

Extrait de Catherine et Raphaël Larrère, *Bulles technologiques*, Marseille, Wildproject, 2017.

### **La fabrication et le pilotage : le « faire » et le « faire-avec »**

Si, délaissant les considérations sur la puissance de la technique (auxquelles se cantonnent aussi bien les technophiles que les technophobes), on examine les objets et les procédés techniques dans leur diversité, on découvre en effet que les actions techniques relèvent depuis longtemps de deux paradigmes : celui de la construction, de la fabrication, ou de la production d'artefacts, et celui du pilotage ou de la manipulation des êtres vivants et des processus naturels<sup>1</sup>.

Le premier art produit des objets et des outils, construit des bâtiments ou des infrastructures, synthétise des substances qui n'existent pas à l'état naturel. C'est cet art que Platon prend pour modèle dans le *Timée*, quand il cherche à rendre compte de la construction du monde par un démiurge. Avec cet artisan divin, Platon offre à la postérité le modèle valorisé de l'activité créatrice de *l'homo faber*. Il en donne aussi le principe. C'est en ayant conçu une forme que l'artisan l'impose à la matière sur laquelle il travaille et produit son objet. On retrouve cette conception de la technique comme façon d'imposer une forme idéale à la matière, dans toute la réflexion sur la technique. C'est l'art du *faire*, et il peut aussi bien s'agir de l'art de l'artisan (de l'œuvre unique), que de la fabrication industrielle (de la production en série d'exemplaires identiques). Cette possibilité de passer de l'artisanat traditionnel à l'industrie contemporaine, sans changer de modèle de référence, est sans doute une des raisons du succès de cet art du *faire*.

Le second art ne construit pas : il revient à utiliser des forces naturelles ou des êtres vivants, ou bien à infléchir des processus naturels, pour obtenir le résultat souhaité. Ce sont les multiples façons de composer avec la nature, comme on le ferait avec un partenaire. Ce ne sont pas les *arts du faire*, mais ceux du *faire-faire* et du *faire-avec*. On trouve aussi chez Platon cette autre figure de l'action technique : celle du pilote. Très souvent, elle lui sert de métaphore à l'action politique (le pilote gouverne son bateau, comme le pasteur gouverne son troupeau<sup>2</sup>). Mais l'art du navigateur est aussi un mode de rapport technique à la nature qui permet d'en obtenir les résultats attendus. Le pilote ne fabrique pas sa route, il joue avec les vents et les courants pour conduire son embarcation jusqu'au port. C'est la raison pour laquelle nous avons qualifié ce modèle d'action technique comme un ensemble d'arts du pilotage : il nous a semblé que le

---

<sup>1</sup> Pour une présentation plus développée, voir Catherine Larrère et Raphaël Larrère, *Penser et agir avec la nature. Une enquête philosophique*, Paris, La Découverte, 2015. Chapitre 6, « Le démiurge et le pilote », p. 175-202. Voir aussi Raphaël Larrère, « Agriculture ou manipulation de la nature ? », dans *Cosmopolitiques* n°1, 2002, p.158-173 ; Raphaël Larrère, « Questions éthiques à propos de la restauration écologique », dans Freddy Rey, Frédéric Gosselin, Antoine Dobré (éds.), *Ingénierie écologique. Action par et/ou pour le vivant*, Versailles, Quae, 2014.

<sup>2</sup> Platon, *République* 342 e et 343 a ; *Politique* 267c et 268c.

navigateur, dans la mesure où il doit s'accommoder de forces naturelles sur lesquelles il n'a pas de prise, est un bon exemple de cette façon d'agir technique qui tient nécessairement le plus grand compte du contexte dans lequel on se trouve.

Beaucoup d'activités techniques relèvent de ce paradigme : sans cet art du pilotage de processus naturels, il n'y aurait eu ni domestication d'animaux, ni jardinage et agriculture, et, si les hommes n'avaient pas appris à manipuler des fermentations naturelles, nous n'aurions ni pains, ni vins, ni fromages, ni yaourts, ni bières, ni salaisons ! Il faut de même adjoindre à ces arts celui du thérapeute, qui aide l'organisme à guérir.

