de crise écologique.

Au début du XXI^e siècle, nous portons donc un double héritage au sein de la biologie, d'une part, une théorie de la vie comme information reposant sur la biologie moléculaire, et d'autre part, une théorie sur l'organisation complexe des vivants soumise aux lois de l'évolution et reposant sur l'écologie.

Nous voici revenu en quelque sorte à notre point de départ, qui constatait la confusion et la perplexité qui règnent entre le spectaculaire de la transformation du vivant-information dans le moule de l'ingénieur, et les catastrophes écologiques à venir documentées par l'écologie.

Élément de conclusion

Je n'ai ici que posé quelques jalons pour mieux comprendre la difficulté que nous avons à enseigner aujourd'hui les sciences, et la biologie en particulier. Au plan philosophie, je crois que cela tient surtout à ce que nous voulons, à travers la biologie, répondre à cette question existentielle de la finitude humaine en cherchant un principe non métaphysique à la vie. S'agissait-il là d'une réponse ontologique du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle au matérialisme mécanique de la physique ? Je laisse cette question ouverte. Mais il me semble que nous avons constaté au fil de cette exploration, que répondre à la question de la définition de la vie intéresse moins les biologistes aujourd'hui. Ils sont plutôt occupés à modifier et à transformer les vivants.

Peut-être que l'interrogation sur l'idée de la vie, n'est-ce plus la bonne question à poser actuellement et alors il faudrait rapidement se tourner vers la question des finalités des innovations technologiques en biologie. Il s'agirait maintenant de s'interroger sur notre façon technique d'habiter la terre. Cette question demeure aussi une question ontologique, mais aux dimensions pratiques et plus quotidiennes. Elle invite à définir et à organiser de façon diversifiée notre vivre-ensemble avec les autres vivants et la biosphère.

Références

1. J. Habermas, *La technique et la science comme idéologie* (Gallimard, Paris, 1973).
2. E. Fox Keller, *Le siècle du gène* (Gallimard, Paris, 2003).
3. C. Larrère, R. Larrère, Raphaël, *Penser et agir avec la technique* (La Découverte, Paris, 2015).
4. M. Morange, *Histoire de la biologie moléculaire* (La Découverte, Paris, 1994).
5. J. Rostand, *Carnet d'un biologiste* (Stock, Paris, 1959).
6. B. de Monterra, Le clonage animal : de l'animal de laboratoire, à l'anomal de production, à l'animal de compagnie, In : M-H Parizeau, G. Chapouthier (eds), *L'être humain, l'animal et la technique* (p.97-119) (Les Presses de l'Université Laval, Québec, 2007).
7. B. Bensaude-Vincent, *Les vertiges de la techno-science. Façonner le monde atome par atome* (La Découverte, Paris, 2009).
8. D. Lecourt, *Humain post-humain. La technique et la vie* (PUF, Paris, 2003).
9. H. Jonas, *Le principe responsabilité. Une éthique pour la civilisation technicienne*

- (Le Cerf, Paris, 1991).
10. J. Habermas, *L'avenir de la nature humaine. Vers un eugénisme libéral ?* (Gallimard, Paris, 2002).
 11. C. Lafontaine, *Le corps-marché. La marchandisation de la vie humaine à l'ère de la bioéconomie* (Seuil, Paris, 2014).
 12. C. Lafontaine, *L'empire cybernétique. Des machines à penser à la pensée machine* (Seuil, Paris, 2004).
 13. M.-H. Parizeau, De l'Apocalypse à l'Anthropocène : parcours éthiques des changements climatiques, *Revue de Métaphysique et Morale*, à paraître en mars 2016.
 14. D. Haraway, *Manifeste cyborg et autres essais. Sciences-fictions- féminismes* (Exils, Paris, 2007).
 15. M.-H. Parizeau, *Biotechnologies, nanotechnologies, écologie. Entre sciences et idéologies* (Quae, Paris, 2010).
 16. G. Canguilhem, *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie* (Vrin, Paris, 1988).
 17. G. Bachelard, *Le nouvel esprit scientifique* (Vrin, Paris, 1963).
 18. G. Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique* (Vrin, Paris, 1977).
 19. G. Canguilhem, *Études d'histoire et de philosophie des sciences* (Vrin, Paris, 1983).
 20. G. Canguilhem, *La connaissance de la vie* (Vrin, Paris, 1985).
 21. J. von Neumann, *Le cerveau et l'ordinateur* (La Découverte, Paris, 1992).
 22. J. von Neumann, *Théorie générale et logique des automates* (Champs Vallon, Paris, 1996).
 23. N. Wiener, *God et Golem Inc. Sur quelques points de collision entre cybernétique et religion* (Edition de l'Éclat, Paris, 2000).
 24. M.-H. Parizeau, La nature ingénieure et les finalités éthiques de la biologie synthétique », In : T. Magnin, P. Monsan (eds), *Actes du colloque Éthiques des technologies du vivant* (p. 109-132) (Vrin, Paris, 2014).
 25. J.-P. Deléage, *Histoire de l'écologie. Une science de l'homme et de la nature* (La Découverte, Paris, 1991).
 26. P. Acot, *Histoire de l'écologie* (PUF, Paris, 1988).
 27. J.-M. Drouin, *L'écologie et son histoire. Réinventer la nature* (Flammarion, Paris, 1991).