

Gaëtan Flocco et Mélanie Guyonvarch¹

*Une autre façon de faire de la science ?
Déconstruire l'« amélioration du vivant »*

ABSTRACT

Cette réflexion vise à sonder les présupposés sociologiques, théoriques et politiques de l'interdisciplinarité, en prenant le cas des sciences dites 'dures'. Elle porte sur un domaine scientifique qui est apparu il y a une quinzaine d'années en France, la biologie de synthèse ou biologie synthétique. Il s'agit d'un domaine d'activité interdisciplinaire, qui combine la biologie, l'informatique, la génétique mais aussi la chimie et la microélectronique. Son objectif est non seulement de produire de la connaissance sur le vivant, mais de le construire, de toutes pièces, en créant des fonctionnalités nouvelles, qui n'existent pas dans la nature. À rebours d'une vision qui consiste à minimiser l'impact de cette technoscience, que peut apporter une analyse sociologique de la biologie de synthèse ? Autrement dit, que révèlent ces pratiques scientifiques et que produisent-elles, au sens de production d'innovations, mais aussi de ce que cela produit en termes d'effets sur la société ?

MOTS-CLÉS : Biologie de synthèse, Ingénierie génétique, Amélioration du vivant, Marchandisation, Progrès technologique

This thought aims to probe the sociological, theoretical and political presuppositions of interdisciplinarity, taking the case of so-called 'hard sciences'. It relates to a scientific field that appeared about fifteen years ago in France, synthetic biology. It is an interdisciplinary field of activity that combines biology, computer science, genetics, but also chemistry and microelectronics. Its goal is not only to produce knowledge about life, but to build it in, from scratch, by creating new living features that do not exist in nature. Contrary to a vision that consists of minimizing the impact of this technoscience, what can a sociological analysis of synthetic biology bring? In other words, what do these scientific practices reveal and what do they produce, in the sense of producing innovations, but also of what this produces in terms of effects on society?

KEYWORDS : Synthetic biology, Genetic engineering, Living things improvement, Commodification, Technological progress

La présente réflexion vise à interroger ce que le regard sociologique peut apporter à l'analyse de pratiques scientifiques interdisciplinaires portant sur l'amélioration du vivant. Pour ce faire, elle prend pour objet les sciences dites « dures », à travers le cas d'un domaine scientifique apparu il y a une vingtaine d'années en France, appelé biologie de synthèse. Ce champ d'activité est par

¹ Université Paris-Saclay, Univ Évry, Centre Pierre Naville, Laboratoire de sociologie, 91025, Évry-Courcouronnes, France. E-mail : <gaetan.flocco@univ-evry.fr> et <melanie.guyonvarch@univ-evry.fr>.

définition interdisciplinaire puisqu'il combine la biologie, l'informatique, la génétique mais aussi la chimie et la microélectronique. Son objectif est non seulement de produire des connaissances sur le vivant, mais de le construire, de toutes pièces, en créant – *via* le génie génétique – des fonctionnalités nouvelles, qui n'existent pas dans la nature². Ainsi, on compte parmi ses innombrables innovations des éponges dépolluant l'eau des océans en la filtrant, des carburants obtenus à partir de végétaux modifiés, des cellules modifiées dans le corps humain permettant de réguler le taux d'insuline des diabétiques, ou encore la molécule d'un médicament permettant de soigner la malaria³.

Ce domaine est peu connu et relativement flou car il existe de multiples approches chez les personnes qui le pratiquent. La plupart évoque le fait qu'il n'y aurait rien d'extraordinaire, ni de véritablement inédit dans la biologie de synthèse car son histoire « se confond avec celle de la maîtrise croissante de l'homme sur les êtres vivants qui l'entourent, sur son biotope⁴ » comme aime à le rappeler l'un des principaux promoteurs français du domaine. Certains affirment aussi qu'il y aurait loin de la coupe aux lèvres, c'est-à-dire que la biologie de synthèse présente de nombreuses promesses mais peu de réalisations concrètes. Si on suit ces discours, finalement, il n'y aurait pas grand intérêt à s'intéresser à la biologie de synthèse, car elle ne serait pas vraiment porteuse d'enjeux fondamentaux, ni même de bouleversements majeurs pour la société. À rebours d'une vision qui consiste à en minimiser l'impact en l'inscrivant dans une continuité considérée comme naturelle de « progrès technologiques » anciens, que révèlent ces pratiques scientifiques et que produisent-elles – en termes d'applications d'une part, et d'effets sociaux d'autre part ? Nous montrons que l'étude de la biologie de synthèse permet de questionner la manière dont la science produit de nouvelles connaissances aujourd'hui, et qu'elle recèle différents enjeux, tout à la fois économiques, politiques, sociaux et philosophiques.

