

Par-delà les non-humains : le vivant-machine, face cachée de l'Anthropocène

Thomas Heams¹  et Céline Lafontaine^{2,*}

¹ Génomique, AgroParisTech, UMR GABI, Jouy-en-Josas, France

² Sociologie, Université de Montréal, Département de sociologie, Montréal, Canada

Reçu le 18 septembre 2024. Accepté le 9 septembre 2025

L'anthropocène est généralement présenté comme un effet de la révolution industrielle de la fin du XVIII^e siècle et de l'usage intensif des ressources fossiles. Contre cette vision, les auteurs, un biologiste et une philosophe, font une proposition audacieuse et suggèrent que l'on ne peut saisir cette nouvelle période marquée par le rôle dominant des humains sur le système Terre sans tenir compte des relations au vivant, pointant à la fois vers la conception du vivant-machine et vers la séparation humain/non humain. À l'heure de la biologie synthétique et de l'édition des génomes, cette contribution sur des questions fondamentales est essentielle.

La Rédaction

Résumé – Le découpage conceptuel entre humain et non-humain rend difficile la prise en compte des enjeux spécifiques liés au statut octroyé aux êtres et aux matériaux vivants dans les biotechnologies. Ce découpage produit des paradoxes théoriques qu'il est nécessaire de lever afin de rendre intelligibles des questions épistémologiques et scientifiques fondamentales pour saisir les enjeux profonds relatifs à la définition du vivant dans les débats autour de ce que l'on désigne sous le terme d'Anthropocène. La conception machinique du vivant est au cœur de ces paradoxes et procède d'un réductionnisme qui, parce qu'il est impropre à décrire le vivant, tend à invisibiliser les limites concrètes du modèle d'exploitation et d'expérimentation sur lequel reposent les biotechnologies. Une critique de fond de cette conception permet d'ouvrir de nouvelles voies de dialogue entre sciences sociales et sciences du vivant en valorisant la diversité épistémique en biologie afin de dépasser les limites épistémologiques du réductionnisme génétique.

Mots-clés : technologies / biodiversité / vivant-machine / non-humains / Anthropocène

Abstract – **Beyond non-humans: the living machine, the dark side of the Anthropocene.**

Given the observation that the conceptual divide between human and non-human complicates addressing the specific issues related to biotechnology, particularly regarding the status assigned to living materials, this article first aims to highlight certain theoretical paradoxes to clarify epistemological and scientific questions that are fundamental to understanding the deep issues related to the definition of living matter in debates about what is termed the Anthropocene. The main objective of this article is to analyse how the model of the living-machine reflects a reductionistic approach that tends to obscure the concrete limitations of the models of exploitation and experimentation upon which biotechnology relies. The article begins by emphasising the paradoxes inherent in the attempt to decenter the social sciences in the Anthropocene era by placing the concept of the non-human within the context of its historical lineage with cybernetics. The second part specifically examines the prevalence of the living-machine concept in the history of life sciences, focusing on its implications for the current development of biotechnologies. Finally, the last part highlights the concrete limitations of this model and proposes an epistemic opening towards new ways to think about the specificity of living matter, taking into account its irreducible contingency and uncontrollable nature at a time when we face the anthropogenic consequences of biotechnological reductionism.

Keywords: technology / biodiversity / living machine / non-humans / Anthropocene

*Auteur correspondant : celine.lafontaine@umontreal.ca

Face aux nombreuses craintes soulevées par les changements climatiques et la perte de la biodiversité¹, la question du vivant est devenue un thème central des débats théoriques en philosophie et en sciences sociales ainsi qu'un enjeu politique majeur de notre époque (Truong, 2023). Qu'il soit question des luttes pour la sauvegarde d'espèces menacées, de la remise en cause de l'élevage et de l'agriculture industrielle, de la défiance grandissante à l'endroit de l'expérimentation animale ou encore des mouvements sociaux comme le véganisme, l'affirmation d'une sensibilité nouvelle à l'égard des animaux et, plus généralement, du monde vivant dans son ensemble, constitue un fait social marquant des sociétés occidentalisées contemporaines (Carrié *et al.*, 2023 ; Morizot, 2020). Cette nouvelle sensibilité s'inscrit dans un vaste mouvement intellectuel fondé sur la déconstruction des dualismes naturalistes tels ceux de nature/culture et de sujet/objet, conçus comme les fondements de la science moderne et de la domination techno-industrielle ayant conduit à la crise environnementale actuelle (Descola, 2005, p. 121 ; Weill, 2024). Même si les racines de ce mouvement sont nombreuses et empruntent à des traditions diverses, ce sont toutefois les courants issus de la théorie de l'acteur-réseau, dont le représentant le plus célèbre est sans conteste Bruno Latour, et ceux liés au nouveau matérialisme qui exercent l'influence la plus prégnante sur la façon de penser le vivant en sciences sociales (Barad, 2003 ; Latour, 2007 ; Bennett, 2010 ; Coole et Frost, 2010 ; Tillman, 2015). Alors que ces courants visent à décentrer les sciences sociales afin de montrer les enchevêtrements matériels complexes et les logiques d'hybridation propres à la modernité (Tsing, 2017), ils reposent sur un découpage conceptuel entre humain et non-humain dont l'objectif est de décrire comment les réseaux d'interactions intègrent à la fois des humains et d'innombrables entités allant d'organismes vivants à des artefacts humains de sophistications variées, en passant par des structures naturelles inorganiques. En élargissant la sphère des acteurs pris en considération, ce découpage peut donner l'impression d'être plus inclusif et moins anthropocentré. Il nous apparaît toutefois que ce faisant il tend, non seulement à reproduire une forme de dualisme en accordant à l'humain un statut référentiel, mais il regroupe arbitrairement des productions humaines, issues de contextes historiques et sociopolitiques donnés, et des entités naturelles. Ainsi, sur le plan épistémologique, le concept de non-humain se caractérise par une logique d'indifférenciation entre vivant et non-vivant ainsi qu'entre nature et artifice qui s'avère problématique

pour saisir la particularité des enjeux liés au déploiement des biotechnologies, notamment par sa tendance à déshistoriciser les productions humaines que sont les machines et donc à invisibiliser l'opération intellectuelle qu'est l'assimilation historique des êtres vivants aux machines (Büscher, 2022 ; Jasanoff, 2015 ; Malm, 2023 ; Hornborg, 2021 ; Lafontaine, 2021). Cette grille de lecture nous semble donc défailante pour saisir les enjeux de pouvoir qui se cachent derrière la machinisation du vivant.