Pilotage, fabrication : il s'agit de deux présentations idéal-typiques. Dans la réalité, on rencontre toujours un mélange des deux. Le pilotage fait appel à des objets fabriqués : l'agriculteur utilise des outils (faux, charrue ou tracteur) et il n'y a pas de pilote sans navire, sans cet objet fabriqué et qui peut être remarquablement complexe. Inversement, le *faire-avec* se retrouve aussi parmi les arts mécaniques, dans les activités de réparation et même d'entretien de toute sorte de matériels. C'est ce qu'a illustré Matthew Crawford : « Les activités d'entretien et de réparation, qu'il s'agisse de véhicules ou de corps humains, sont très différentes des activités de fabrication ou de construction à partir de zéro. Le mécanicien et le médecin, même chevronnés, sont confrontés chaque jour à la possibilité de l'échec. [...] Car médecins et mécaniciens *ne sont pas les constructeurs* des objets sur lesquels ils interviennent et, par conséquent, ils ne peuvent jamais en acquérir une connaissance absolue ou exhaustive. L'expérience de l'échec modère l'illusion de maîtrise ; dans leur travail quotidien, médecins et mécaniciens doivent appréhender le monde comme une entité qui ne dépend pas d'eux<sup>3</sup>. »

Qu'il s'agisse de fabrication ou de pilotage, nous intervenons certes toujours dans un monde que nous n'avons pas fait. Mais la fabrication occulte ce rapport à la nature, alors que le pilotage est contraint de le prendre en considération. C'est de ce point de vue qu'il faut interroger leur différence.

Les objets techniques fabriqués – objets qui sont standardisés dans la production industrielle – sont conçus indépendamment du contexte dans lequel ils seront employés. C'est ce qui fait le succès des arts de la fabrication, mais c'est aussi ce qui les rend problématiques : ce qui est ainsi introduit dans le monde a un avenir que l'on ne maîtrise pas. Les artifices fabriqués continuent d'interagir avec le milieu naturel dans lequel ils se trouvent, et sont à l'origine d'effets non voulus qui peuvent altérer les milieux naturels dans lesquels ils fonctionnent et dans lesquels s'accumulent leurs épaves, leurs déchets et leurs effluents (pollutions diverses, mais aussi perturbations des grands cycles biogéochimiques dont le changement climatique est un exemple paradigmatique).

Pour avoir quelque chance de réussite, les arts du *faire-avec* supposent de tenir le plus grand compte de l'environnement naturel complexe (et de l'environnement social – tout aussi complexe) dans lequel ils s'inscrivent. Ils supposent aussi d'intervenir dès que l'évolution du système piloté s'écarte de la trajectoire habituelle (ou inédite mais

---

<sup>3</sup> Matthew B. Crawford, *Éloge du carburateur. Essai sur le sens et la valeur du travail*, Paris, La Découverte, 2010, p. 100.

souhaitée). Le pilotage est une démarche attentive, empirique et précautionneuse, si sensible au contexte de production (et d'utilisation) qu'elle doit toujours être adaptée et n'est guère reproductible à l'identique.

Les arts du *faire-avec* peuvent certes avoir des effets non intentionnels (et dommageables) sur leur environnement naturel et social. Mais s'ils sont susceptibles de représenter une menace, c'est en raison de leurs insuffisances, des limites du savoir et du savoir-faire de celui qui les met en œuvre. À l'inverse, les techniques qui relèvent de la fabrication ne sont pas menaçantes par leurs échecs, mais par leur succès même, et par l'indifférence du monde d'artefacts (machines, réseaux, objets techniques) qu'elles produisent pour la complexité de la biosphère dans laquelle ils sont introduits.

### **L'émergence de propriétés inédites par l'exploration des possibles**

C'est le plus souvent en termes de fabrication que l'on présente les nanotechnologies et les biotechnologies. En se proposant de construire des structures, des engins et des robots atome par atome (grâce au microscope à effet tunnel), Eric Drexler semble avoir défini les nanotechnologies comme des *arts du faire*. On peut retrouver la même rhétorique dans les annonces du Craig Venter Institute au sujet de la biologie de synthèse ou dans le titre d'un article de vulgarisation<sup>4</sup> : « construire une cellule de toutes pièces », car la biologie de synthèse se veut une science de l'ingénieur, produisant des organismes conçus à l'avance et au comportement prévisible.

Mais si l'on examine les pratiques en laboratoire dans ces champs de recherche, c'est une toute autre qualification qui convient : ce qui s'affiche comme une fabrication se comprend mieux comme un pilotage.

