



HAL
open science

Le grand vertige

Emmanuel Grimaud, Julien Wacquez, José Halloy

► **To cite this version:**

Emmanuel Grimaud, Julien Wacquez, José Halloy. Le grand vertige: Entretien avec José Halloy. Terrain: revue d'ethnologie de l'Europe, 2023, Futurofolies, 79, pp.214-227. 10.4000/terrain.25684. hal-04364583

HAL Id: hal-04364583

<https://hal.science/hal-04364583>

Submitted on 5 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



LE GRAND VERTIGE

ENTRETIEN AVEC JOSÉ HALLOY

PROPOS RECUEILLIS ET ENTRETIEN MIS EN FORME PAR
EMMANUEL GRIMAUD & JULIEN WACQUEZ

José Halloy est physicien et cofondateur du LIED en 2013. Depuis 2011, il développe une recherche interdisciplinaire, incluant les sciences sociales, sur la soutenabilité traitant du couplage entre les matériaux et la production d'énergie dans un cadre « système Terre ».

Le futur est-il écrit à l'avance ? La vie est-elle un accident ou une nécessité de l'univers ? La Terre respire-t-elle vraiment ? Le physicien José Halloy revient sur son parcours intellectuel et sur son travail interdisciplinaire — à la croisée des sciences humaines et sociales, des sciences dites de la « nature », de la prospective et de la littérature de science-fiction — pour nous aider à mieux comprendre les enjeux de l'Anthropocène. Il ne nous propose rien de moins que le plus grand des vertiges, en nous faisant voyager de la femtoseconde au milliard d'années, de la mitochondrie à la planète tout entière.

E. G. : Est-ce que tu pourrais nous présenter ton parcours de physicien, la façon dont tu en es venu à t'intéresser aux questions énergétiques et planétaires, et au lien qui existe entre ton travail actuel et la pensée d'Ilya Prigogine, qui semble avoir une importance particulière pour toi ?

J'ai fait mes études à l'université de Bruxelles, au Service de Chimie Physique II (je n'ai jamais compris pourquoi « II »). C'était le laboratoire où Ilya Prigogine a travaillé. Quand j'y étais, lui n'y était déjà plus, il était dans les bureaux en face, ceux des Instituts Solvay. Il y avait ses élèves comme Grégoire Nicolis, et René Lefever (qui a participé au développement du modèle du Brusselator). C'était un laboratoire à l'image de Prigogine : assez extraordinaire ! Il y avait un

mélange complètement improbable de physiciens, de chimistes plutôt théoriciens, de biologistes... On y trouvait un économiste et un anthropologue qui traînaient par là. Et puis il y avait moi. Je me suis rendu compte *a posteriori* que je n'ai jamais vraiment été disciplinaire, monodisciplinaire. Parce que j'ai été formé dans un laboratoire où les questions de physique, de chimie et de biologie se rencontraient et se mélangeaient avec la philosophie et les sciences sociales. C'était la volonté de Prigogine de faire ça.

Un de ses articles célèbres est celui de 1967 : « Structure, Dissipation and Life ». Pour comprendre l'importance de son travail, il faut le replacer dans son contexte. Dans la physique classique, la question du temps ne se pose pas vraiment, parce que les équations fondamentales avec lesquelles on travaille sont réversibles. Et dans la physique relativiste, alors là le temps n'existe pas ! On parle de l'univers bloc : le passé, le présent et le futur ne sont que des coordonnées dans l'univers : il suffit de se déplacer au sein de ces coordonnées et soudain le futur est passé, le passé est présent, etc. Donc, avec l'univers bloc, tout est déjà là, tout est déjà donné à l'avance, le temps n'est qu'une illusion.

Ce que disait Prigogine, au contraire, c'est que tout a une histoire – et même les processus physiques. Il se passe des choses. Et ces choses sont irréversibles : une fois que des changements sont survenus, une fois qu'ils ont eu lieu, on ne peut pas revenir en arrière, c'est impossible. Ça veut dire qu'il y a une flèche du temps.

Alors aujourd'hui, ça peut paraître trivial de dire que l'univers a une histoire, que le Soleil et la Terre ont une histoire, mais ce n'était pas quelque chose de donné, à la base, de pouvoir considérer les objets de la physique et de l'astrophysique comme ayant une histoire, comme pouvant faire l'objet d'une enquête historique. C'est aussi ça qu'on retrouve quelque part dans le travail que Prigogine a fait avec la philosophe Isabelle Stengers, dans leur livre sur *La Nouvelle Alliance* : c'est la réconciliation entre les systèmes vivants, l'humanité et les systèmes physiques, puisque les uns et les autres ont une histoire, qu'ils partagent la même histoire.

J. W. : Ilya Prigogine et Isabelle Stengers soutiennent l'idée qu'il y a une flèche du temps irréversible. Mais ce ne serait pas, en quelque sorte, une vision déterministe ? Est-ce que, selon ce point de vue, on ne se dirigerait pas, inéluctablement, vers quelque chose de déterminé à l'avance ? En tout cas, on peut avoir l'impression que l'idée de flèche du temps implique une sorte de déterminisme, alors que tu sembles dire le contraire, que pour eux, ce qui compte, c'est la contingence.