Pour cela, nous nous appuyons sur une enquête sociologique que nous menons auprès des acteurs de ce domaine interdisciplinaire. Trente-cinq entretiens semi-directifs ont été réalisés avec des chercheurs universitaires, des bioingénieurs, des étudiants et doctorants ou encore des chargés de communication travaillant dans des laboratoires et des *start-ups* de Paris et de sa périphérie, et pour certains, localisés en province. Une quinzaine d'observations ont également été menées sur des lieux d'expérimentation, de rencontres scientifiques et de débat publics dédiés à la biologie de synthèse. Ces investigations empiriques ont été complétées par l'analyse de documents institutionnels.

² Bernadette Bensaude-Vincent et Dorothée Benoit-Browaëys, *Fabriquer la vie. Où va la biologie de synthèse ?* Paris, Seuil, 2011 ; Sara Angeli Aguiton, *La démocratie des chimères. Gouverner la biologie synthétique*, Paris, Le bord de l'eau, 2018.

³ Ilarion Pavel (dir.), *www.biologiedesyntese.fr*, Ministère de l'Économie, du Numérique et de l'Industrie, <<http://www.biologie-de-synthese.fr/index.html>>, 2016, consulté le 15 avril 2020.

⁴ François Képès, *La biologie de synthèse plus forte que la nature ?* Paris, Le Pommier, 2011, p. 20.

Dans un premier temps, nous présentons les problèmes d'analyse que pose ce domaine, difficile à délimiter et présenté comme relativement anodin, et donc *a priori* sans grande conséquence. Ensuite, nous montrons au contraire de quoi ces pratiques scientifiques interdisciplinaires nous semblent-elles révélatrices.

I. La « biologie synthétique » : un objet flou sans réelles conséquences ?

Partons d'abord du présupposé selon lequel la biologie de synthèse serait un objet flou sans réelles conséquences du point de vue social. En effet, trois idées reviennent souvent dans les entretiens, alimentant ce constat.

D'abord, le domaine est difficile à définir, et constitué d'une multitude d'approches. C'est la première difficulté à laquelle on se heurte lorsque l'on s'intéresse à cet objet. Il ne s'agit pas d'une discipline académique avec une histoire reconnue et établie, mais d'un domaine récent, mêlant une multitude de disciplines, d'acteurs, de trajectoires, d'institutions⁵. Certes, il est possible d'identifier des idées récurrentes et communes dans les discours des acteurs du domaine : celle en particulier qui consiste à le présenter comme une « ingénierie rationnelle du vivant ». Son objectif est en effet de concevoir et de créer de nouvelles fonctionnalités en détournant celle d'une bactérie par exemple, en remplaçant son matériel génétique par un autre, pour faire faire à cette bactérie des choses qu'elle ne ferait pas naturellement. Il y a donc l'ambition partagée de « fabriquer du vivant ». Souvent, la métaphore qui revient est celle du Meccano ou des Lego : le vivant est décomposé en de multiples pièces que l'on démonte et que l'on remonte ensuite, en effectuant des variantes à l'envi afin de créer de nouvelles fonctions inédites. Mais au-delà de ces grandes idées générales communes, ce qui ressort le plus souvent est une diversité de définitions et d'approches.

D'abord, certains revendiquent un champ d'activité spécifique, tandis que d'autres estiment qu'il s'agit de poursuivre, sous une autre étiquette « ce que l'on a toujours fait ». Il y aurait comme une stratégie d'affichage dans l'utilisation de cette nouvelle appellation, de « *buzzword* », ainsi que le laisse entendre ce chercheur : « Il faut peut-être faire gaffe aussi, c'est qu'il y a pas mal de gens qui vont mettre l'étiquette 'biologie synthétique' sur leur truc... » (un chercheur en bio-informatique, 41 ans, laboratoire universitaire) ; ou encore : « Ce sont des organismes génétiquement modifiés, c'est la même chose alors pourquoi inventer un autre nom ? Je pense que la biologie synthétique est surtout devenue un endroit où l'on pouvait trouver un peu d'argent... » (un chercheur en bio-informatique, 56 ans, laboratoire universitaire). L'emploi

⁵ Céline Lafontaine pointe une difficulté de définition similaire au sujet d'un domaine proche de la biologie de synthèse qui est celui des nanotechnologies (Céline Lafontaine, *Nanotechnologies et sociétés. Enjeux et perspectives : entretiens avec des chercheurs*, Montréal, Boréal, 2010).