L'unité des nanotechnologies est moins liée à l'échelle nanométrique qu'à ce qui en résulte : on atteint un niveau – celui de la physique des molécules, et des atomes – où peuvent émerger des propriétés différentes de celles qui existent à des échelles moins microscopiques. Les recherches en nanotechnologie reviennent donc à initier des processus dont on entend explorer les potentialités, mais dont on ne sait pas très bien où ils conduiront.

Les nanotechnologies sont présentées par leurs promoteurs comme l'accomplissement d'une ambition de domination de la nature : il est question de « traquer la matière dans ses derniers retranchements ». Mais ce qui les caractérise, ce sont les propriétés non prévues qu'elles mettent à jour, si bien que l'inattendu est au cœur même de leur projet. Ce paradoxe a été remarqué par le Comité consultatif national d'éthique (CCNE) qui relève la contradiction entre « la maîtrise de l'ingénieur » et « l'émergence de l'imprévisible<sup>5</sup> ». C'est ce qui fait dire à Jean-Pierre Dupuy que « la technologie qui se profile à l'horizon (...) vise précisément à la non-maîtrise<sup>6</sup>. »

Or, c'est de la même façon que l'on a procédé pour obtenir des transgènes. La transgénèse est une technique de laboratoire mise au point pour analyser les fonctions de segments d'ADN dans la « machinerie cellulaire ». Si elle s'est développée bien au-

---

<sup>4</sup> Paru en 2010 dans le n° 445 de *La Recherche*.

<sup>5</sup> CCNE, Avis n° 96, Questions posées par les nanosciences, les biotechnologies et la santé, 2007.

<sup>6</sup> Jean-Pierre Dupuy, *La marque du sacré*, Paris, Carnets Nord, 2008, p. 83.

delà de l'expérimentation scientifique sur le génome, c'est qu'elle pouvait servir les stratégies des firmes de l'agrofourriture en justifiant la brevetabilité du vivant. Un examen des pratiques de laboratoire montre que cette technique, pour spectaculaire qu'elle soit, relève plus d'un bricolage que d'un procédé maîtrisé et aisément reproductible. Jusqu'à ces dernières années, l'intégration du gène se faisait à l'aveugle, avec des conséquences impossibles à prévoir à l'avance : il arrivait que le gène introduit ne puisse pas s'exprimer, ou qu'il s'inscrive en plusieurs exemplaires, perturbant les fonctions biologiques de l'hôte dans le génome duquel il avait été introduit. Ce n'était qu'après la manipulation d'un grand nombre de cellules, et après de nombreux essais et erreurs, que l'on parvenait à sélectionner les cellules qui avaient bien intégré le transgène, avec les effets espérés. C'est la raison pour laquelle différentes techniques susceptibles d'intervenir sur un site précis du génome ont été expérimentées<sup>7</sup>. Celle qui semble aujourd'hui emporter l'adhésion enthousiaste des laboratoires de biologie moléculaire est le CRISPR-Cas9<sup>8</sup>. Depuis 2012, Emmanuelle Charpentier et Jennifer Doudna ont mis au point une technique de génie génétique baptisée CRISPR-Cas9<sup>9</sup> qui s'est inspirée du mécanisme de protection utilisé par les bactéries contre les virus (bactériophages)<sup>10</sup>. En un sens, CRISPR-Cas9 est une technique biomimétique qui permet de modifier le génome des bactéries, mais aussi celui des champignons, des végétaux et des animaux (dont les humains). Elle utilise une enzyme « pilotée » par un ARN qui lui permet de cibler une zone précise de l'ADN et de la couper<sup>11</sup>.

Cette technique assure incontestablement une plus grande efficacité dans une large gamme d'interventions sur le génome : on peut ainsi empêcher l'expression d'un gène, le muter ou inscrire un gène issu de n'importe quelle autre espèce ou d'une variété de la même espèce. Elle permet surtout des manipulations bien plus rapides et bien moins coûteuses que celles qui étaient utilisées pour la transgénèse, les mutations dirigées et la biologie de synthèse. D'où l'enthousiasme dont témoigne par exemple un biologiste de l'INRA dans un récent article du *Monde* : « Le 21<sup>e</sup> siècle détient aujourd'hui

---

<sup>7</sup> On peut citer : la mutagenèse dirigée par oligonucléides, l'extinction de gènes par agro-infiltration, et des méthodes aux sigles barbares comme SDN, ZFN, TALEN. Mais aucune d'entre elles n'a soulevé autant d'enthousiasme que CRISPR-Cas9.