Si on prend les équations de la mécanique classique, la mécanique céleste, elles sont parfaitement déterministes et elles sont parfaitement réversibles. C'est-à-dire que si on change « t » par « - t », si on change la flèche du temps, donc, en réalité ça ne change rien du tout ! C'est l'image des boules de billard : si on vous montre le film de la collision entre deux boules de billard, vous ne pouvez pas dire si le film est lu à l'endroit ou à l'envers. Une collision avec trois boules, ça dépend des

configurations. Et plus de trois boules, alors là, ça devient plus évident. Ça veut dire qu'à partir de trois corps (par exemple, le Soleil, la Terre et une autre planète), la mécanique classique devient très particulière (c'est vieux ce que je dis là : c'est du Henri Poincaré). Quand on généralise à n-corps, l'instabilité se propage et le système devient irréversible, c'est-à-dire qu'on ne retrouve pas la condition initiale. Rappelez-vous de la célèbre citation de Pierre-Simon de Laplace : de mémoire, il dit quelque chose comme « Si on me donne la condition initiale, je peux prédire le futur et le passé de l'univers dans son ensemble ». Et Henri Poincaré, lui, montre qu'en réalité ce n'est pas aussi simple que ça. Et ce qui était important pour Prigogine c'était d'insister sur cette irréversibilité. Pour lui, il y a bien une histoire que nous, en tant qu'êtres vivants, sommes capables d'observer tous les jours (on naît, on vieillit, on meurt). Et la physique ne peut pas entrer en contradiction avec cette perception humaine du monde. Puisque nous percevons une flèche du temps, alors la physique ne peut pas dire qu'il s'agit d'une illusion. Parce que nous faisons partie de l'univers, on ne peut pas être en porte-à-faux avec la physique. Si notre expérience entre en contradiction avec la physique, alors c'est la physique qui a tort. Il essaie donc de penser son travail scientifique avec les outils du philosophe. C'était un grand lecteur de Bergson, notamment sur cette question du temps. Il était fasciné par son texte sur *L'Évolution créatrice*.

Ce que je veux dire par là, c'est que ces questions de temps, de structure et de vie (du vivant), je les ai rencontrées très tôt dans mon parcours. Je suis resté dans ce laboratoire jusqu'au début des années 2000, à la mort de Prigogine et avec le départ d'autres chercheurs à la retraite. J'ai finalement rejoint l'équipe dans laquelle je suis aujourd'hui, lors de la création du Laboratoire Interdisciplinaire des Énergies de Demain, en 2011, à l'Université Paris Cité. À cette époque, pourtant, je ne connaissais rien à l'écologie et à la transition énergétique. Mais tout ce que j'avais fait précédemment informait ces problèmes-là. Il y a une véritable affinité entre les positions de Prigogine que je viens de vous décrire et les enjeux écologiques. Ce sont des problèmes liés à la vie, au vivant. Qu'est-ce que c'est que le vivant ? C'est quelque chose de physique, de physico-chimique. Ce sont également des problèmes de temps : après tout, ce qui est en jeu c'est notre capacité à mettre en place un avenir soutenable. C'est irréversible. Il faut revenir aux structures, des structures dissipatives, au fonctionnement de la Terre, au climat, aux phénomènes de non-équilibre. Pourquoi y a-t-il des structures sur Terre ? Parce que c'est un système hors d'équilibre. Il y a un flux d'énergie qui traverse la Terre (un flux de matière aussi, bien que ce soit plus marginal) et donc il y a structuration et dissipation, selon les termes de Prigogine.

Je me suis rendu compte que tous ces concepts m'étaient très utiles pour penser les questions de soutenabilité. J'ai donc pris un recul considérable par rapport aux questions technico-pratiques. Par exemple, par rapport à un Jean-Marc Jancovici, qui lui situe son travail dans le technique « ici et maintenant », moi je suis presque dans l'astrophysique du problème. Je m'intéresse aux questions de l'origine de la vie, de définition du vivant, de structure en équilibre. Pourquoi y a-t-il une histoire ? Est-ce que l'avenir est donné ou pas ? Selon Prigogine, l'avenir n'est pas donné

justement. Ce n'est pas une vision du temps qui est déterministe. Il faut voir l'un de ses livres les plus célèbres, *La fin des certitudes* (1996). La fin des certitudes c'est parce qu'en partant de l'idée du chaos déterministe et de l'irréversibilité (et donc de la flèche du temps), de nouvelles structures apparaissent. Mais ces nouvelles structures apparaissent toujours avec une part d'aléatoire. Donc l'avenir n'est pas donné. C'est quelque chose qui émerge au fur et à mesure des contingences. Et il n'est absolument pas inscrit de manière déterministe dans les équations de la physique. Au contraire, l'indéterminisme et la créativité – au sens de Bergson – devraient être inscrits dans la physique telle que Prigogine la conçoit.