S'inscrivant dans une mouvance théorique qui vise à s'émanciper des effets délétères de l'industrialisation et de la logique de contrôle des processus vivants, les nombreux travaux inspirés de la théorie de l'acteur-réseau et du nouveau matérialisme placent les dimensions relationnelles complexes entre les espèces et les multiples composantes de l'environnement au centre de leur analyse (Bennett, 2010 ; Benson, 2019 ; Grusin, 2015), sans pour autant prendre en compte les conséquences concrètes du processus de bio-objectivation généralisé et l'irréductibilité des effets anthropiques générés par les biotechnologies (Büscher, 2022 ; Lafontaine, 2021 ; Landecker, 2024). Malgré la popularité et l'importance de ces courants dans l'élargissement des objets de recherche en sciences sociales, ils constituent un obstacle épistémologique lorsqu'il s'agit d'analyser les conceptions machiniques du vivant sur lesquelles reposent les innovations dans des domaines aussi vastes que l'édition génomique, la biologie de synthèse, l'ingénierie cellulaire et tissulaire, ou encore les technologies de reproduction. En effet, même si de nombreux travaux dans le domaine des STS traitent de problématiques liées à la sélection, la reproduction et la mise en valeur industrielle d'espèces vivantes et d'entités biologiques au sein de la bioéconomie, rares sont ceux qui soulèvent des questions d'ordre proprement épistémologique et qui remettent en cause le modèle du vivant-machine sur lequel repose l'innovation biotechnologique (Abergel, 2024 ; Lafontaine, 2014 ; 2021 ; Heams, 2019 ; Tordjman, 2021). Par ailleurs, si l'importance donnée aux relations entre les vivants est une évolution bienvenue dans notre connaissance de ceux-ci, tant il est vrai qu'ils sont non réductibles à la somme de leurs compositions individuelles, une question cruciale est celle du type de relation par lequel on cherche à mieux les comprendre. Or le cadre général d'un réseau d'interactions logiques entre acteurs, héritier de la cybernétique (cf. *infra*) et de ses boucles de rétroactions, n'est que de peu d'utilité pour comprendre l'originalité du monde vivant. Ce monde relationnel idéalisé fait de l'ensemble du système une grande machine environnementale généralisée et parle mal du monde vivant fait d'imprévisible, d'interpénétrations, de déformations, y compris des acteurs et des relations elles-mêmes (Büscher, 2022 ; Heams, 2019 ; Malm, 2023 ; Hornborg, 2021).

¹ Cet article est le fruit d'une collaboration entre Thomas Heams et Céline Lafontaine au sein de l'UMR Génétique animale et biologie intégrative à Jouy-en Josas. Il est entièrement inédit et n'a pas fait l'objet de communication antérieure.

Partant du constat que le découpage conceptuel entre humain et non-humain rend inintelligibles les enjeux spécifiques liés aux biotechnologies en ce qui a trait au statut octroyé aux matériaux vivants, cet article vise tout d'abord à soulever certains paradoxes théoriques, épistémologiques et scientifiques qui nous semblent fondamentaux pour saisir l'importance de la définition du vivant dans les débats autour de ce que l'on désigne sous le terme d'Anthropocène, soit les effets conjugués des activités anthropiques sur le climat et l'environnement terrestre dans son ensemble (Chakrabarty, 2021). L'objectif principal de cet article est de montrer comment la conception machinique du vivant procède d'un réductionnisme qui tend à invisibiliser les limites concrètes du modèle d'exploitation et d'expérimentation sur lequel reposent les biotechnologies. Plus largement, il s'agit d'ouvrir une réflexion sur l'importance de promouvoir une diversité épistémique dans le domaine des sciences du vivant en favorisant des approches scientifiques ayant pour but d'étudier les limites épistémologiques du réductionnisme génétique et les échecs en sciences expérimentales afin de mieux baliser les impacts environnementaux des biotechnologies.

Les non-humains à l'ère de l'Anthropocène

Formulé au tournant des années 2000 par le chimiste Paul Crutzen, le concept d'Anthropocène se réfère à une nouvelle époque géologique caractérisée par une modification accélérée des changements climatiques induite par l'activité anthropique. Historiquement, les processus croisés d'appropriation et d'exploitation des ressources naturelles liés à la colonisation et à l'industrialisation sont reconnus comme les facteurs déterminants de ces bouleversements planétaires (Yusoff, 2017 ; Chakrabarty, 2021). Loin d'être un concept neutre et unifié, le terme Anthropocène correspond donc à des dynamiques scientifiques, économiques, politiques et matérielles complexes, comme en témoignent les nombreux débats autour de son usage (Beau et Larrère, 2018). Paradoxalement, la reconnaissance de l'impact irréversible des activités humaines sur l'environnement planétaire s'est accompagnée en sciences sociales d'une remise en cause du statut d'exceptionnalité accordé à l'espèce humaine (Haraway, 1985 ; Latour, 1991 ; Descola, 2005). Or, si la critique de l'anthropocentrisme occidental s'avère, à nos yeux, essentielle, le découpage humain/non-humain² nous