de cette nouvelle appellation permettrait notamment de se démarquer des OGM qui ont eu mauvaise presse en Europe, et d'améliorer l'attractivité du domaine. En outre, il existe plusieurs versions de la biologie de synthèse, dont les différences ne sont pas toujours faciles à saisir pour des non-spécialistes. Ainsi, tantôt il s'agit de biologie computationnelle qui permet, grâce à la modélisation numérique, de simuler des expériences et de gagner du temps et de l'argent par rapport aux pratiques antérieures ; tantôt de l'ADN d'organismes vivants est implanté dans d'autres bactéries afin de leur faire produire des substances qu'elles ne produiraient pas naturellement, comme une mini-usine en quelque sorte ; tantôt encore, la biologie de synthèse peut aussi consister à modifier les ADN de certaines bactéries dans l'optique de créer des formes nouvelles de vie (ce que l'on appelle aussi la xénobiologie). De nombreuses disciplines et approches différentes sont décrites sans qu'aucune ne fasse l'unanimité⁶. Cela est aussi visible à travers des dénominations variées et l'incertitude d'« en être ou de ne pas en être », qui renvoie aussi à des enjeux académiques.

La seconde idée récurrente consiste à considérer que la biologie de synthèse s'inscrit dans la continuité des pratiques scientifiques antérieures : « On a toujours fait de la biologie de synthèse », disent souvent les acteurs du domaine, et il n'y a pas vraiment lieu de parler de rupture ou de changement majeur. En effet, la continuité est spontanément évoquée pour décrire ces innovations. C'est un argument que l'on retrouve lorsque les acteurs évoquent le cas des OGM, rappelant qu'ils sont déjà, et depuis longtemps, présents autour de nous, dans le but de dédramatiser les polémiques qu'ils suscitent :

Les mecs, effectivement, en ont marre qu'on leur rappelle à chaque fois les OGM. Ça commence à les emmerder. Ils s'en foutent des OGM, et puis je veux dire, c'est une grande naïveté aussi les OGM, parce que la nature, elle fait des OGM en permanence. Alors, il faut arrêter de fantasmer. Il y a un passif, et ce passif fait qu'ils sont un peu gênés aux encoignures, alors ils font comme d'habitude, c'est-à-dire qu'ils ne veulent pas trop dire, mais il faut dire un peu. Ils ne savent pas très bien sur quel pied danser... [un généticien à la retraite, 68 ans, pôle de recherches et d'innovations biotechnologiques]

Ainsi, la biologie de synthèse poursuivrait sous une autre dénomination les démarches existantes de l'ingénierie génétique depuis soixante ans, voire des modifications du vivant par l'homme réalisées « depuis la nuit des temps ». On retrouve ici les positions prises par certains philosophes des sciences ou des promoteurs de la biologie de synthèse. L'un d'entre eux explique par exemple que lorsque les Hommes commencèrent il y a quelques milliers d'années à sélectionner des levures pour faire du pain, de la bière ou du vin, ils produisaient déjà sans le savoir des biotechnologies, ignorant tout de la

⁶ Sara Aguiton Angeli, *La démocratie des chimères. Gouverner la biologie synthétique*, op. cit.

génétique qui sous-tendait ces pratiques⁷. Par ailleurs, les acteurs du domaine déplorent aussi que des exemples toujours extrêmes soient utilisés pour discréditer la biologie de synthèse, comme des virus génétiquement reconstitués, des « humains augmentés » qui supplanteraient les populations actuelles, ou encore l'assimilation de leurs outils scientifiques – qu'ils considèrent comme neutres –, aux politiques d'entreprises qui en font l'usage :

Par exemple, Monsanto dont on parle tout le temps, parce qu'ils font des choses qui ne sont pas éthiques. C'est leur politique de vente, c'est vraiment leur politique qui est vraiment commerciale, etc., qui est très agressive, [...] je pense qu'il y a un amalgame entre leur politique, de ce qu'ils font de leurs outils biologiques et de la biologie synthétique en soi, quoi.

[une doctorante en biologie de synthèse, 30 ans, laboratoire universitaire]

S'ils reconnaissent que certains risques existent, tout serait selon eux essentiellement question de limites et de dosage, sans qu'il n'y ait de rupture réelle avec ce qui se faisait auparavant. D'après eux, les chercheurs qui insistent sur le changement majeur que représenterait le domaine cèderaient à « un effet de mode » visant à « exciter les imaginations », ou bien le feraient pour prendre leurs distances avec les OGM tant décriés. Il n'y aurait donc pas lieu de susciter d'inquiétude dans la population, dans la mesure où il ne résiderait qu'une différence de degré et non de nature entre le passé (les objets techniques de la société préindustrielle) et les innovations actuelles. Les enquêtés insistent alors sur l'aspect naturel et ordinaire de ces nouvelles réalisations.