<sup>8</sup> Contrairement à d'autres biotechnologies, nous n'avons pas eu l'occasion de faire sur cette innovation des enquêtes auprès de chercheurs et de laboratoires qui l'appliquent.

<sup>9</sup> Martin Jinek, Krzysztof Chylinski, Ines Fonfara, Michael Hauer, Jennifer A. Doudna, Emmanuelle Charpentier, *A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity*. *Science*, vol. 337, n°6096, 2012, p. 816–821.

<sup>10</sup> Plusieurs équipes ont contribué à expliquer ce mécanisme d'inactivation des phages par les bactéries. Le sigle de CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*) fut d'ailleurs inventé par un chercheur d'Alicante (Francis Mojica) et un de ses collègues des Pays Bas (Rud Janssen) et déposé par ce dernier en 2002. Le rôle de ces CRISPR dans la protection des bactéries fut publié dans *Science* en mars 2007 par Rodolphe Barrangou et ses collaborateurs (dont Philippe Horvarth). Dès lors, une petite communauté s'est organisée pour préciser ce mécanisme et s'en inspirer pour élaborer un outil permettant d'intervenir de manière ciblée. Jennifer Doudna et Emmanuelle Charpentier ont décidé de travailler ensemble en 2010 à l'issue d'un des congrès annuels de ces biologistes. Elles ont coiffé de peu sur le poteau quelques autres équipes (à quelques mois près) en obtenant la publication du fameux article de *Science* en juin 2012.

<sup>11</sup> Un nouvel « outil » inspiré de CRISPR-Cas9 a été mis au point en 2015. Il s'agit de CRISPR Cpf1 qui substitue à Cas 9 une endonucléase plus simple et plus petite, issue du mécanisme de protection des bactéries *Prevotella* et *Francisella* contre les phages. Elle aurait la propriété d'être d'un emploi plus facile et peut-être plus fiable encore.

sa première innovation biotechnologique majeure, la capacité de modifier de façon ciblée et avec précision les génomes de très nombreuses espèces dans toutes les branches du vivant<sup>12</sup>. »

Les utilisations de CRISPR-Cas9 sont qualifiées « d'éditions du génome » et, pour les vulgariser, on mobilise souvent la métaphore du traitement de texte. Ne s'agit-il pas de « modifier, corriger ou réécrire le génome d'un organisme vivant (...) aussi simplement que corriger une faute d'orthographe ou modifier une phrase par un couper-coller dans un traitement de texte<sup>13</sup> » ?

Mais cela ne signifie pas que l'on soit en mesure d'en appréhender toutes les conséquences. Si CRISPR-Cas9 permet d'intervenir avec précision sur le segment d'ADN ciblé, il coupe aussi d'autres lieux du génome en divers endroits, ce qui introduit des mutations dont il est a priori difficile d'apprécier les effets sur la biologie et le comportement de l'organisme ainsi modifié<sup>14</sup>. Pour filer la métaphore, que penser d'un traitement de texte avec lequel la correction d'une coquille reviendrait à en insérer plusieurs autres ici ou là ?

S'il augmente l'efficacité de l'intervention, l'édition de génome n'en demeure pas moins un bricolage – ce que reconnaissent implicitement les scientifiques (et les commentateurs) qui utilisent l'image du « couteau suisse biologique » (ou du « couteau suisse de la génétique ») pour désigner CRISPR-Cas9. L'analogie avec l'outil qui, dans une série américaine à la charnière des années 1980 et 1990, permettait à un aventurier – Mac Gyver – de se sortir de toutes les situations délicates par d'ingénieux bricolages utilisant les moyens disponibles, nous semble plus appropriée que celle du traitement de texte. En effet, parler de traitement de texte (et d'édition) suppose que le génome est un texte que les ARN se contentent d'interpréter et que tout le fonctionnement et les caractéristiques de l'organisme y sont déjà écrits. Or, cette conception a été largement remise en question depuis que l'on sait que la plupart des caractères sont contrôlés par plusieurs gènes en interaction, que les gènes ont souvent plusieurs fonctions, et qu'il y a, au sein de tout génome, des réseaux de relations entre segments d'ADN qui régulent l'expression des gènes. Si CRISPR-Cas9 a éliminé les incertitudes relatives au fait que l'on était jusqu'alors incapable d'insérer une information génétique en un lieu précis du génome, elle demeure cependant une intervention dont on ne connaît pas a priori l'ensemble des effets.