semble toutefois affaiblir, voire même annuler la portée critique de ces approches, notamment car (cf *infra*), en dessinant des connexions, des correspondances, voire des alliances, au sein de l'ensemble disparate des non-humains, en particuliers des vivants et des artefacts, il participe d'une naturalisation et d'une invisibilisation des logiques de domination technoscientifiques et industrielles en grande partie responsables de la crise environnementale (Büscher, 2022 ; Malm, 2023 ; Hornborg, 2021). Cela n'a rien de surprenant lorsqu'on se rappelle que la notion de non-humain, tout comme celle de cyborg, s'enracine dans l'épistémologie cybernétique qui place, sous un même plan humain, vivant et machine (Geoghegan, 2023 ; Kay 2000 ; Fox Keller, 2003 ; Lafontaine, 2004 ; Haraway, 1985)³.

Il nous apparaît important de rappeler l'influence considérable de la cybernétique sur le déploiement des sciences sociales dans la seconde moitié du XX^e siècle, notamment sur des courants aussi importants que le structuralisme, le poststructuralisme et le postmodernisme (Lafontaine, 2004 ; Geoghegan, 2023). La cybernétique avait justement pour ambition d'opérer un décentrement scientifique majeur en plaçant sur un même plan l'humain, l'animal et la machine au sein du système communicationnel (Breton, 1992 ; Lafontaine, 2004 ; Wiener, 1954). Lorsqu'il affirme dans son livre *Cybernétique et société. L'usage humain des êtres humains* : « Nous avons modifié notre environnement à un tel point que nous devons nous modifier nous-mêmes pour nous adapter à ce nouvel environnement », Norbert Wiener (1954, p. 56) annonce non seulement les débats actuels autour de l'Anthropocène, mais il naturalise aussi le développement technologique conçu comme une condition essentielle à la survie de l'espèce humaine. Alors que la filiation cybernétique est clairement revendiquée par Donna Haraway dans son *Manifeste du cyborg* (1985), elle est plus implicite chez Latour qui place sur un même plan épistémologique l'ensemble des composantes du réel (humains, artefacts techniques et symboliques, machines et espèces vivantes) [Büscher, 2022 ; Malm, 2023 ; Hornborg, 2021]. L'importance qu'il accorde aux notions d'hybridité et de non-humain est toutefois indissociable du renversement épistémologique

² Nous convenons que l'assimilation d'artefacts techniques, d'entités culturelles et d'espèces vivantes à des non-humains n'a pas la même implication dans des contextes culturels fondés sur des ontologies animistes ou totémistes, que dans le contexte occidental du naturalisme, tels que décrit par Philippe Descola.

³ Sans être clairement revendiqué par Bruno Latour, le renversement épistémologique opéré par la théorie de l'acteur-réseau est indissociable de l'influence exercée par la cybernétique dans le développement des sciences sociales contemporaines. Le rapprochement épistémologique précoce entre B. Latour et D. Haraway à travers les concepts d'hybridation, de cyborg et de non-humain est une des nombreuses traces de cet ancrage cybernétique durable, qui se manifeste aussi dans l'influence de James Lovelock et de son hypothèse Gaïa, jusque dans les œuvres tardives de B. Latour (2015).

opéré par la cybernétique (Hornborg, 2021). En plaçant l'ensemble des espèces vivantes et les dispositifs techniques sur un même plan épistémologique, le concept de non-humain tend à déshistoriciser et à dépolitiser le modèle du vivant-machine sur lequel repose le développement des biotechnologies : il prend pour acquis cette horizontalité et ne dit pas la construction historique et politique intense qu'a été l'assimilation des vivants aux machines. De plus, comme l'analyse finement le sociologue Bram Büscher (2022), l'épistémologie relationnelle sur laquelle reposent les approches se situant dans le tournant non humain ne permet pas de saisir la spécificité des relations entre espèces vivantes et dispositifs techniques en fonction de leurs origines historiques et de leurs conséquences sociétales et environnementales. En ce qui concerne l'analyse critique du modèle du vivant-machine porté par les biotechnologies, les paradoxes soulevés par la généralisation du concept de non-humain apparaissent de façon plus criante lorsqu'il est question des innombrables bio-objets qui prolifèrent chaque jour dans les laboratoires et les cliniques du monde entier. Peut-on parler de non-humain pour désigner des lignées *in vitro* de cellules humaines, des tissus et des organoïdes humanisés ou encore de gamètes et des embryons congelés ? (Lafontaine, 2024). Nous sommes d'avis que pour affronter les questions relatives au déploiement des biotechnologies, il faut s'éloigner de la nouvelle doxa contemporaine du découpage humain/non-humain pour se concentrer sur l'emprise des représentations machiniques du vivant qui, de la science anatomique du XVII^e siècle jusqu'à la biologie de synthèse, traverse toute l'histoire des sciences du vivant. Lorsqu'on se rappelle que les métaphores du corps-machine et du vivant-machine s'appliquent autant à l'espèce humaine qu'aux espèces vivantes, on mesure à quel point le découpage humain/non-humain est pour le moins inopérant pour réfléchir aux impacts des biotechnologies à l'ère de l'Anthropocène.

