



UNIL | Université de Lausanne
Faculté des géosciences et de l'environnement
Secrétariat du master en durabilité
bâtiment Géopolis
CH-1015 Lausanne

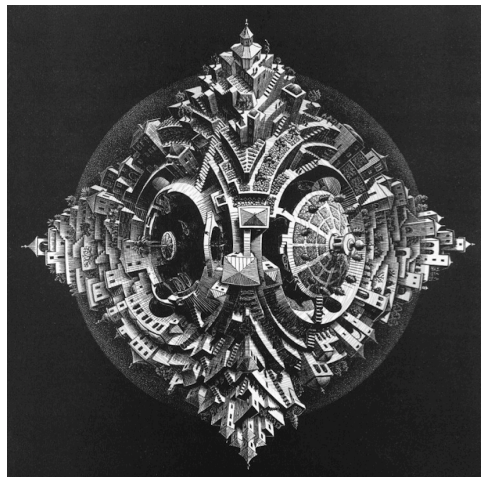
Master en fondements et pratiques de la durabilité

Entre finitude et infinitude : le paradoxe de l'ingénierie climatique.

Une réflexion anthropologique et éthique

Léon Hirt

Sous la direction du Prof. Christian Arnsperger
et du MER Dr. Gérald Hess



Edition

Institut de géographie et durabilité (IGD)
Université de Lausanne (UNIL)

Impression

Centre de reprographie, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Illustration de couverture

Escher, M.C. (2016), 'Planétoïde en tétraèdre', gravure sur bois de fil, deux planches, 43 x 43 cm
dans : Taschen (éd.), *M.C. Escher. L'œuvre graphique*. ISBN 978-3-8365-2971-6

Table des matières

REMERCIEMENTS	V
TITRE EN FRANÇAIS	VII
RESUME (VERSION FRANÇAISE)	VII
TITRE EN ANGLAIS (ENGLISH TITLE)	VIII
RESUME (VERSION ANGLAISE)	VIII
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES TABLEAUX	IX
ACRONYMES ET ABREVIATIONS	IX

INTRODUCTION	1
L'URGENCE CLIMATIQUE	1
IL VA FALLOIR RECOURIR A LA TECHNOLOGIE	2
PROBLEMATIQUE : LE PARADOXE DE LA FINITUDE ET DE L'INFINITUDE	3
APPROCHE: ANTHROPOLOGIE CRITIQUE ET ETHIQUE (CADRE THEORIQUE) ET METHODOLOGIE	6
STRUCTURE DU MEMOIRE	7

PREMIERE PARTIE. QU'ENTEND-ON, AU FOND, PAR GEO-INGENIERIE ? *UNE TENTATIVE D'ETAT DES LIEUX*

CHAPITRE 1 – HISTOIRE, DEFINITIONS ET ACTEURS	11
L'IDEE DE CONTROLE CLIMATIQUE : UNE HISTOIRE ANCIENNE	11
LA GEO-INGENIERIE, COMMENT LA DEFINIR ?	14
L'IMPORTANCE DE LA MANIERE DE PERCEVOIR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES QUI S'INTERESSE A LA GEO-INGENIERIE ?	17 19
CHAPITRE 2 – PROJETS ET CLASSIFICATION : LE BESOIN D'UNE NOUVELLE APPROCHE ?	25
LES PROJETS DE GEO-INGENIERIE	25
LES « EXPERIENCES REELLES » RECENSEES	35
QUID DE LA REDUCTION ET DE L'ADAPTATION ?	39
UNE DEFINITION QUI INTEGRE LA DIMENSION HUMAINE	43
ELEMENTS POUR UNE POTENTIELLE NOUVELLE CLASSIFICATION DES TECHNIQUES DE GEO-INGENIERIE	44

DEUXIEME PARTIE. ENTRE FINITUDE(S) ET INFINITUDE(S) *L'INGENIERIE CLIMATIQUE, UN PARADOXE, L'ANTHROPOCENE ET UNE ANTHROPOLOGIE DE L'ACCEPTATION*