Enfin, un troisième argument allant dans le sens d'une banalisation de ce domaine consiste à dire que ses concrétisations sont modestes, tandis que ce sont surtout ses promesses qui sont nombreuses. Les chercheurs tendent à réduire les effets potentiellement dangereux de leurs activités, en affirmant que les applications médiatisées sont le fait « d'apprentis sorciers » dont ils se sentent éloignés. Ils citent des personnalités scientifiques médiatisées, qui prétendent avoir effectué des découvertes supposées révolutionnaires, mais qui seraient encore loin de se concrétiser :

Et puis il y a aussi le côté, le programme prométhéen, le gars, justement le Craig Venter, là, qui, avec Celera Genomics, a fait le premier séquençage du génome humain, d'abord de la première bactérie et puis du génome humain... [...] Mais lui, il a aussi fait la première bactérie artificielle ! Donc un génome entièrement synthétique, entre guillemets. Je veux dire entièrement synthétique dans le sens où il a copié, par petits bouts, et puis il a tout recollé, et puis il a remis dans une autre bactérie [...] Mais c'est déjà bien d'avoir fait une première bactérie synthétique. Alors, quand on dit synthétique, c'est faux, heureusement qu'il y avait tout le châssis de la cellule... non mais, on a changé seulement l'ADN, hein. On n'a pas changé tout le reste, hein. Non, on n'est pas encore capable de ça.

[un généticien à la retraite, 68 ans, dans un pôle de recherches et d'innovations biotechnologiques]

⁷ François Képès, *La biologie de synthèse plus forte que la nature ? op. cit.*

De fait, la commercialisation des produits issus de la biologie de synthèse demeure relativement réduite. En 2015, on recensait 116 produits commercialisés ou en passe de l'être à l'échelle internationale, dont deux en France. L'application emblématique est l'artémisinine, un médicament destiné à soigner la malaria, et jusque-là extrait d'une plante. Désormais, les techniques de la biologie de synthèse permettent d'obtenir l'acide artémisinique en laboratoire et à moindre coût. Elles ont également contribué à la mise au point d'un outil de diagnostic du Sida et de l'hépatite. Au-delà, ce sont surtout les promesses de la biologie de synthèse qui attirent l'attention, dans la santé, l'énergie, les matériaux, l'environnement ou encore l'agriculture⁸. Ces promesses pourraient avoir comme objectif de braquer le projecteur sur ce domaine, et d'attirer les financements, expliquent certains acteurs. C'est le cas par exemple de la médecine dite personnalisée, en vogue depuis quelques temps, dont l'objectif est de proposer des médicaments conçus « sur mesure ». En cancérologie, la biologie de synthèse augure la création de « bio-capteurs » détectant à un stade précoce la survenue de cancers. Dans le domaine des énergies, elle promet d'augmenter les rendements de production de bioéthanol, un alcool obtenu grâce à la fermentation des sucres présents dans la matière végétale et utilisé comme carburant pour véhicule. La biologie de synthèse envisage également d'isoler les gènes d'insectes afin de produire artificiellement certaines de leurs propriétés pour en faire de nouveaux matériaux légers et résistants – la soie de l'araignée ou la carapace du scarabée. Dans l'optique de préserver l'environnement, elle permettrait de développer des outils détectant des substances toxiques, des métaux lourds ou des explosifs. Enfin, l'agriculture se verrait aussi considérablement bouleversée par la culture de plantes qui s'adaptent au changement climatique ou par le remplacement de pesticides chimiques traditionnels par des substances biologiques modifiées, de façon à ce qu'elles se dégradent d'elles-mêmes.

Cernée de contours flous, inscrite dans la continuité d'innovations antérieures, et largement constituée de promesses, la biologie de synthèse formerait ainsi un domaine relativement anodin, et de ce fait plutôt consensuel d'un point de vue social, avec peu ou pas d'effets concrets encore visibles. Bref, un domaine d'activité certes complexe et instable, mais qui ne poserait pas de réel problème. Et donc pas forcément digne d'intérêt pour des sociologues... Pourtant, cette vision, portée par les acteurs du domaine et ses promoteurs, peut être discutée. D'abord, elle n'est pas le fait de tous les acteurs rencontrés ; ensuite, en dépit de ces minimisations (voire occultations des problèmes sociaux), on peut aussi aborder la biologie de synthèse comme symptomatique des innovations biotechnologiques en cours.

II. Interroger les « progrès technoscientifiques »

La biologie de synthèse constitue pourtant un exemple éclairant pour

⁸ Ilarion Pavel (dir.), *www.biologiedesyntese.fr*, *op. cit.*

aborder les manières de produire les biotechnologies en France aujourd'hui. Elle soulève à ce titre des questions sociales et politiques majeures à aborder, y compris par les non-experts du domaine.