Le vivant-machine aux origines du réductionnisme biotechnologique

La métaphore du vivant-machine est l'un des lieux communs les plus puissants de notre temps (Nicholson, 2013 ; Heams, 2019 ; Bongard et Levin, 2021). Elle l'est à plusieurs titres, puissante par son omniprésence dans la recherche et son financement, par l'inexistence d'une critique radicale structurée et consensuelle à son endroit, et enfin par sa portée métaphorique, sa simplicité apparente et sa plasticité. À la fois modèle heuristique et fiction imaginaire, cette métaphore est le fruit d'une construction historique bien documentée (Riskin, 2016) et ambivalente du fait qu'elle repose certes sur un projet d'explication rationnelle du fonctionnement des vivants, mais aussi sur une fascination pour les potentialités des machines. Les machines sont faites avec la matière du

monde et avec l'esprit humain, et sont donc des produits de la nature, mais leur fonctionnement régulier, précis, pilotable, orienté et leur sophistication progressive réalisent *de facto* un monde matériel doté de propriétés inédites, qui produit concrètement une tension grandissante entre le naturel et l'artificiel. Le rattachement métaphorique des vivants aux machines porte donc en lui l'ambiguïté fondamentale de chercher à les considérer rationnellement autant que de les faire appartenir à un régime d'exception de la matière. La référence constante, au travers des siècles, à la sophistication des « machines vivantes » est d'ailleurs un indice de nécessaire vigilance critique à l'endroit de cette métaphore. L'animal, puis le vivant dans son ensemble, est comparé tour à tour à un circuit hydraulique, à une proue d'horlogerie, à une machine à vapeur dernier cri, à une machine à calcul, à une usine moderne, et évidemment, au mitan du vingtième siècle, à un ordinateur perfectionné (Jacob, 1970 ; Riskin, 2016). La machinisation du vivant est donc indéniablement affaire de fascination au moins autant que de rationalité.

À l'ère industrielle, le modèle du vivant-machine devient un enjeu stratégique pour le capitalisme conquérant. La description rationnelle et factuelle des machines cède du terrain au profit d'une rhétorique du progrès ; les machines deviennent des objets prophétiques qui existent non plus seulement en tant que tels, mais parce qu'elles incarnent le rêve de leurs concepteurs de contrôler les processus biologiques (Rabinbach, 2004). Le vivant en subit le contrecoup : sa longue machinisation métaphorique le place au centre de l'intérêt de la société industrielle, mais au prix de substituer à l'enjeu initial de le comprendre celui de le soumettre et le dominer. Ainsi, le modèle mécanique propre à la science cartésienne fait place à une volonté de maîtriser le vivant qui prend la forme d'un imaginaire machinique triomphant (Jarrige, 2023). Le discours sur le vivant-machine se transforme donc pour célébrer sa rationnelle compatibilité avec les nouvelles exigences du temps : l'humain devient un moteur énergétique, rouage incarcéré dans l'appareil productif qui gère son épuisement (Rabinbach, 2004), les animaux d'élevage (re)deviennent des machines « dans l'acception la plus stricte du terme » (Émile Baudement, cité par Sanson, 1888, p. 4), compatibles avec les attentes industrielles. En 1919, le terme « biotechnologie » apparaît, pour décrire un élevage de pointe à grande échelle (Ereky, 1919). Réciproquement, les abattoirs de Chicago, qui découpent les carcasses du vivant, inspirent directement les lignes de productions fordistes qui, plus tard, fourniront en retour une métaphore aussi partielle que répandue pour le fonctionnement cellulaire (Patterson, 2008). Ce basculement ingénierique sera parachevé à l'orée du vingtième siècle sous l'impulsion du biologiste Jacques Loeb (Pauly, 1990) qui théoriserait que,

précisément, c'est par le seul contrôle expérimental que la compréhension du vivant est possible (Deichmann, 2009).

Dans les années 1940-1960, la représentation du vivant-machine subira sa dernière grande réincarnation en date, celle du vivant-ordinateur, et cette histoire-là illustre spectaculairement la zone grise entre modèle heuristique et imaginaire métaphorique (Fox Keller 2003 ; Kay 2000). Dès les années 1940, les premières modélisations de réseaux de neurones artificiels comme outils de calcul s'inspirent de ce que l'on pensait être le fonctionnement logique des neurones du cerveau humain (Andler *et al.*, 2002, 281 *sq.*). Ces représentations logiques vont contribuer à fonder l'informatique naissante ; les travaux pionniers de Norbert Wiener et de Claude Shannon vont, en retour, créer un monde de représentations que les premiers biologistes moléculaires vont emprunter pour décrire l'activité génétique des cellules suivant une logique de contrôle (Morange, 1994 ; Kupiec et Sonigo, 2000 ; Lafontaine 2004 ; Heams, 2013). À elle seule, cette simple phrase de François Jacob : « Rarement modèle imposé par une époque aura trouvé une application plus fidèle » illustre la puissance métaphorique du vivant-ordinateur (Jacob, 1970, p. 9).

Bien que la logique instructionniste et déterministe de la biologie moléculaire ait été largement critiquée, le concept de « programme génétique » qui en est le cœur, et est donc directement emprunté à l'informatique pour comprendre les fondamentaux de l'hérédité moléculaire et de l'activité des gènes, demeure très prégnant dans le domaine de l'ingénierie génétique (Heams, 2004). L'imperium du vivant-machine demeure donc très puissant, comme en témoigne la vogue de la biologie de synthèse, visant à reconfigurer le vivant, voire à le créer en laboratoire. La métaphore du vivant-machine se radicalise en promettant de fabriquer des cellules « châssis », des « programmes génétiques minimaux », des « bio-robots » (Heams, 2011). De manière générale, les biotechnologies reposent d'ailleurs sur le modèle du vivant comme machine informationnelle. Ce faisant, l'ADN est conçu comme la « molécule de la vie » et comme un support de stockage de données, mais ce n'est que très récemment que ses propriétés matérielles fonctionnelles ont été sérieusement prises en considération (Cremer *et al.*, 2006)⁴. La métaphore régnante du vivant-ordinateur est donc, à bien des égards, une conception dématérialisée des êtres biologiques, où la machine pourtant introuvable est instituée en totem, et où la matérialité pourtant inévitable est tenue pour négligeable. L'emprise d'une conception purement machinique et dématérialisée du vivant qu'on retrouve autant dans les discours sur la biologie de synthèse que

dans ceux sur l'édition génomique ou l'ingénierie du vivant dans son ensemble explique sans doute, en partie, pourquoi encore trop peu de travaux analysent les impacts environnementaux des biotechnologies, malgré l'ampleur de cette industrie à l'échelle internationale (Lafontaine, 2021 ; Tordjman, 2021).