CHAPITRE 3 – LA FINITUDE PERÇUE, LA POSITION D'EXTERIORITE ET L'ESPRIT INFINI : LA CONSTRUCTION D'UN PARADOXE	55
RACINES : LA SEPARATION AME-CORPS	55
LA METHODE SCIENTIFIQUE ET L'INDUSTRIALISATION	57
L'HUMAIN COMME PARTIE INTEGRANTE DE LA NATURE	59
LE RETOURNEMENT DE LA FRONTIERE – DE LA TERRE PLATE A LA VISION DE « BILLE BLEUE »	61
L'INGENIOSITE HUMAINE ET LE DEPASSEMENT DES LIMITES	63
L'ETRE HUMAIN A LA FOIS A L'INTERIEUR ET A L'EXTERIEUR A LA NATURE : UNE ONTOLOGIE DE L'INGENIERIE DU CLIMAT	66
LE MONDE INGENIEURIAL, LE SYSTEME TERRE ET LA SPIRITUALITE	68
LE PARADOXE ET L'ENJEU DE L'INGENIERIE CLIMATIQUE : UNE DOUBLE PULSION, PEURS ET EXCITATION?	71
CHAPITRE 4 – LES ENJEUX DU PARADOXE A L'AUNE DE L'ANTHROPOCENE ET UNE ESQUISSE D'UNE ANTHROPOLOGIE DE L'ACCEPTATION	79
L'ÂGE DE L'HOMME, LE BON ANTHROPOCENE ET LA RESPONSABILITE	79
UN MYTHE DE LA GEO-INGENIERIE : LE MYTHE DU SAUVEUR	83
ESQUISSE D'UNE ANTHROPOLOGIE DE L'ACCEPTATION : (RES)SENTIR LES LIMITES, UNE NOUVELLE SPIRITUALITE COMME SOURCE D'INFINI ET UNE NECESSAIRE REFORME EPISTEMOLOGIQUE ?	86
CONCLUSION	95
BIBLIOGRAPHIE	99

Remerciements

Je souhaite naturellement remercier un certain nombre de personnes au terme de ce mémoire.

Un peu perdu dans mes études d'ingénierie et de sciences naturelles, ce master en durabilité à l'université de Lausanne a été, pour moi, une révélation et (presque) chaque instant de ces deux dernières années a été un véritable plaisir. Le professeur Dominique Bourg m'a encouragé à entreprendre ce master et je souhaite l'en remercier chaleureusement.

Je transmets également mes remerciements à tous les professeurs, les assistants, et les étudiants du master en durabilité qui ont nourri mon intérêt pour les questions environnementales, à partir d'une approche fondamentale nouvelle de ce que j'ai pu connaître jusqu'à présent, et toujours dans une atmosphère encourageante et motivante.

Je désire remercier chaleureusement mon collègue et ami Thomas Deboffe pour sa relecture minutieuse et ses critiques constructives.

Je souhaite, bien sûr, remercier chaleureusement les superviseurs de mon mémoire, les professeurs Gérald Hess et Christian Arnsperger. Je vous remercie de m'avoir encouragé à entreprendre ce travail et pour les nombreuses discussions fort intéressantes et stimulantes que nous avons eues qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

Finalement, les derniers remerciements. Soyons honnêtes, je ne suis certainement pas bien plus qu'un incapable lorsqu'il s'agit de faire part mes émotions et sentiments à ma famille. Mais ce mémoire est peut-être une opportunité pour tenter de pallier partiellement à ce défaut. A l'instant où je rédige les dernières lignes de ce mémoire « en vacances » sur l'île d'Elbe, avec presque l'entière de ma famille, je ne puis m'empêcher de penser à eux et à leur soutien inconditionnel. Deuxième Master, deuxième mémoire, et surtout deuxième fois que leur fait subir mes états d'âme liés à ces études – pour ne pas dire que je leur casse les pieds. Pourtant, tous sont là pour me soutenir et m'encourager à surmonter les défis. A vous tous, en particulier à vous mes chers parents, je souhaite vous remercier le plus sincèrement possible pour tout ce que vous avez fait et faites pour moi, et pour tout l'amour dont vous me témoignez.

Titre en français

Entre finitude et infinitude : le paradoxe de l'ingénierie climatique. Une réflexion anthropologique et éthique.

Résumé (version française)

Face aux carences politiques sur le dossier climatique, la géo-ingénierie prend une place toujours plus importante dans les débats. Il s'agit d'approches techniques visant à contrer les effets d'un changement climatique dangereux d'origine anthropique. Dans la première partie de ce mémoire, nous défendons l'idée d'employer la dénomination « ingénierie climatique », plus précise et moins ambiguë, et nous proposons également de redéfinir la géo-ingénierie en y intégrant la dimension humaine ainsi que et trois critères qualitatifs pour classer les mesures de lutte contre le changement climatique. En nous basant sur les travaux de Boucher et al. (2014) nous distinguons ainsi six catégories des mesures: *la réduction anthropique des émissions de CO₂, l'élimination des émissions de CO₂ avec une interaction humain-nature dominante ou interaction technologie-nature dominante, les mesures d'adaptation contextuelles ou technologiques, et l'ingénierie climatique.*