---

<sup>12</sup> Jean-Stéphane Joly, « Édition du génome : il est urgent de débattre », *Le Monde*, 01/06/2016.

<sup>13</sup> Gérard Ayache, « CRISPR : Révolution dans l'histoire humaine ou bombe à retardement », *UP-Magazine*, 06/07/2016.

<sup>14</sup> Plusieurs auteurs relèvent ces « effets collatéraux ». Par exemple Junjiu Huang (de l'Université de Canton) est parvenu à remplacer sur des embryons humains un gène muté responsable d'une maladie anémique par un gène normal. Mais, s'il s'agit là d'une performance, sa précision n'est pas fabuleuse : seule une faible proportion des embryons portent la correction souhaitée, pas loin d'un millier d'impacts hors cible (et donc d'interventions du CRISPR en d'autres sites du génome) ont été repérés, et il y a des embryons qui se développent « en mosaïque » – ce qui signifie que certaines de leurs cellules ont l'ADN corrigé quand l'ADN mutant s'exprime dans les autres.

On peut tenir la même argumentation vis-à-vis de la biologie de synthèse. Celle-ci dérive de la biologie des systèmes, qui considère tout organisme comme un système formé de « modules » (ou de « briques élémentaires ») qui sont, selon Herbert Sauro, « des unités fonctionnelles conservant leurs propriétés intrinsèques indépendamment de ce à quoi on les relie<sup>15</sup> ». Les spécialistes de biologie de synthèse en déduisent que, si l'on connaît la structure modulaire d'un organisme et son fonctionnement (c'est-à-dire la combinaison des fonctions de chaque module), on peut le reproduire artificiellement. Mais on peut aussi le transformer en ajoutant, en retranchant un (ou plusieurs) module(s) voire même en substituant un « module » synthétique à un « module » naturel. Empruntant à l'industrie microélectronique la notion de circuit, elle « postule (...) que l'on peut fabriquer des circuits à l'aide de composants génétiques indépendants, facilement interchangeables<sup>16</sup>. » D'où l'ambition de parvenir à modifier le fonctionnement de bactéries en les dotant de « modules » dont elles ne disposaient pas naturellement (ce qui pourrait leur permettre de synthétiser des substances intéressantes en médecine, ou des biocarburants). Et pourquoi ne pas créer des organismes simples, en combinant artificiellement les « modules » qui les composent selon des circuits fonctionnels ?

On peut opposer à cette thèse que, dans un organisme conçu comme un système, les modules qui le composent sont interdépendants (et non relativement indépendants). Chacun d'entre eux n'est donc rien d'autre qu'un nœud dans un réseau d'interactions, de telle sorte que tout « module » a nécessairement plusieurs fonctions et non une seule. Si l'on retranche, si l'on ajoute, ou si l'on remplace un « module », on ne retranche pas, on n'ajoute pas une fonction, ou on ne lui en substitue pas une autre ; mais on introduit une perturbation dans un réseau d'interactions sans savoir *a priori* quelles seront les réactions du système. C'est pourquoi l'ingénieur en biologie synthétique n'est ni un ingénieur construisant un objet en mobilisant les données scientifiques disponibles, ni un bâtisseur assemblant des « briques élémentaires », mais un explorateur des possibles<sup>17</sup>. C'est quelqu'un qui introduit une perturbation dans un système, sans savoir ce qu'il en sortira vraiment.

### **Des entités mises au travail, ou l'art du faire-faire**

La « convergence » entre ces différentes recherches technologiques peut donc s'expliquer par l'émergence de propriétés inédites dans les conditions naturelles qui ont lieu sur terre, mais qu'un dispositif expérimental peut révéler. Une telle démarche suppose d'étudier la diversité des propriétés fonctionnelles des entités sur lesquelles porte l'investigation. C'est ce qu'a remarqué au sujet des nanotechnologies Bernadette

---

<sup>15</sup> Herbert M. Sauro, « Modularity define », dans *Molecular systems biology*, n°4, 2008.

<sup>16</sup> Bernadette Bensaude-Vincent et Dorothee Benoit-Browaey, *Fabriquer la vie. Où va la biologie de synthèse ?*, Paris, Seuil, coll. Science ouverte, 2011, p. 37.