Tout d'abord, il semble nécessaire de resituer la biologie de synthèse dans un contexte marqué par de forts enjeux économiques et financiers qui résultent d'une intrication entre science et industrie particulièrement exacerbée. L'une des idées qui ressort est que la biologie de synthèse est aujourd'hui considérée comme une sorte de « marque » ou de « label ». Inscrire ses activités de recherche sous la bannière de la biologie de synthèse permet d'attirer des fonds importants pour les financer. C'est particulièrement vrai aux États-Unis notamment où la DARPA, un centre de recherche de la Défense, consacre des dizaines de millions de dollars à la biologie de synthèse. Même chose au niveau européen, notamment en Angleterre. En France, l'État est encore réticent à envisager des financements publics importants, ce que déplorent souvent nos enquêtés. C'est surtout par l'industrie privée que se finance la biologie de synthèse et en particulier, au sein de quelques grandes entreprises (comme Total ou Sanofi) ou encore par la création de *start-ups* hébergées par des laboratoires universitaires. De fait, il n'est pas rare que les doctorants en biologie de synthèse créent leur propre *start-up* avant même d'avoir achevé leur thèse. Par conséquent, l'étude de la biologie de synthèse apporte un éclairage intéressant sur les étroites relations entretenues entre sciences et industrie. En effet, lorsqu'il s'agit de biologie de synthèse, il s'avère difficile, voire impossible de distinguer connaissances fondamentales et applications industrielles, tant les deux aspects sont liés. Ses applications industrielles et économiques constituent d'une certaine façon sa raison d'être – même si certains chercheurs affirment leur intérêt pour les dimensions fondamentales de leur activité. L'un des moteurs de la biologie de synthèse, qui anime notamment les personnes qui y participent, réside souvent dans la conception et la production d'innovations biotechnologiques et donc la possibilité de créer de nouveaux marchés, ainsi que nous l'explique cet ingénieur de 40 ans, appartenant à un laboratoire de biologie de synthèse :

La biologie de synthèse est assez axée ingénierie, donc assez proche des applications. Mais c'est très en amont des applications. C'est-à-dire que la biologie de synthèse en elle-même n'existe pas sans ses applications. Elle a des débouchés dans tous les domaines de la société : énergie, développement, santé, agro. Et quelque part, les gens aujourd'hui... les gros industriels, cherchent à remplacer... de ce que j'ai pu voir en tout cas, c'est un aspect de la biologie de synthèse mais ce n'est pas le seul... mais pour les industriels, ce n'est pas créer quelque chose de nouveau, ils disent : "je sais faire cette molécule mais ça coûte très cher parce que c'est de la chimie, ça pollue, etc. Est-ce qu'il n'y a pas moyen de le faire par la biologie de synthèse ?". Donc ça, c'est un aspect de la biologie de synthèse qui est de remplacer la chimie de synthèse par la biologie de synthèse.

Avec ce domaine, on assiste au développement de la bio-économie ou du bio-capitalisme, qui désigne la progression du processus de marchandisation

du vivant en vue d'en tirer un profit. Il soulève aussi le problème de la brevetabilité du vivant, déjà posé par les OGM, consistant en l'appropriation du vivant par des entreprises privées. Ainsi, dans un livre intitulé *Le corps-marché*, la sociologue canadienne Céline Lafontaine cite un rapport de l'OCDE (*La Bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ?*) considérant la bio-économie comme le nouveau gisement principal de richesses à atteindre : il s'agit en effet de promouvoir « l'application des biotechnologies à la production primaire, à la santé et à l'industrie, afin d'accroître la productivité économique⁹ ».

Le second argument en faveur de l'apport d'un regard sociologique sur ce domaine interdisciplinaire est lié aux nouvelles technologies. Leur utilisation croissante à des fins de modification du vivant montre combien il s'agit d'une réelle rupture, pas seulement de degré mais de « nature », soulevant la question de la supposée « neutralité du progrès technologique ». En effet, les technologies modernes jouent un rôle essentiel dans le développement de la biologie de synthèse. Cela vient contrebalancer, voire démentir l'idée que ce domaine se développerait finalement dans la continuité de ce qui a toujours été pratiqué – même s'il s'appuie sur de nombreux acquis du génie génétique et de la biologie moléculaire. La plupart de nos enquêtés reconnaissent que la biologie de synthèse n'aurait pu voir le jour sans les progrès technologiques considérables opérés : « Si on n'avait pas l'informatique, vous imaginez le bordel ? On ne pourrait rien faire, quoi ! Ou dans des temporalités plus... ? Non, non, on ne ferait rien...l'important dans tout ça, ça a été le développement considérable de l'informatique » (un généticien à la retraite, 68 ans, pôle de recherches et d'innovations biotechnologiques). En ce sens, un tel progrès constitue pour certains d'entre eux une réelle rupture avec les pratiques précédentes, ne serait-ce que celles qui dominaient il y a vingt-cinq ou trente ans. Par exemple, en informatique, l'augmentation de la puissance de calcul des microprocesseurs rend possible le traitement d'un plus grand nombre de données et beaucoup plus rapidement. C'est aussi le cas avec l'évolution des machines qui lisent les codes génétiques des êtres vivants, permettant d'aller toujours plus vite mais aussi, point notable, de réduire les coûts de ces opérations et donc de les banaliser. Par conséquent, l'un des aspects que l'étude sociologique de la biologie de synthèse met en évidence est le rôle inédit et central que jouent les technologies dans le développement des sciences. C'est aussi ce que l'on désigne par le terme de technosciences¹⁰. Sans ces avancées, la biologie de synthèse n'a pas lieu d'exister.