Et l'autre question qui m'intéresse, c'est celle de l'origine de la vie. Prigogine disait que la physique avait vocation à expliquer le vivant. Évidemment, il y a une manière réductionniste de dire une telle chose. Au fond, tout serait physique et donc ce serait la physique qui expliquerait tout : la vie et l'univers. Ce qui n'est pas vrai ! Ce n'est pas ça que disait Prigogine. En s'intéressant aux phénomènes d'auto-organisation, d'émergence et des structures dissipatives, on se place du côté d'une physique de la matière condensée plutôt que du côté de la physique fondamentale des particules élémentaires.

Alors, bien sûr, quand j'étais étudiant que je disais à mes professeurs que je voulais travailler sur la question de l'origine de la vie, on me répondait toujours : « mais enfin monsieur Halloy, c'est un sujet quand on est prix Nobel et retraité ». C'était effectivement un sujet casse-gueule que l'on ne pouvait pas se permettre. Et puis, avec la découverte des premières exoplanètes dans les années 1990, cette question est devenue absolument centrale.

Et c'est tout ce contexte-là qui fait que je ne réponds pas aux questions de transition énergétique de la même manière que les physiciens et les ingénieurs. Je ne me suis pas plongé dans la technicité du nucléaire, ou l'éolien, ou que sais-je. Je ne me suis pas plongé que dans les histoires de carburant, de matériaux, etc. J'ai le réflexe inverse, plutôt que d'aller dans les détails techniques, de reculer pour regarder tout ça du point de vue de la physico-chimie d'une planète vivante au sein du système solaire. On développe donc au labo une vision de la soutenabilité du point de vue des sciences naturelles qui n'est pas techniciste et réductionniste. On n'a pas une vision réductionniste des systèmes physico-chimiques et du vivant en particulier.

E. G. : Ce qui est très intéressant dans ce parcours que tu viens de nous tracer, c'est ce mouvement qui va vers le futur (celui des sociétés soutenables), mais aussi vers le passé (celui de l'origine de la vie). Ce grand écart produit une sorte de vertige et l'idée qu'on essaie de développer avec Julien, c'est qu'on a besoin de ce vertige – on a même besoin d'une vertigologie – pour faire un diagnostic intéressant sur ce qui se passe maintenant.

Tout à fait ! Il y a les vertiges aux échelles spatiales et d'autres aux échelles temporelles. Et ce qui est fascinant avec le vivant, c'est que si l'on regarde la physico-chimie dans une mitochondrie ou dans un chloroplaste, au sein d'une cellule eucaryote – donc je suis dans une organelle, je

suis subcellulaire – qu'est-ce que l'on constate ? Les mitochondries font de la respiration et les chloroplastes font de la photosynthèse. Quand je dis ça, je suis à l'échelle nanométrique des réactions chimiques (on peut descendre plus bas si on a envie). Ce phénomène de respiration et de photosynthèse qui se joue à l'échelle chimique, donc à l'échelle nanométrique, est en phase avec les cycles biogéochimiques à l'échelle planétaire. Est-ce que vous avez déjà vu la planète respirer ? Il suffit de regarder les vidéos faites par des satellites Copernicus ou NASA ; celles qui montrent la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère ou l'activité de photosynthèse en temps réel : en les accélérant, on voit la planète respirer. Il se passe exactement la même chose pour la planète, pour nous en tant qu'individu et pour nos cellules (les mitochondries), dès lors que l'on inspire de l'oxygène et que l'on rejette du CO₂. La planète inspire et expire et, même si ça en a l'air, on ne peut pas dire qu'il s'agit d'une métaphore *per se* ! Et si vous êtes une plante, vous êtes capable à la fois de respirer et de faire de la photosynthèse. Je fabrique et je défabrique des molécules à cette échelle nanométrique et c'est ce que l'on retrouve à l'échelle planétaire. Et ça c'est hallucinant ! Nos processus physiologiques élémentaires (et, je l'admets, je simplifie à l'extrême ici) relie l'échelle nanométrique et les cycles biogéochimiques de la planète.

Il y a une sorte de continuum vertigineux entre l'infiniment petit et l'infiniment grand. Ce que l'on a l'habitude de faire, c'est de découper tout ça de manière arbitraire : il y a une planète, dans la planète on se dit qu'il y a des « organismes ». L'échelle des organismes est intéressante, mais elle est aussi arbitraire parce qu'au fond, un organisme n'est jamais tout seul, on ne peut pas le séparer d'autres organismes et de ce qui l'entoure. La notion d'individu est un problème. La notion d'espèce est un problème. Toutes ces notions sont des découpages arbitraires, mais qui font quand même sens. Ni le niveau cellulaire n'explique le vivant ni le niveau organisme ne l'explique. Mais pris ensemble, ces niveaux nous renseignent déjà mieux sur le vivant. En bout de course, on se retrouve à l'échelle planétaire.