Ce panorama, par lequel nous souhaitons rappeler la prépondérance de la métaphore du vivant-machine dans le processus historique d'industrialisation du vivant et dans la production de matériaux biologiques, nous renvoie au cœur de notre propos tant il nous semble que l'indifférenciation entre vivants et artefacts portée par le concept de non-humain reconduit tacitement la fiction métaphorique du vivant-machine qui structure la société industrielle et singulièrement le champ des biotechnologies. Nous constatons même que le découpage conceptuel entre humain et non-humain, sous couvert d'un décentrement, nourrit au contraire ce qu'on pourrait appeler un nouvel animisme, qui inclut toutes sortes d'hybridités hommes-machines, des rêves de cyborgs pensés comme un défi au binarisme homme/machine et d'illusions de biohacking subversif et artisanal. Or, là où les premiers sont présentés comme émancipateurs, nous ne pouvons pas nous empêcher de les voir comme une aubaine pour les marchands de promesses bioprothétiques et d'idéologies transhumanistes, tandis que les secondes sont nécessairement dépendantes d'une infrastructure technologique et énergivore au service d'une logique capitaliste au sein de laquelle la bioéconomie est devenue centrale (Porcher, 2019 ; Guillibert, 2021 ; Blay, 2023).

De nature fondamentalement contingente, le monde vivant a été de manière profonde et irrévocable transformé par le déploiement de la logique machinique propre à la modernité. Qu'il soit question de l'agriculture industrielle, de la biomédecine ou des nouvelles méthodes d'édition du génome telle CRISPR-Cas-9, de la biologie de synthèse, des recherches sur les cellules souches ou encore des technologies de procréation, l'ensemble du monde vivant est marqué par des processus anthropiques qui visent à améliorer l'existence de notre espèce mais lui font aussi subir de plein fouet, paradoxalement, les conséquences de leurs externalités négatives (ex-baisse de fertilité, épidémie d'obésité) au point de la placer dans une situation de grande vulnérabilité (Pievani, 2022 ; Landecker, 2024 ; Richie, 2024). Notre perspective critique du modèle vivant-machine nous amène à tourner notre regard vers la « biologie de l'histoire », une expression forgée par Hannah Landecker pour exprimer les conséquences de nos modèles scientifiques et techniques dans l'histoire du vivant sur Terre, désormais indissociable de l'histoire humaine (Landecker, 2016). Ainsi, il nous apparaît urgent de prendre au sérieux les conséquences d'une métaphore en acte depuis la Révolution industrielle que

⁴ Cela n'a d'ailleurs pas enrayé, au contraire, son processus de valorisation financière (Calvert et Joly, 2011).

le découpage humain/non-humain, en plaçant organismes vivants et dispositifs mécaniques dans un continuum épistémologique, tend à reproduire.

Pour une épistémologie de l'incontrôlable

La fiction mécanique du vivant et ses effets induits (politiques, économiques, idéologiques, environnementaux) nous semblent devoir être déconstruits par une refonte épistémologique exigeante de nos approches du vivant pour produire un discours éthique qui s'ancre dans l'originalité du vivant lui-même. La première ressource est évidemment le legs darwinien qui structure depuis un siècle et demi la biologie évolutive. Le tâtonnement aveugle des innovations biologiques retenues par la sélection naturelle est créateur d'ordre biologique sans qu'un programme ne l'orchestre (Darwin, 2009 ; Pievani, 2022). Ce principe qui repose sur des dynamiques probabilistes semble pouvoir s'appliquer à toutes les échelles du vivant, des molécules aux populations (Kupiec, 2008 ; Heams, 2014). Par ailleurs, comme nous le rappelions plus haut, le déterminisme et le réductionnisme biologiques, piliers du modèle du vivant-machine, sont pourtant aussi critiqués de toute part au sein de la communauté scientifique. La réduction du vivant à la génétique est critiquée par les apports de l'épigénétique (Lambert, 2003 ; Paldi, 2018), qui explore des formes d'hérédités fonctionnelles au-delà de la stricte séquence d'ADN. La réduction des organismes à leur génome est critiquée par les apports de la métagénomique, qui insiste sur la communauté que forment les organismes et leurs microbes (O'Malley, 2017). La biologie intégrative insiste sur la nécessité de penser le vivant à plusieurs échelles (Wake, 2008) et donc *de facto* de faire le deuil du réductionnisme. La biologie processuelle invite à insister sur les échanges entre les vivants plutôt que sur leurs identités (Nicholson et Dupré, 2018). Des approches organicistes (Mossio, 2024), qui insistent notamment sur les phénomènes d'auto-organisation ou probabilistes (Kupiec, 2008 ; Heams, 2023), qui donnent un rôle structurant au hasard et à la sélection dans les fonctionnements cellulaires, coexistent en biologie théorique, peuvent parfois être discordantes, mais convergent dans le constat critique de la superficialité du déterminisme mécanique.