Le troisième argument soulignant l'apport d'un regard des sciences sociales sur la biologie de synthèse concerne la place essentielle dévolue à ce qui est

⁹ Céline Lafontaine, *Le corps-marché. La marchandisation de la vie humaine à l'ère de la bioéconomie*, Paris, Seuil, 2014, p. 12.

¹⁰ Bernadette Bensaude-Vincent, *Les vertiges de la technoscience. Façonner le monde atome par atome*, Paris, la Découverte, 2009.

désigné comme un ensemble de « progrès technologiques¹¹ ». Loin de s'en accommoder, il semble que ce concept doit être déconstruit, et interrogé, à l'aune de différents questionnements, ainsi que le retrace notamment François Jarrige dans un ouvrage portant sur l'histoire des oppositions aux progrès technologiques depuis les luddites du XIX^e siècle¹². Tout « progrès technologique » est-il naturel, nécessairement irréversible et indiscutable ? Ou bien n'est-il pas au contraire profondément construit ? Tout « progrès technologique » correspond-il forcément à un progrès moral ou social ? Par ailleurs, les solutions technoscientifiques ne peuvent-elles pas être à l'origine de nouveaux problèmes à résoudre ? De nouveaux problèmes qui ne seraient pas survenus sans ces innovations et qui peuvent engendrer des conséquences à long terme insoupçonnées, parfois non prises en compte – ainsi que le soulignaient déjà dans les années 1970 les penseurs Ivan Illich au sujet de la médecine¹³, et Jacques Ellul à propos de la société en général¹⁴. Par exemple, l'utilisation d'éponges génétiquement modifiées afin de dépolluer les eaux rejetées par une usine peut avoir des conséquences irréversibles sur la reproduction de cette espèce – sans parler de celles qui, une fois polluées, demeurent au fond des océans. On peut y voir une fuite en avant technologique selon laquelle des problèmes déclenchés par des innovations nécessitent d'être résolus par de nouveaux dispositifs techniques, engendrant à leur tour de nouvelles nuisances, et ainsi de suite, indéfiniment. Enfin, l'idée répandue selon laquelle on ne refuse jamais d'innover à partir du moment où cela est techniquement possible, revient aussi à naturaliser le cours des innovations produites. Or, cette supposée « naturalité » des innovations élude les choix économiques, politiques, financiers, et idéologiques dont elles sont au contraire empreintes. L'approche sociologique de la biologie synthétique contribue à réinscrire ces choix dans leurs contextes, et d'envisager la possibilité dans certains cas de changer de direction, voire d'y renoncer – bref ne fermer aucune porte du débat.

Le dernier argument permettant de souligner les enjeux politiques et philosophiques majeurs de la biologie de synthèse concerne la conception du vivant et de l'humain portée implicitement par ce domaine, que l'on peut formuler comme une vision du « vivant-machine » et d'un humain amélioré¹⁵. L'une des idées souvent rappelée par ses acteurs et ses promoteurs consiste à faire état des incertitudes, voire des « imperfections » qui touchent les

¹¹ Gaëtan Flocco et Mélanie Guyonvarch, « Points de vue éthiques sur la biologie de synthèse. La "marche du progrès" en question », dans Emmanuel et François Hirsch, *Les nouveaux territoires de la bioéthique. Traité de bioéthique IV*, Érès, 2018, p. 307-317.

¹² François Jarrige, *Technocritiques. Du refus des machines à la contestation des technosciences*, Paris, La Découverte, 2014.

¹³ Ivan Illich, *Némésis médicale. L'expropriation de la santé*, Paris, Fayard, 2003 [1975].

¹⁴ Jacques Ellul, *Le système technicien*, Paris, Le Cherche Midi, 2004 [1977].