Dans la seconde partie, nous proposons une réflexion sur les fondements anthropologiques et éthiques du « paradoxe de l'ingénierie climatique », c'est-à-dire l'existence conjointe d'une *perception de la finitude* – les limites naturelles biosphériques – et de ce que nous appelons un « *esprit infini* » – qui fait fi des limites, teinté de peur et d'excitation. Le paradoxe résulte d'une *position d'extériorité* de l'humain vis-à-vis de la nature et d'un *réductionnisme scientifique*. Pour envisager d'autres voies que celles de la technologie – ce qui nous semble fondamental à l'aune des débats sur l'*Anthropocène* – nous défendons l'idée de la nécessité d'une nouvelle anthropologie – que nous suggérons de nommer *anthropologie de l'acceptation*. Elle permettrait d'appréhender le paradoxe de l'ingénierie climatique par une réforme épistémologique (*science de la découverte*) cherchant à reconsidérer le rôle et la posture de l'humain dans la nature.

Titre en anglais (english title)

Between finite and infinite: the climate engineering paradox. An anthropological and ethical reflection.

Résumé (version anglaise)

Due to the perceived lack of political will and capability to counteract human-driven climate change, geoengineering is gaining wider acceptance in both scientific and political circles. Geoengineering seeks to use various technologies to counter the deleterious effects climate change. In the first part of this dissertation, we argue that “climate engineering” is a more precise and less ambiguous terminology than geoengineering. Building upon the work of Boucher et al. (2014), with bigger emphasis on the human dimension, we propose a new definition of climate engineering and three fresh qualitative criteria that enable us to distinguish six new categories of motions to counteract climate change: *anthropic CO₂ emissions reduction*, *CO₂ emissions elimination with either an emphasis on human-nature or technology-nature interactions*, *contextual or technological adaptation measures*, and *climate engineering*.

In the second part, we investigate the anthropological and ethical principles of the *climate engineering paradox*. This paradox refers to the fact that climate engineers *perceive the Earth's finitude* (i.e. the biosphere's natural limits) but through a particular mind-set that we call “*infinite mind*” that disregards finitude and initiates both fear and excitement. This paradox mostly arises from an *exteriority position* of humans regarding nature as well as *scientific reductionism*. We argue that technology is not the unique approach to respond to climate change, which is highly relevant in light of the *Anthropocene*. We propose the idea that a new anthropology – *anthropology of acceptance* – would help apprehend the climate engineering paradox through epistemological reform (*science of discovery*) and lead us to, reconsider the role and position of humans in nature.

Liste des Figures

Figure 1: Résumé des méthodes de réduction du dioxyde de carbone repris de Harrison et Hester (2014)	26
Figure 2: Schéma illustrant les différentes propositions de géo-ingénierie repris de Caldeira, Bala et Cao (2013). (a) Techniques basées dans l'espace, (b) Injection d'aérosols dans la stratosphère, (c) Augmentation de l'albédo des nuages, (d) augmentation de l'albédo des océans, (e) augmentation de la réflectivité des plantes, et (f) augmentation de l'albédo des zones urbaines.....	30
Figure 3: Evaluation préliminaire des techniques de géo-ingénierie faite par la Royal Society (Shepherd et al., 2009: 49)	34
Figure 4: Les couleurs jaunes – brunes montrent des concentrations plutôt élevées de chlorophyll suite au déversement de sulfate de fer dans l'Océan Pacifique à l'ouest du Canada par Russ George et son équipe. Cette image satellite a été prise en août 2012. Source : The Guardian (2012) : https://www.theguardian.com/environment/2012/oct/15/pacific-iron-fertilisation-geoengineering . Image originale: Photographe, Giovanni/Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center/Nasa.	36
Figure 5: Expériences et projets de géo-ingénierie mondiaux répertoriés par l'organisation ETC Group en 2012 (lien pour accéder à la carte : http://www.etcgroup.org/content/world-geoengineering)	37
Figure 6: Catégorisation des différentes techniques d'ingénierie climatique selon les 3 critères établis: ontologie, perturbations des systèmes naturels et risques. Ce graphique est repose sur une évaluation qualitative des données. Remarque: les risques "technologiques" sont évalués sur la base des travaux de la Royal Society (Shepherd et al., 2009). L'aire en haut à gauche correspond aux techniques d'ingénierie climatique.....	51