Donc moi j'ai une vision plutôt systémique. C'est la planète qui est vivante. Je ne suis pas le seul qui dit ça, évidemment, il y a des gens en astrophysique qui le disent aussi. C'est la planète qui est vivante, parce que ce n'est pas possible de découper le truc pour faire fonctionner les vivants indépendamment. C'est l'erreur des biologistes. C'est pour ça que les biologistes avaient tort par rapport à James Lovelock. Ce dernier a fait la bêtise d'utiliser le mot « organisme. » Il a dit « La Terre est un organisme ». Et tous les darwinistes lui sont tombés dessus : ce n'est pas possible que la Terre soit un organisme, elle n'est pas soumise à un processus de sélection naturelle, etc. ». Mais si on regarde la physico-chimie, on se rend bien compte que toutes ces notions, tous ces découpages sont toujours plus ou moins arbitraires. Est-ce que le virus fait partie du vivant ? Selon des biologistes, non. De mon point de vue, oui, parce qu'ils participent de la même physico-chimie du vivant. Mais est-ce que le caillou fait partie du vivant ? On peut en discuter. Toujours est-il que, sans caillou, il n'y aurait pas de vivants non plus sur Terre. Pour comparer, il faudrait que l'on puisse étudier une planète océan, sans caillou, mais avec de la vie. À quoi ça pourrait bien ressembler ?

Donc voilà. On a du mal à dissocier ces choses-là et on est obligé de faire des allers-retours constants de l'échelle nanométrique à l'échelle planétaire. Et là je ne parlais que d'échelles spatiales ! Mais c'est pareil pour les échelles temporelles : la chimie qui a lieu dans les chloroplastes et les mitochondries, elle est de l'ordre de la microseconde voire de la femtoseconde (si on veut aller jusqu'au niveau des transferts d'électrons – et c'est important pour la photosynthèse). De la microseconde, ou la milliseconde si c'est un processus physiologique intracellulaire, jusqu'aux millions ou milliards d'années des processus biogéochimiques de la Terre. Il y a une sorte de lien entre les deux. Parce qu'il y a ce système à la milliseconde, il y a ce système sur l'année, et sur le milliard d'années. La photosynthèse, par exemple, c'est trois milliards d'années qui transforment la planète ! Et c'est seulement quand on pense de manière transversale comme ça que l'on a le recul nécessaire pour prendre au sérieux les questions de soutenabilité.

C'est peut-être ça qui fait que mon discours peut sembler atypique. Tout mon travail vise à comprendre comment l'humanité s'est embarquée dans cette voie de garage qui pourrait la mener à l'extinction. Actuellement, je réponds que c'est une question de métabolisme. Le métabolisme humain, c'est le métabolisme terrestre et le métabolisme du vivant. Or, le métabolisme de la technosphère que nous fabriquons et dont nous nous entourons, je vois bien que ce n'est pas du tout la même chose. Ce sont des métabolismes fondamentalement différents. Et pourtant, parce que la technosphère est elle-même comprise dans le métabolisme de la Terre, parce qu'elle y est irrémédiablement intriquée, connectée, elle l'influence et le perturbe. Le métabolisme de la technosphère crée de nouveaux états (le réchauffement climatique, la perte de biodiversité, etc.) et ces nouveaux états nous sont défavorables. Ils ne sont pas défavorables au vivant en général à mon avis, mais ils sont défavorables à l'humanité. Donc, si vous voulez, ça peut paraître surprenant, mais je tiens un discours qui est anthropocentré. Ce qui m'intéresse c'est la soutenabilité des sociétés humaines. Je pense que la planète n'a pas besoin de nous. Et le vivant non plus. L'essentiel du vivant sur Terre est microbien et aujourd'hui le microbien se porte très bien.

Quand on regarde l'histoire du vivant sur Terre, on pourrait presque se mettre à croire en Dieu tellement d'événements improbables ont eu lieu ! C'est comme si on avait gagné un milliard de fois à la loterie ! L'apparition des cellules eucaryotes ? Improbable ! Et s'il n'y a pas de cellules eucaryotes, il n'y a pas d'organismes multicellulaires, etc. Après il y a deux visions qui se confrontent : celle de Prigogine et celle de Christian de Duve dans son livre *Construire une cellule* (1990). Christian de Duve vient de l'université catholique de Louvain et Prigogine de l'université Libre de Bruxelles. Une vision catholique et une vision athée, anticléricale. On a déjà vu Prigogine : pour lui il est évident que l'univers produise la vie, à travers le temps, des structures dissipatives, etc., tandis que de Duve a un discours un peu différent, il a une vision téléologique du vivant. Pour lui, l'univers est gros de la vie.