En amont de ces critiques, l'un d'entre nous a proposé une refonte générale de l'approche du vivant qui fait le deuil d'une définition de la vie par liste de critères remplis (posséder telles fonctions, être constituée de telles molécules) et insiste plutôt sur la trajectoire continue qui existe entre la matière minérale et les êtres biologiques (Heams, 2019). En prenant acte que le monde vivant provient de la minéralité, l'originalité du monde vivant ne tiendrait pas tant à sa composition

moléculaire, ou à des fonctions inédites, qu'à une mise en mouvement adaptative de la matière, permise par certaines combinaisons de disponibilités matérielles et de conditions environnementales. Il faut souligner ici que ce continuum n'est pas l'indifférenciation ou l'aplatissement que, précisément, nous critiquons par ailleurs, car il possède au moins deux caractéristiques distinctives. Premièrement, il est matérialiste, au sens où il est ancré dans les possibilités concrètes de la matière. Par conséquent, la dynamique ici proposée, la mise en mouvement adaptative de la matière, est concrète, circonstanciée, et ne signifie pas que n'importe quel mouvement peut en faire partie : un gaz en mouvement brownien, un nuage dans le ciel ne sont pas concernés. La vie – biologique – n'est pas floue, elle n'est pas qu'une idée arbitraire, encore moins une valeur ou une esthétique, elle n'est pas « un peu partout », elle n'est pas « la nature », elle a des conditions d'existence. Le vivant est bien une originalité dans l'univers, qui tient à sa dynamique propre. Deuxièmement, ce continuum parcouru par une dynamique exploratoire et tâtonnante s'oppose au fonctionnement mécanique reposant par définition sur la précision et la répétition. Dire cela n'est pas nier qu'il existe des liens entre vivants et machines. Bien sûr, elles sont le produit du génie humain. Bien sûr, certaines régularités dans le vivant ressemblent parfois étrangement à des rouages. Bien sûr, en écho, le vivant peut être source de bio-inspiration pour le secteur industriel. Mais ces connexions ne peuvent masquer le fait que par principe, le vivant est une tension entre de l'ordre, de la régularité, et du désordre. Dit autrement, l'originalité du vivant peut se comprendre comme sa capacité à accueillir dans le même souffle des régularités, des figures d'ordres et ce qui les défie. Il n'y a pas de régularité génétique sans mutations, pas de pérennité biologique sans transformations, pas d'efficacité biologique sans errances, sans explorations. Le vivant est précisément, dans sa manière propre de perdurer, ce que les machines, au sens classique du terme, ne sont pas.

Les conséquences de cette approche critique, qui font souvent écho aux autres précédemment mentionnées, sont multiples et très concrètes. On peut esquisser ici les plus flagrantes : défini par sa dynamique, le vivant est par nature une transformation incessante, parfois sous le masque trompeur de la pérennité. Génomes, cellules, individus, populations, espèces : tous évoluent, se transforment au pas de temps qui est le leur. Leur identité est dans leur capacité à changer. Par conséquent, toute logique d'appropriation du vivant, notamment en termes de propriété intellectuelle, est une fiction. Une construction génétique ou une méthode pour y parvenir ne produiront jamais des entités stables mais de nouveaux points de départ évolutifs. Une approche lucide du vivant et de son originalité propre devrait donc conduire, en toute rigueur, à repenser la valorisation du

travail humain avec les vivants (de l'agriculture à la recherche biomédicale) dans des cadres conceptuels autres que celui de la propriété.

Le vivant n'est pas une machine et encore moins une machine à calcul. Il n'obéit pas à des algorithmes, contrairement à l'imaginaire répandu. Il allie des fonctionnements parfois marqués par une certaine régularité à des dynamiques tâtonnantes, exploratoires, stochastiques et imprévisibles. Le vivant est la tension entre ces dynamiques variées, combinées, qui se sont constituées au fil de son histoire (Heams, 2019). La fusion des vivants avec les machines, étendard de l'idéologie transhumaniste, n'a donc aucune base factuelle de légitimité. Bien sûr, certaines prothèses hybrides sont possibles et des avancées dans les interactions entre les vivants et les machines vont continuer à se faire. Bien sûr, également, l'informatique peut produire des simulations sophistiquées qui prennent l'apparence de formes ou de dynamiques biologiques. Mais cet étalage de puissance n'est en rien une démonstration d'équivalence : d'une part, les interfaces hybrides peuvent au contraire être comprises comme des témoignages d'un fossé immense à combler, et, d'autre part, la puissance de calcul informatique peut produire toutes sortes de simulations, y compris les plus dissemblables des formes vivantes.

La résistance sans pareil du vivant à l'anéantissement, depuis son apparition sur Terre, repose au moins autant sur sa fragilité et ses échecs que sur sa solidité et sa performance (Pievani, 2022). Par ailleurs, le vivant est collectif, interdépendant, assis sur des mélanges, des échanges moléculaires, énergétiques à tous les niveaux d'échelle. Cela met au défi toute naturalisation de la logique de catégorisation. Le vivant se comprend à ses effets, à son rôle dans la transformation du monde. Cela met au défi toute naturalisation d'une logique modulaire, où chaque brique aurait un rôle prédéfini et indépendant du contexte. Enfin le vivant est une matière historique : on ne peut comprendre une entité biologique sans en comprendre l'histoire. Modifier un vivant c'est toujours intervenir sur une entité dont on conserve néanmoins une part d'histoire, des milliards d'années d'évolutions : cela met au défi toute légitimité de prétendre à la propriété de cette histoire.

Conclusion

Loin d'opérer un véritable décentrement épistémologique, le découpage humain/non-humain tend plutôt à invisibiliser la fiction du vivant-machine qui est donc aussi celle d'une impasse politique et anthropologique qui mène à construire un monde où le vivant doit se soumettre à la logique des machines. L'aveuglement face à ces impasses est pour nous une des raisons majeures des

effets anthropiques des biotechnologies (Landecker, 2024). Faire litière du modèle du vivant-machine, pour mieux prendre en compte son originalité propre, est autant un enjeu scientifique que politique. Accepter que le vivant soit pour l'essentiel incontrôlable, c'est d'abord repenser la place de l'échec, de l'imperfection et des errances dans la science. C'est à cette aune que des politiques de l'usage technoscientifique du vivant doivent être réinventées lucidement.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la direction et l'équipe de l'UMR GABI pour l'accueil de Céline Lafontaine dans le cadre de son séjour de recherche.