¹⁵ Nicolas Le Dévédec, *La société de l'amélioration. La perfectibilité humaine des Lumières au trans-humanisme*, Montréal, Liber, 2015.

organismes vivants, y compris l'Homme. Ce faisant, l'idée est que l'humain puisse intervenir sur ce vivant afin de pallier de telles imperfections et augmenter son efficacité, au regard de critères qui ne sont pas donnés naturellement. Dans cette perspective sont recherchées par exemple la vitesse, la quantité, la qualité, et souvent la réduction de coûts financiers ou bien la conquête de nouveaux marchés. À partir de là, pour la grande majorité des sociologues et philosophes étudiant la biologie de synthèse, le problème ne réside pas forcément dans ces finalités d'amélioration du vivant, mais bien davantage dans leurs manières de les réaliser et de les atteindre – autrement dit, les modalités d'exercice et non le fondement même de leur domaine d'activité¹⁶. D'une certaine façon, c'est aussi ce qui définit l'éthique scientifique, c'est-à-dire la détermination des bonnes manières de faire de la science. Ce qui nous amène à questionner cette posture sociologique et éthique relativement répandue aujourd'hui dans la communauté scientifique : le problème, finalement, peut-il seulement se réduire aux modalités de cette nouvelle pratique technoscientifique ? La sociologie ne doit-elle penser qu'en termes de « régulations », de « vigilance », de « verrous éthiques », voire d'« acceptation sociale » des innovations en cours, cette dernière renvoyant à la capacité des populations à accepter et à utiliser de telles innovations, sans opposer de résistances ni formuler de critiques ? Il nous semble que non. À l'inverse, nous estimons, dans la veine de la critique sociale des sciences des années 1960 et 1970, qu'il est nécessaire d'interroger ce que font les sciences, et quel monde et quelle société se construisent avec leurs réalisations. Cela suppose d'effectuer une critique de cette trajectoire technologique et de mettre en question ce projet de modification radicale du vivant à des fins industrielles¹⁷.

À cet égard, les idées de « finitude », d'« imperfection » de la vie humaine et d'« autonomie d'un vivant qui n'est pas maîtrisable » sont des thèmes plus que rares dans les représentations des acteurs du domaine. À rebours, les idées d'« amélioration », de « perfectibilité », d'« optimisation », du « vivant-machine » sont privilégiées, car ce sont celles qui ont été victorieuses lors de l'émergence et de la consolidation des sciences modernes¹⁸, alors même qu'elles font l'objet de controverses au sein de la communauté scientifique¹⁹. C'est par

¹⁶ Bernadette Bensaude-Vincent et Dorothee Benoit-Browaeyns, *Fabriquer la vie. Où va la biologie de synthèse ? op. cit.* ; Alexei Grinbaum, « Biologie de synthèse et questions de société », *Annales des Mines - Réalités industrielles*, n° 1, février 2013, p. 91-95.

¹⁷ Sara Angeli Aguiton et Céline Pessis, « Entre occultation volontaire et régulation publique : les petites morts de la critique radicale des sciences », *Écologie & politique*, vol. 51, n° 2, 2015 p. 93-105.

¹⁸ À ce propos, l'historien Guillaume Carnino livre une histoire de la construction de la science moderne comme mode d'appréhension dominant du monde et du réel, qu'il assimile à « la nouvelle religion de l'âge industriel » (Guillaume Carnino, *L'invention de la science. La nouvelle religion de l'âge industriel*, Paris, Seuil, 2015).

¹⁹ Gaëtan Flocco et Mélanie Guyonvarch, « À quoi rêve la biologie de synthèse ? », *Socio*, n° 12, 2019, p. 49-72.

exemple le cas au sujet de la défense d'une autonomie du vivant, qui, bien que peu relayée, est l'objet d'une analyse de la part de certains biologistes. Ces derniers ont à cœur de s'opposer à l'assimilation du vivant à une machine sous contrôle des humains²⁰. De même, malgré l'enthousiasme fortement relayé, il n'y a pas de consensus absolu autour de la recherche de perfection inhérente au génie génétique, certains la refusant car elle ouvrirait la voie vers un nouvel eugénisme²¹. Faire ressurgir ces controverses vise à ouvrir le débat sur ce que recouvre une condition proprement humaine.

Au terme de cette réflexion, nous proposons d'élargir la déconstruction sociologique aux besoins et aux usages auxquels répond la biologie de synthèse. En effet, l'analyse produite encourage à s'interroger sur les conditions matérielles de la recherche scientifique mais aussi sur les finalités visées²², ainsi que sur les « demandes » ou les « besoins » de la population. Par exemple, les chercheurs en biologie de synthèse intervenant dans le secteur de la santé tentent de répondre à la souffrance de la population, et à ses besoins en termes de soins, comme trouver des remèdes à des maladies graves. Il s'agit d'ailleurs de l'une des sources de légitimité de leurs recherches. Nous pensons que l'apport des sciences sociales pourrait justement consister à ne pas considérer ces « besoins » comme naturels et évidents, dont le seul enjeu serait de les satisfaire coûte que coûte, et le plus efficacement possible. Au contraire, il s'agit de déconstruire ces pratiques et ces usages, ces attentes des populations, en les reliant à leurs modes de vie.