Mais les deux auteurs considéraient, bien que pour des raisons différentes, que le vivant était quelque chose d'inéluctable. Il faut bien comprendre à quel point leur perspective à tous

les deux est originale, à parler d'énergie, de structures dissipatives, de métabolisme, dans un contexte où la vision qui domine, c'est le paradigme de l'information, c'est-à-dire le monde ARN, la génétique. Et donc moi je fais partie de cette école qui pense métabolisme d'abord et transfert de l'information après. Et le métabolisme technique actuel c'est celui qu'on a depuis la révolution industrielle, c'est celui des combustibles fossiles. C'est quoi ces combustibles fossiles ? C'est du soleil qui a été stocké pendant des millions d'années. C'est utile parce que c'est du flux solaire, mais sous forme beaucoup plus condensée. Et ce métabolisme, celui de la technosphère, n'est pas durable. Il ne peut pas durer puisque tout son fonctionnement repose sur un stock. Et le stock, une fois qu'il sera épuisé, fera disparaître ce métabolisme. Donc ça ne marchera qu'un temps. Je ne sais pas exactement combien : peut-être pour un total de trois ou quatre siècles. Et après ça, ça disparaîtra et on sera cuit.

J. W. : Ce que je trouve fascinant dans ce panorama que tu nous proposes, c'est cette idée qu'en physique, ce qui divise, ce qui produit du désaccord, c'est la conception que l'on se fait de l'histoire et du temps. Affirmer que tel phénomène physique a une histoire, c'est déjà une position particulière dans le champ de la physique. Et je me demande dans quelle mesure, pour toi et pour les physiciens dont tu nous parles, qui t'ont inspiré, le futur est quelque chose de prédictible. Si le temps est irréversible, si ce sont les contingences qui font le temps, alors dans quelle mesure la physique et notamment celle que tu pratiques peut-elle prédire l'avenir ?

Oui, il y a des choses qui sont prédictibles. Si l'on ne pouvait plus rien prédire, il ne serait plus possible de faire de la science. Mais si tout était prévisible, il n'y aurait plus de sens à faire de la physique non plus. On est toujours à la recherche de régularités. Mais il y a un horizon de prédictibilité. Ce n'est pas parce qu'il y a des régularités que le futur est donné.

E. G. : Est-ce que là on ne reviendrait pas sur quelque chose comme la théorie de la singularité ? La singularité technologique c'est ce moment où l'on atteint une sorte d'horizon de prédictibilité au-delà duquel on n'est plus capable de prédire et même de comprendre quoi que ce soit. Et peut-être qu'il y a quelque chose de vrai là-dedans au sens où, pour tous les gens qui cherchent à penser le futur, il y a toujours un seuil, une limite au-delà de laquelle on ne peut pas se projeter, au-delà de laquelle il n'y a plus que de l'irreprésentable et on ne peut pas, on ne pourra pas aller plus loin. Cette idée d'horizon c'est en quelque sorte un aveu relativement partagé parmi ces gens-là, celui d'une incapacité à imaginer ce que pourrait être... la transformation d'une structure dissipative vers une autre structure par exemple ?

N'oublions pas que, en mécanique classique, pour comprendre le mouvement des astres dans le système solaire, jusqu'au XIX^e siècle, la prédictibilité était supposée totale. Je vous rappelle la phrase de Laplace : « Donnez-moi les conditions initiales et je peux prédire le passé et le futur dans son ensemble ». C'était quelque chose d'admis jusqu'à, disons, Poincaré. Évidemment, il y

a une impossibilité matérielle de connaître les conditions initiales et qui empêche effectivement de prédire le passé et le futur, mais disons qu'en théorie, philosophiquement, c'était admis par les physiciens. Aujourd'hui, on peut se référer à l'excellent travail de quelqu'un comme Jacques Laskar : il montre qu'on arrive, par le calcul, à un horizon de prédictibilité des mouvements dans le système solaire. Ça ne veut pas dire que le système solaire disparaît, seulement qu'au-delà de cet horizon, on ne sait pas ce qui va se passer. C'est important parce que le système solaire c'est en quelque sorte notre horloge primordiale. Toute notre horlogerie est basée sur l'astrophysique : la position des étoiles, les cycles de la lune, les cycles jour/nuit, les saisons sur Terre, etc., tout ça, ce sont des régularités astronomiques. C'est l'horloge essentielle. Et, en fait, tout ça a un horizon de prédictibilité : à un moment, l'horloge peut se dérégler. Peut-être qu'une planète se mettra à jouer au billard dans le système solaire et on sera foutu. Ça peut statistiquement arriver à n'importe quel moment, bien entendu, mais disons qu'il y a un horizon au-delà duquel on n'est plus capable de le prédire. Mais c'est vrai qu'en ce qui me concerne, dans mon travail, je ne cherche pas tant à prédire ce qui va se passer, qu'à faire ce qu'Isaac Asimov appelle de la « psychohistoire ». C'est une idée de physique statistique en réalité : il s'agit de faire de l'histoire globale plutôt que de la microhistoire. De voir les grandes tendances. Et en tendance, on essaie de remplacer un métabolisme basé sur l'organique et la photosynthèse, qui est durable puisqu'il se maintient depuis 3 milliards d'années, par un métabolisme fondé sur une tout autre physico-chimie, qui est sec, minéral, inorganique, qui n'a pas montré sa durabilité (tout simplement parce qu'il ne l'est pas) : c'est la technosphère. Et ces deux métabolismes ne sont pas compatibles l'un avec l'autre.