Références

- Abergel E., 2024. *Dead meat. Competing vitalities, cultivated meat imaginaries and Anthropocene diets*, New York, Palgrave Macmillan.
- Andler D., Fagot-Largeault A., Saint-Sernin B., 2002. *Philosophie des sciences I*, Paris, Gallimard.
- Barad K., 2003. Posthumanist performativity: toward an understanding of how matter comes to matter, *SIGNS: Journal of Women in Culture and Society*, 28, 3, 801-831, <https://doi.org/10.1086/345321>.
- Beau R., Larrère C. (Eds), 2018. *Penser l'Anthropocène*, Paris, Presses de SciencesPo.
- Bennett J., 2010. *Vibrant matter: a political ecology of things*, Durham, Duke University Press.
- Benson M.H., 2019. New materialism: an ontology for the Anthropocene, *Natural Resources Journal*, 59, 2, 251-280, <https://www.jstor.org/stable/26800037?seq=1>.
- Blay M., 2023. *L'ordre du technique. Comment il s'est imposé, comment en sortir*, Paris, L'Échappée.
- Bongard J., Levin M., 2021. Living things are not (20th Century) machines: updating mechanism metaphors in light of the modern science of machine behavior, *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 650726, <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.650726>.
- Breton P., 1992. *L'Utopie de la communication. Le mythe du village planétaire*, Paris, La Découverte.
- Büscher B., 2022. The nonhuman turn: critical reflections on alienation, entanglement and nature under capitalism, *Dialogues in Human Geography*, 12, 1, 54-73, <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/20438206211026200>.
- Calvert J., Joly P.-B., 2011. How did the gene become a chemical compound? The ontology of the gene and the patenting of DNA, *Social Science Information*, 50, 2, 157-177, <https://doi.org/10.1177/0539018411399512>.
- Carrié F., Doré A., Michalon J., 2023. *Sociologie de la cause animale*, Paris, La Découverte.
- Chakrabarty D., 2021. *The climate of history in a planetary age*, Chicago, The University of Chicago Press.
- Coole D., Frost S. (Eds), 2010. *New materialisms. Ontology, agency, and politics*, Durham, Duke University Press.
- Cremer T., Cremer M., Dietzel S., Müller S., Solovei I., Fakan S., 2006. Chromosome territories-a functional nuclear landscape, *Current Opinion in Cell Biology*, 18, 3, 307-316, <https://doi.org/10.1016/j.ceb.2006.04.007>.