<sup>17</sup> C'est bien ce que relève Bernadette Bensaude-Vincent lorsqu'elle distingue les spécialistes de biologie synthétique des biologistes : « déchiffrer les énigmes de la vie, produire une théorie qui reflète le réel n'est pas leur objectif premier. Il s'agit de dévoiler des possibles plutôt que le réel ». Bernadette Bensaude-Vincent « Promesses et régimes d'historicité en technoscience », dans Marc Audétat (dir.), *Sciences et technologies émergentes: pourquoi tant de promesses ?*, op.cit., p. 61.

Bensaude-Vincent : « Ce que le dispositif nous apprend sur un phénomène provient de ce que nous “faisons faire” à divers agents<sup>18</sup>. » Le dispositif expérimental revient alors à mettre ces entités au travail, qu’il s’agisse d’atomes, d’électrons ou de molécules (en nanotechnologie) ou, pour les biotechnologies, d’enzymes, de constructions comme le CRISPR-Cas9, ou les briques élémentaires du vivant que manipule la biologie de synthèse.

Dans la transgénèse, la « construction génétique » qui devra être insérée dans le génome de l’hôte fait intervenir une enzyme de restriction pour isoler le fragment d’ADN que l’on veut transférer, et une autre pour obtenir sa polymérisation en chaîne. C’est aussi très souvent par le truchement d’une bactérie (*Agrobacterium tumefaciens*) que s’opère la pénétration du transgène dans le noyau des cellules hôtes. Ensuite, c’est au transgène introduit de se débrouiller pour trouver sa place dans le génome d’accueil – ou au génome de se débrouiller pour inactiver ce gène perturbateur. De même, une fois réalisée l’association des éléments qui la composent, c’est à la « construction » CRISPR-Cas9 introduite dans le noyau de s’employer à couper l’ADN au site prévu (quitte à faire du zèle et à couper le génome en d’autres endroits). Quant aux circuits moléculaires que synthétise la biologie de synthèse, ils sont nécessairement insérés dans des « organismes châssis » (levures, bactéries) qui, selon les circonstances, feront soit ce que les concepteurs du circuit attendent d’eux, soit tout autre chose, parce que le système synthétique entretient alors des interactions avec son environnement cellulaire et acquiert des propriétés fonctionnelles imprévues. Craig Venter a prétendu avoir obtenu la première bactérie dont le père est un ordinateur mais, pour synthétiser le petit génome de *Mycoplasma mycoides*, il a utilisé des levures, les a mises au travail et ce sont elles qui ont assemblé (avec essais et erreurs) la centaine de fragments synthétisés qui ne représentaient chacun qu’un centième des paires de bases du mycoplasme.

On peut enfin donner pour exemple le clonage des mammifères. Il s’agit en fait d’un transfert de noyau. On prend un ovule (très frais) de vache, de rate ou de chèvre, auquel on enlève le noyau (à n chromosomes). On prélève le noyau d’une cellule somatique (à 2n chromosomes) sur un individu Lambda de la même espèce que l’on introduit dans l’ovule. C’est alors l’ovule (préalablement activé artificiellement par adjonction d’ions calcium) qui œuvre à déspecialiser le noyau transféré et à le rendre totipotent, c’est à dire capable de se différencier en tous les types de cellules. On installe l’œuf obtenu de la sorte dans l’utérus d’une mère porteuse de la même espèce. Puis on laisse aller les choses à leur cours naturel avec l’espoir d’obtenir un embryon qui sera le « clone » de Lambda. Mais l’ovule ne travaillant pas de façon très précise, il faut transférer au moins cent noyaux somatiques du donneur dans cent ovules énucléés, et introduire les cent embryons dans l’utérus de cent mères porteuses pour obtenir de deux à cinq clones vivants et en apparence bonne santé<sup>19</sup>.

---

<sup>18</sup> Bernadette Bensaude-Vincent, *Les vertiges de la technoscience*, Paris, La Découverte, 2009, p. 117.

<sup>19</sup> Raphaël Larrère, « Le clonage des mammifères. Petite revue des arguments éthiques qui le concernent », dans Gaëlle Le Dreff, Thomas Droulez et Catherine Alamel-Raffin (éds.), *Les usages du vivant*, Strasbourg, Neotheque, 2011.