Ce qui m'intéresse, ce sont les principes de fonctionnement qui font que quelque chose dure des milliards d'années. On ne peut pas faire de prédiction au sens strict, mais on peut mettre en place de bonnes régularités. Ces régularités donneront des possibles et parmi ceux-ci, des possibles souhaitables. Mais il y a aussi des possibles non souhaitables. La technologie, dans la forme qu'elle a actuellement, donne des possibles non souhaitables. Il va faire plus chaud que la normale pendant tout le mois de juin, et plus chaud encore pendant tout le mois de juillet et d'août, alors c'est sympa... mais pas trop ! Les agriculteurs vont pleurer et nous aussi. Mon but, c'est que l'humanité garde une maîtrise de son destin.

Il y a des gens qui nous disent : il n'y a jamais eu de transition énergétique et il n'y en aura jamais. Je leur réponds : au contraire, il y en aura une de toute façon, qu'on le veuille ou non, lorsque les combustibles fossiles seront épuisés, que la technosphère ne pourra plus être maintenue, que le réchauffement climatique sera en train de nous cuire...

Les physiciens passent leur temps à se demander si le proton a une durée de vie et, si oui, quelle est sa durée de vie ? Ils se demandent si les particules élémentaires sont immortelles ou pas. Et la réponse est non, en général. Donc si elles meurent, c'est qu'elles peuvent apparaître et disparaître. Les atomes sont apparus. On peut faire la généalogie de chaque atome. Il y a ceux qui sont produits par le Big Bang. Il y a ceux qui sont produits par les étoiles de tel type. Donc la

nucléogénèse est fascinante parce que c'est l'univers, la fabrique des atomes. C'était la célèbre expression d'Hubert Reeves qui parlait de « poussière d'étoiles » : effectivement, l'essentiel de nos atomes a été fabriqué dans des étoiles qui sont mortes. Et c'est en mourant qu'elles ont fabriqué les atomes qui nous composent.

J. W. : J'aimerais revenir encore une fois, c'est une obsession aujourd'hui, sur cette question de l'histoire et de la physique. Parce que l'une des conséquences de ce que tu dis, auxquelles je n'ai pas pensé au départ, c'est que si on considère que la physique (en tant que réalité, en tant que phénomène) a une histoire, alors la science qui étudie ces phénomènes est une science historique. Et dans ce cas-là, c'est aussi une science de l'interprétation. Ce n'est pas tant une manière de réduire la « scientificité » de la physique qu'une manière de penser l'articulation entre les disciplines.

Oui, en fait, ce que j'essaie d'expliquer, c'est que, si on veut définir l'anthropocène, on pourrait dire que c'est le moment à partir duquel il faut prendre en compte la physique. C'est le moment où elle devient incontournable. Je parle évidemment du point de vue du physicien. Et en tant que physicien, il devient indispensable pour moi de prendre en compte les sciences humaines et sociales. Pourquoi la notion de planétarité s'impose de plus en plus comme discours, y compris dans les sciences humaines et sociales ? C'est parce qu'on ne peut plus faire semblant qu'il n'y a pas des processus physico-chimiques qui se jouent à l'échelle du vivant et de la planète. Le réchauffement climatique, ce sont des processus physico-chimiques. Cette insistance sur cette dimension physico-chimique du problème ne doit pas être vue comme une forme de réductionnisme. La question à laquelle on essaie de répondre, c'est de prendre en compte la physico-chimie de la planète pour faire en sorte que l'humanité perdure. Parce que la question se pose : ce n'est pas du tout sûr que l'humanité perdure ne serait-ce que de quelques siècles. La physico-chimie de la planète s'impose à nous et elle ne garantit pas l'existence de l'humanité d'ici le 23^e siècle. Ça dépendra du réchauffement climatique car on se cuisinera nous-mêmes ! Ce que je dis à mes étudiants c'est qu'en réalité, c'est une excellente nouvelle que le réchauffement climatique soit d'origine anthropique. Généralement, ils restent perplexes. Mais si ce réchauffement était dû à une activité solaire inattendue – un argument parfois utilisé par les climatosceptiques – et qu'on n'arrive pas à l'expliquer, qu'il y a quelque chose qui nous a échappé dans la physique du soleil, alors là, on est foutu ! Mais savoir que le réchauffement est bien d'origine humaine, c'est presque rassurant : normalement, on est censé avoir des bras de levier là-dessus, on peut encore choisir notre destin ! Il vaut mieux que le réchauffement climatique soit d'origine humaine, car si c'est d'origine physique, on ne pourra tout simplement rien faire pour l'éviter. Donc il devient urgent de créer une vision transversale qui inclut les sciences naturelles, les sciences humaines et sociales, la futurologie et la prospective, et les faire travailler ensemble. C'est-à-dire que, d'une certaine manière, on doit revenir à la figure du savant des lumières capable de comprendre plusieurs domaines en

même temps. Mais qui peut se permettre ça aujourd'hui, avec la spécialisation extrême de nos disciplines ? C'est complètement fou !