- Darwin C., 2009. *L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou la lutte pour l'existence dans la nature*, Paris, Flammarion. Trad. de: *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*, Londres, John Murray, 1859.
- Deichmann U., 2009. Chemistry and the engineering of life around 1900: research and reflections by Jacques Loeb, *Biological Theory*, 4, 323-332, https://doi.org/10.1162/BIOT_a_00001.
- Descola P., 2005. *Par-delà nature et culture*, Paris, Gallimard.
- Ereky K., 1919. *Biotechnologie der fleisch-, fett-, und milchherzeugung im landwirtschaftlichen grossbetriebe: für naturwissenschaftlich gebildete Landwirte verfasst*, Berlin, P. Parey.
- Fox Keller E., 2003. *Le siècle du gène*, Paris, Gallimard. Trad. de: *The century of the gene*, Cambridge/London, Harvard University Press, 2000.
- Geoghegan B.D., 2023. *Code. From information theory to French theory*, Durham, Duke University Press.
- Grusin R. (Ed.), 2015. *The nonhuman turn*, Minneapolis/London, University of Minnesota Press.
- Guillibert P., 2021. *Terre et capital. Pour un communisme du vivant*, Paris, Amsterdam.
- Haraway D., 1985. A cyborg manifesto: science, technology, and socialist-feminism in the 1980s, *Socialist Review*, 15, 80, 65-108.
- Heams T., 2004. Biologie moléculaire: affronter la crise de la cinquantaine, in Dubessy J., Lecointre G., Silberstein M. (Eds), *Les matérialismes (et leurs détracteurs)*, Paris, Syllepse, 237-261.
- Heams T., 2011 [1^{re} éd. 2009]. De quoi la biologie synthétique est-elle le nom?, in Heams T., Huneman P., Lecointre G., Silberstein M. (Eds), *Les mondes darwiniens*, Paris, Éditions Matériologiques, 553-598.
- Heams T., 2013. Histoire critique de la notion de programme génétique, in Kupiec J.-J. (Ed.), *La vie, et alors? Débats passionnés d'hier et d'aujourd'hui*, Paris, Belin, 131-146.
- Heams T., 2014. Randomness in biology, *Mathematical Structures in Computer Science*, 24, 3, <https://doi.org/10.1017/S096012951200076X>.
- Heams T., 2019. *Infravies. Le vivant sans frontières*, Paris, Seuil.
- Heams T., 2023. The contrasting role of single-cell studies in the theoretical debate on determinism in molecular biology, *Organisms. Journal of Biological Sciences*, 6, 2, <https://doi.org/10.13133/2532-5876/18306>.
- Hornborg A., 2021. Objects don't have desires: toward an anthropology of technology beyond anthropomorphism, *American Anthropologist*, 123, 753-766, <https://doi.org/10.1111/aman.13628>.
- Jacob F., 1970. *La logique du vivant, une histoire de l'hérédité*, Paris, Gallimard.
- Jarrige F., 2023. *La ronde des bêtes. Le moteur animal et la fabrique de la modernité*, Paris, La Découverte.
- Jasanoff S., 2015. Future imperfect. Science, technology, and the imaginations of modernity, in Jasanoff S., Kim S.-H. (Eds), *Dreamscapes of modernity. Sociotechnical imaginaries and the fabrication of power*, Chicago, The University of Chicago Press, 1-33.
- Kay L.E., 2000. *Who wrote the book of life? A history of the genetic code*, Stanford, Stanford University Press.
- Kupiec J.-J., 2008. *L'origine des individus*, Paris, Fayard.
- Kupiec J.-J., Sonigo P., 2000. *Ni Dieu ni gène. Pour une autre théorie de l'hérédité*, Paris, Seuil.
- Lafontaine C., 2004. *L'empire cybernétique. Des machines à penser à la pensée machine*, Paris, Seuil.
- Lafontaine C., 2014. *Le Corps-marché. La marchandisation de la vie humaine à l'ère de la bioéconomie*, Paris, Seuil.
- Lafontaine C., 2021. *Bio-objets. Les nouvelles frontières du vivant*, Paris, Seuil.
- Lafontaine C., 2024. Les matériaux vivants, des objets comme les autres?, *Socio-Anthropologie*, 49, 9-16, <https://doi.org/10.4000/11yy7>.
- Lambert G., 2003. *La légende des gènes. Anatomie d'un mythe moderne*, Paris, Dunod.
- Landecker H., 2016. Antibiotic resistance and the biology of history, *Body & Society*, 24, 4, 19-52, <https://doi.org/10.1177/1357034X14561341>.
- Landecker H., 2024. Life as aftermath: social theory for an age of anthropogenic biology, *Science, Technology & Human Value*, <https://doi.org/10.1177/01622439241233946>.
- Latour B., 1991. *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*, Paris, La Découverte.
- Latour B., 2007. *Changer la société. Refaire la sociologie*, Paris, La Découverte.
- Latour B., 2015. *Face à Gaïa. Huit conférences sur le nouveau régime climatique*, Paris, La Découverte.
- Malm A., 2023. *Avis de tempête. Nature et culture dans un monde qui se réchauffe*, Paris, La Fabrique. Trad. de: *The progress of this storm. Nature and society in a warming world*, Londres/ New York, Verso Books, 2018.
- Morange M., 1994. *Histoire de la biologie moléculaire*, Paris, La Découverte.
- Morizot B., 2020. *Raviver les braises du vivant. Un front commun*, Arles/Marseille, Actes Sud/Wildproject.
- Mossio M. (Ed.), 2024. *Organization in biology*, Cham, Springer.
- Nicholson D.J., 2013. Organisms ≠ Machines, *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44, 4, Part B, 669-678, <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2013.05.014>.
- Nicholson D.J., Dupré J. (Eds), 2018. *Everything flows: towards a processual philosophy of biology*, Oxford, Oxford University Press.
- O'Malley M.A., 2017. From endosymbiosis to holobionts: Evaluating a conceptual legacy. *Journal of Theoretical Biology*, 434, 34-41, <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.03.008>.
- Pàldi A., 2018. *L'épigénétique ou la nouvelle ère de l'hérédité*, Paris, Le Pommier.
- Patterson C., 2008. *Un éternel Treblinka*, Paris, Calmann-Lévy. Trad. de: *Eternal Treblinka: our treatment of animals and the holocaust*, Woodstock, Lantern Publishing & Media.
- Pauly P.J., 1990 [1^{re} éd. 1987]. *Controlling life. Jacques Loeb and the engineering ideal in biology*, Oxford, Oxford University Press.
- Pievani T., 2022. *Imperfection. A natural history*, Cambridge, The MIT Press.
- Porcher J., 2019. *Cause animale, cause du capital*, Bordeaux, Le Bord de l'eau.
- Rabinbach A., 2004. *Le moteur humain : l'énergie, la fatigue et les origines de la modernité*, Paris, La Fabrique. Trad. de: *The human motor: energy, fatigue and the origins of modernity*, New York, Basic Books, 1990.
- Richie C., 2024. *Environmental ethics and medical reproduction*, Oxford, Oxford University Press.
- Riskin J., 2016. *The restless clock: a history of the centuries-long argument over what makes living things tick*, Chicago, The University of Chicago Press.
- Sanson A., 1888. *Traité de zootechnie. Tome 1*, Paris, Librairie agricole de la Maison rustique.

- Tillman R., 2015. Toward a new materialism: matter as dynamic, *Minding Nature*, 8, 1, 30-35.
- Tordjman H., 2021. *La croissance verte contre la nature. Critique de l'économie marchande*, Paris, La Découverte.
- Truong N., 2023. *Les penseurs du vivant*, Arles, Actes Sud.
- Tsing A.L., 2017. *Le champignon de la fin du monde. Sur la possibilité de vivre dans les ruines du capitalisme*, Paris, La Découverte. Trad. de : *The mushroom at the end of the world. On the possibility of life in capitalist ruins*, Princeton, Princeton University Press, 2015.
- Wiener N., 1954. *Cybernétique et société. L'usage humain des êtres humains*, Paris, UGE.
- Weill N., 2024. Les mondes possibles de Philippe Descola, *Le Monde*, 24 novembre, https://www.lemonde.fr/livres/article/2024/11/24/les-mondes-possibles-de-philippe-descola_6411472_3260.html.
- Wake M.H., 2008. Integrative biology: science for the 21st century, *BioScience*, 58, 4, 349-353, <https://doi.org/10.1641/B580410>.
- Yusoff K., 2017. Politics of the Anthropocene: formation of the commons as a geologic process, *Antipode*, 50, 1, 255-276, <https://doi.org/10.1111/anti.12334>.

Citation de l'article : Heams T., Lafontaine C., 2026. Par-delà les non-humains : le vivant-machine, face cachée de l'Anthropocène. *Nat. Sci. Soc.*, <https://doi.org/10.1051/nss/2026019>