Dans tous les cas, on s'emploie à explorer ce dont ces agents sont capables et à piloter (avec plus ou moins de bonheur) leur action afin d'obtenir le résultat souhaité. Ces pratiques ne relèvent certes pas du *faire* : on est en présence de technologies qui ne fabriquent pas des objets suivant un modèle préétabli, mais qui suscitent des possibles naturels et se proposent ensuite de sélectionner ceux qui présentent un intérêt scientifique, économique ou militaire particulier. On peut en conclure que les nouvelles technologies, dans ce qui les fait converger (à savoir l'émergence de propriétés inédites) relèvent d'un *faire-faire* – et donc d'une façon d'agir qui relève du *faire-avec* puisque, lorsque l'on *fait-faire*, on est obligé de *faire-avec* l'opérateur dont on tente de piloter l'action.

Mais ce qui distingue les façons de *faire-avec* de ces technologies c'est qu'elles ne comportent pas cette dimension d'empirisme attentif propre au simple pilotage. Le contexte dans lequel s'inventent les nouvelles technologies est l'espace protégé, normalisé et contrôlé, du laboratoire (qui donne l'illusion d'intervenir dans un monde que l'on a fait). L'objectif en est la diffusion massive de processus et d'objets, bien plus que l'adaptation d'une action à la diversité des circonstances. Raison de penser que ces démarches, si elles débouchent un jour sur des innovations largement diffusées, seront nécessairement moins soucieuses du contexte environnemental et social dans lequel elles sont susceptibles de s'insérer.

Ce qui est problématique dans le développement des technologies qui se proposent d'explorer des possibles naturels, c'est que leur démarche tient d'un pilotage (assez mal maîtrisé) et relève du *faire-faire* et du *faire-avec* mais qu'elles sont mises en œuvre avec une culture technique du *faire* et de la fabrication contrôlée d'artefacts dont le comportement sera, prétend-on, intégralement prévisible et maîtrisable.

Les spécialistes de biologie de synthèse reprennent à la biologie des systèmes, outre la conception « modulaire » des organismes, la proposition selon laquelle l'évolution a pour mécanisme fondamental la combinaison de plus en plus complexe de ces « modules ». Or, la nature a combiné des « modules » sans finalité, par une sorte de bricolage aveugle, la sélection naturelle s'étant chargée de trier – à son rythme – les combinaisons d'avenir. Parce qu'il est ingénieur et entend poursuivre un but, le spécialiste de biologie de synthèse peut combiner les « modules » en fonction d'un objectif précis... et donc faire mieux (et plus vite) que l'évolution et perfectionner la nature. Les promoteurs et les utilisateurs de CRISPR-Cas9 n'hésitent pas à affirmer que l'humanité dispose avec cet outil fabuleux de la capacité de modifier à volonté les gènes de tous les organismes, en un sens de « réécrire » des génomes, en bref, de faire consciemment et de façon ciblée ce que la nature fait à l'aveuglette avec les mutations aléatoires. Comme si, pour reprendre l'image du traitement de texte, la nature en « écrivant » l'évolution, avait fait des tas de coquilles et rédigé des phrases sans queue ni tête et qu'il était enfin à la portée des biologistes, si on leur en donnait les moyens, de corriger ses erreurs les plus manifestes. C'est une ambition que l'on retrouve chez les inspireurs du programme de « convergence », initié par la National Science



Foundation<sup>20</sup>. L'évolution ayant procédé par essais et erreurs, l'objectif atteignable serait désormais de développer une ingénierie de l'évolution (*evolution by design*, affirme le rapport Rocco-Bainbridge).

S'il est vrai que la nature est un vaillant bricoleur qui procède par essais et erreurs avec des ressources locales, elle dispose, à la différence des humains, d'un temps long. Or, ce qui rend l'ambition et les opérations des « ingénieurs des processus évolutifs » problématiques, c'est qu'ils sont engagés dans « une course technologique, industrielle et militaire majeure à l'échelle de la planète<sup>21</sup> » et n'ont donc pas la sagesse du temps : les objets et les êtres hybrides qu'ils diffuseront (s'ils y parviennent) n'accorderont guère au monde dans lequel ils seront introduits la possibilité de s'adapter à eux par co-évolution (ou des les éliminer).

---

<sup>20</sup> Mihail C. Roco et William Sims Bainbridge (éds.), *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, Dordrecht, NFS, 2003.

<sup>21</sup> Jean-Pierre Dupuy, « Günther Anders, le philosophe de l'âge atomique » préface à l'ouvrage de Günther Anders, *Hiroshima est partout*, *op. cit.*, p. 24.