E. G. : C'est un peu ce que tu fais à ton échelle. Ce qui est intéressant dans ce que tu racontes, c'est que tu nous donnes des techniques de raisonnement. Tu nous montres comment on peut mettre en pratique de tels raisonnements interdisciplinaires qui mêlent les échelles.

Disons qu'on est obligé de constituer des équipes, car on ne peut pas gérer ça et emmagasiner ça tout seul. Ce n'est pas à la portée d'une seule personne, mais le problème c'est qu'on a une histoire et qu'on est inscrit sur une trajectoire. Et cette trajectoire rend les choses compliquées. Où va-t-on ? Vers une planète qui héberge 8 à 9 milliards d'êtres humains (probablement pas plus, car beaucoup vont mourir avec le réchauffement climatique). Il faut comprendre qu'avec une telle population, on ne peut plus penser comme on pensait au 18^e et au 19^e siècle, au Moyen-Âge ou à l'antiquité. On ne peut plus rien penser de la même manière ! C'est la première fois dans l'histoire de l'humanité où, quand on a des problèmes là où on se trouve, on ne peut plus déménager et aller ailleurs, parce que tous les écosystèmes sont déjà habités, exploités et subissent déjà des pressions à cause des activités humaines. Quand on pense à nourrir la population, il faut penser à nourrir une population de 8 milliards d'individus. On ne peut pas prendre une page blanche et tout recommencer. Je ne vois pas très bien comment répondre à l'ampleur des problèmes actuels avec les savoirs traditionnels. Les technologies qui nous entourent, qui nous tuent – et qui tueront de plus en plus à l'avenir – ont quand même permis l'émergence de sociétés humaines à 8 milliards d'individus. Donc ce n'est plus la même situation, la même question, les mêmes problèmes, quand on est 50 millions d'humains sur la planète et quand on est 8 milliards. On se retrouve coincé avec une humanité gigantesque. Du jamais vu ! Et c'est apparu très vite. Et on doit apprendre à le prendre en compte. Mais qu'est-ce que ça veut dire ?

J. W. : On peut peut-être reprendre une référence que tu as mentionnée précédemment pour répondre à ça. On a besoin d'une forme de connaissance qui se nourrit de toutes les formes de connaissances existantes (les différentes disciplines), mais qui en même temps s'adapte à l'échelle des phénomènes actuels, c'est-à-dire l'échelle planétaire. Et ça tombe bien : il se trouve que la psychohistoire d'Isaac Asimov est une science qui est capable de travailler à l'échelle de la planète ! Est-ce qu'on ne pourrait pas dire que ce que tu cherches à faire, ce que tu fais déjà, c'est de mettre en place une forme de psychohistoire ?

Oui c'est une excellente idée ! La psychohistoire, c'est en fait un fantasme de scientifique. Ce qui est intéressant, c'est qu'Isaac Asimov n'imagine pas une science du contrôle absolu, c'est plutôt une science des grandes tendances et de pouvoir légèrement infléchir ces tendances pour faire en sorte que la civilisation humaine puisse perdurer le plus longtemps possible et ne pas retomber dans la barbarie. Et le reproche que l'on pourrait faire à Asimov – et à moi aussi d'ailleurs – c'est

qu'on est, finalement, anthropocentrique. Ce qui m'inquiète, ce n'est pas tant l'avenir de la planète que celui des sociétés humaines, des 8 milliards d'individus que nous sommes. Ce n'est pas une posture anthropocentrée au sens où je crois que l'être humain est au centre de tout. C'est plutôt une vision de « l'humain dilué ». Je le présente parfois de la manière suivante : il n'existe qu'une seule forme de vie sur Terre et les humains en font partie, mais ils ne sont pas les seuls à en faire partie. Et même : les humains n'en sont pas la partie fondamentale ! On pourrait éliminer toute l'humanité demain et la vie sur Terre s'en porterait très bien. En revanche, si on élimine une bonne partie de la vie sur Terre et qu'on ne laisse que les humains, ils ne pourront pas survivre.

E. G. : En parcourant les textes des grands futurologues américains, ce qu'on avait trouvé intéressant, ce n'est pas tant les scénarios qu'ils imaginent, que le fait que, dans cette grande explosion de la futurologie dans les années 1960, c'est qu'ils ont des modèles de temps infinis. C'est-à-dire qu'il est possible pour eux d'imaginer une infinité de scénarios afin de tomber précisément sur celui qu'ils veulent. Après dans le contenu des scénarios, ça reprend souvent des choses semblables, ça s'inspire de philosophies orientales, etc. Alors qu'en t'écoutant on voit qu'aujourd'hui on a complètement changé de régime : ce n'est plus du tout possible d'imaginer cette infinité-là, on ne peut plus parler du futur en ces termes-là, il y a des limites planétaires à l'imagination qu'on ne pourra pas dépasser.