Du point de vue de la recherche biomédicale, une telle réflexivité permettrait de formuler toute une série de nouvelles questions : comment les biotechnologies redéfinissent-elles la frontière mince et poreuse entre « guérir » un corps malade, et « améliorer » la performance d'un corps sain ? Comment les innovations scientifiques colossales dans le génie génétique bouleversent-elles notre rapport à la mort, à la vieillesse, à la maladie, et à la finitude de la vie humaine ? Ceci conduit à des questions existentielles : en quoi consiste une vie proprement humaine ? Comment l'Homme appréhende-t-il l'idée de ses limites (en termes d'imperfection, de douleur, de maladie, de mort) ? Le bien-être est-il forcément synonyme d'allongement de la durée de vie ou d'amélioration des performances physiques ? Toutes ces questions soulevées par les sciences sociales peuvent être dérangementes et déstabilisantes. Mais il nous semble que c'est à ce prix qu'elles peuvent aussi être riches et fécondes en réflexions.

²⁰ Gérard Nissim Amzallag, *L'homme végétal. Pour une autonomie du vivant*, Paris, Albin Michel, 2003 ; André Pichot, *Histoire de la notion de vie*, cité par Bertrand Louart, *Les êtres vivants ne sont pas des machines*, La Lenteur, Saint-Michel-de-Vax, 2018, p. 31.

²¹ Michael J. Sandel, *Contre la perfection. L'éthique à l'âge du génie génétique*, Paris, Vrin, 2016.

²² Günther Anders, *L'obsolescence de l'homme. Sur l'âme à l'époque de la deuxième révolution industrielle*, Paris, Éditions de l'Encyclopédie des nuisances/Ivrea, 2002 [1956].

BIBLIOGRAPHIE

- Aguiton Angeli, Sara, *La démocratie des chimères. Gouverner la biologie synthétique*, Paris, Le bord de l'eau 2018.
- Amzallag, Gérard Nissim, *L'homme végétal. Pour une autonomie du vivant*, Paris, Albin Michel 2003.
- Anders, Günther, *L'obsolescence de l'homme. Sur l'âme à l'époque de la deuxième révolution industrielle*, Paris, Éditions de l'Encyclopédie des nuisances/Ivrea 2002 [1956].
- Bensaude-Vincent, Bernadette et Benoit-Browaëys Dorothée, *Fabriquer la vie. Où va la biologie de synthèse ?* Paris, Seuil 2011.
- Bensaude-Vincent, Bernadette, *Les vertiges de la technoscience. Façonner le monde atome par atome*, Paris, La Découverte 2009.
- Carnino, Guillaume, *L'invention de la science. La nouvelle religion de l'âge industriel*, Paris, Seuil 2015.
- Ellul, Jacques, *Le système technicien*, Paris, Le Cherche Midi 2004 [1977].
- Flocco, Gaëtan et Guyonvarch, Mélanie, *Points de vue éthiques sur la biologie de synthèse. La « marche du progrès » en question* in Hirsch, E. et F., *Les nouveaux territoires de la bioéthique. Traité de bioéthique IV*, Érès 2018, p. 307-317.
- Flocco, Gaëtan et Guyonvarch, Mélanie, *À quoi rêve la biologie de synthèse ?* in « Socio », n° 12, 2019, p. 49-72.
- Grinbaum, Alexei, *Biologie de synthèse et société* in « Annales des mines - Réalités industrielles », 2013/1, février, p. 91-95.
- Illich, Ivan, *Némésis médicale. L'expropriation de la santé*, Paris, Fayard 2003 [1975].
- Jarrige, François, *Technocritiques. Du refus des machines à la contestation des technosciences*, Paris, La Découverte 2014.
- Lafontaine, Céline, *Le corps-marché. La marchandisation de la vie humaine à l'ère de la bioéconomie*, Paris, Seuil 2014.
- Lafontaine, Céline, *Nanotechnologies et sociétés. Enjeux et perspectives : entretiens avec des chercheurs*, Montréal, Boréal 2010.
- Le Dévédec, Nicolas, *La société de l'amélioration. La perfectibilité humaine des Lumières au transhumanisme*, Montréal, Liber 2015.
- Pavel, Ilarion (dir.), *www.biologiedesyntese.fr*, Ministère de l'Économie, du Numérique et de l'Industrie, <<http://www.biologie-de-syntese.fr/index.html> 2016>, consulté le 15 avril 2020.
- Pessis, Céline et Angeli Aguiton, Sara, *Entre occultation volontaire et régulation publique. Les petites morts de la critique radicale de sciences*, in « Écologie et politique », n° 51, Presses de Sciences Po 2015, p. 93-105.
- Pichot, André, *Histoire de la notion de vie*. cité par Louart, Bertrand, *Les êtres vivants ne sont pas des machines*, St-Michel-de-Vax, La Lenteur 2018, p. 31.
- Sandel, Michael J., *Contre la perfection. L'éthique à l'âge du génie génétique*, Paris, Vrin 2016.