Oui c'est vrai parce que l'on atteint des limites physiques planétaires, on ne peut plus faire n'importe quoi. Finalement, parmi les livres qui parlent le mieux de la manière dont la planète, sa matérialité et ses limites physiques s'imposent dans les discussions, même en sciences sociales, et peut-être bien mieux que ceux de Bruno Latour, c'est celui de Dipesh Chakrabarty (2023). Et bien sûr avec l'idée inverse que la société s'invite dans la physique.

E. G. : Et quelle est ta position exactement par rapport à Bruno Latour ?

Je n'ai pas bien compris comment il prend en compte la planète tout en insistant autant sur le local. Pour moi, il n'y a pas de local. La manière dont j'ai compris Bruno Latour c'est comme ça : « on est tous des terrestres, on vient tous de quelque part, et il faut être dans le local, réapprendre à être dans le local, et prendre en compte toutes les interdépendances de proche en proche à partir du local. Le global, c'est notre ennemi, c'est ce qui fait que l'on est hors-sol, parce qu'on ne peut pas avoir de prise dessus. On ne peut avoir de prises que sur le local. » Peut-être que j'ai mal compris. Peut-être aussi que je ne suis pas la cible des textes de Bruno Latour. Mais ce discours me paraît ambigu : ce que font les sciences naturelles, c'est précisément de nous donner une prise sur le globe, au sens positif d'une vision et d'une compréhension de ce qu'est la planète. Le fait est que, à partir du moment où une population qui se trouve à l'autre bout de la planète transforme le climat dans lequel toi tu vis, comment est-ce qu'on peut définir le local ? Par exemple : les sociétés qui vivent dans la forêt Amazonienne et qui n'ont absolument pas contribué au réchauffement

climatique, aujourd'hui on sait que les activités occidentales transforment leur climat et, même, ont déjà condamné leur habitat. Où est le local pour eux ?

C'est ma position sur le discours écologique qui nous dit qu'il faut « relocaliser » : mais qu'est-ce que ça veut dire de « relocaliser » ? On ne peut pas relocaliser le climat et on ne peut pas non plus relocaliser les ordinateurs avec lesquels on travaille. La relocalisation est une illusion. Le climat et les technologies que nous utilisons sont planétaires. Donc il faut pouvoir jongler entre ici et la planète, hier et dans trois siècles.

J. W. : Et du coup, toi, dans ton travail, en tant qu'enseignant-chercheur, comment ça marche exactement ? Comment fais-tu pour jongler à la fois de la femtoseconde au milliard d'années, du nanomètre à la planète, et de la physique et de la prospective aux sciences humaines et sociales ?

Il y a une partie de mon travail qui est super importante qui consiste à construire cette vision transversale et de la partager avec des collègues scientifiques. Parce qu'en fait, le problème qu'on a actuellement, c'est que mes collègues ne partagent pas cette vision transversale. Peut-être que les biologistes en sont plus proches, parce qu'eux sont dans les sciences du vivant et ils comprennent l'écologie. Mais, par exemple, l'angle mort des biologistes c'est l'énergétique. Ils connaissent mal l'énergétique du vivant. Ils ne voient pas le problème avec l'énergétique des sociétés humaines, ou pas de manière suffisamment claire. Donc, il y a un vrai travail qui consiste à prendre les sciences existantes, les savoirs existants, ou en train de se faire, et en donner une vision transversale et à la partager. Et puis, il y a une autre partie, plus pragmatique peut-être, c'est de faire des calculs sur les flux de matière et d'énergie, faire les calculs et faire des modèles, des scénarios, sur la manière dont on va coupler les mines d'extraction et le recyclage, pour déterminer par exemple combien de tonnes de cuivre il va nous falloir recycler par an, ce que ça veut dire très concrètement en termes d'infrastructure, etc. Mais, pour être tout à fait honnête, et en étant un peu optimiste, je dirais que 99% de ce que je fais est déjà dans les livres. Le problème, c'est que ce savoir est dispersé sur un très grand nombre de livres dans des champs variés et qui ne pas dialoguent entre eux et ne se lisent pas. Donc il faudrait qu'il y ait des gens qui fassent l'assemblage.

J. W. : Alors du coup, je pense qu'on pourrait comparer ton travail à une autre science imaginaire et qu'on retrouve dans la science-fiction, après la psychohistoire d'Isaac Asimov, ce serait le « nexialisme » chez Van Vogt. C'est la science qui consiste à faire en sorte que toutes les sciences se comprennent entre elles et que les informations se passent bien entre les unes et les autres.

Oui, c'est clairement un défi majeur ! Et il me semble que, si ce n'est pas un défi tout à fait nouveau, il est plus que jamais urgent de s'y mettre !