Liste des Tableaux

Tableau 1: Sélection de définition de la géo-ingénierie inspirée et modifiée de Bellamy et al. 2012	15
Tableau 2: Projets de géo-ingénierie issus d'une sélection de sources.....	33
Tableau 3: Expériences de géo-ingénierie issues d'une sélection de sources.....	36
Tableau 4: Proposition de catégorisation des réponses au CC. Tableau repris et modifié en langue originale de Boucher et al. (2014), et ajout des trois critères définis dans le chapitre, en français. Eléments modifiés ou ajoutés apparaissent en italique dans le tableau ci-dessous. Certains éléments ont également été enlevés du tableau original.	47

Acronymes et abréviations

°C : Degré Celsius

C : Carbone

CC : Changement climatique

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique

CDR : Carbon Dioxide Removal

CFC : Chlorofluorocarbure

CO₂ : Dioxyde de carbone

CO₂-C_e : Equivalent CO₂

FR : Forcing Radiatif

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC en anglais)

Gt : Gigatonne (10⁹ tonnes)

IC : Ingénierie climatique

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (GIEC en français)

m : mètre

PIB : produit intérieur brut

ppm : particules par million

S : Soufre

SRM : Solar Radiation Management

Tg : Terragramme (10¹² grammes)

W : Watt

Introduction

L'urgence climatique

Il est difficile d'attribuer un adjectif suffisamment éloquent pour décrire la situation dans laquelle l'humanité se trouve aujourd'hui. Mais une chose est sûre : le climat se modifie et l'humain est l'un des principaux protagonistes de ce changement. Nous commençons à comprendre que nous devons *agir d'urgence*. Dans cette veine, nous pourrions suggérer que nous vivons dans une époque *bouleversante*.

Oui, cette époque peut (et devrait ?) nous sembler bel et bien bouleversante. La nature est la première à pâtir des bouleversements en cours : l'humain est, dans les faits, devenu une force tellurique à part entière, capable de modifier l'environnement à une échelle globale (McNeill, 2010). L'ampleur de l'agir humain est telle que d'aucuns sonnent l'alarme en supputant que des limites doivent être fixées à cet agir si l'humanité désire poursuivre son développement dans les conditions optimales qui ont régné durant l'ère géologique de l'Holocène (Hansen et al., 2008; Keith, 2000; Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015). Il est urgent, par conséquent, d'adapter notre mode de fonctionnement sociétal conformément aux limites « imposées » par la biosphère, annoncent les experts, afin de préserver des conditions de vie optimales – et non hostiles – et en évitant notamment un « changement climatique dangereux » (Foley, 2017; Hansen, 2006; Hansen et al., 2008).

Mais cette époque est également bouleversante pour *l'humain* lui-même : comment doit-il comprendre et/ou appréhender son influence globale et menaçante sur l'environnement. Il semble bien que nos activités et nos modes de vie soient résolument inadéquats à l'aune des dégradations environnementales et climatiques. Ces dégradations ne sont donc pas des problèmes éphémères, mais ont un impact bien plus vaste et fondamental : ils semblent directement interroger la *relation Homme-Nature* et le modèle socio-culturel – occidental en particulier – qui s'est imposé depuis la Révolution Industrielle du XVIII^e siècle. Ce constat est, d'une certaine manière, résumé dans les propos du philosophe et éthicien Gérard Hess lorsqu'il suggère que le changement climatique (CC), en sus des autres dégradations environnementales, met en exergue une « crise de valeurs » que traverse l'humanité actuellement (Hess, 2013).

Un virulent débat, en outre, issu initialement des sciences naturelles, s'est installé ces dernières années pour déterminer s'il est judicieux de nommer une nouvelle ère géologique, l'*Anthropocène* (voir par exemple Bonneuil et Fressoz, 2016; Zalasiewicz et al., 2015) ou, dit autrement, l'*Âge de l'Homme*, pour rendre compte de l'impact de l'humain sur la biosphère et, *in fine*, du changement métaphysique et ontologique de la relation Humain-Nature. L'humain n'est plus – de manière très caricaturale – un simple résident de la biosphère, mais est devenu, comme l'avons évoqué plus haut, une force tellurique capable de rivaliser avec les forces « naturelles », bouleversant ainsi la relation qu'il entretient avec la nature.

L'Anthropocène, c'est également une ère dans laquelle nous faisons état d'un certain nombre de problèmes environnementaux liés à l'agir humain. L'un des problèmes qui est toutefois dépeint comme étant très sensible, ou l'« enjeu environnemental du siècle » comme il est coutume de l'entendre (voir par exemple The Guardian, 2016), est le CC d'origine anthropique. Ces dernières années, une croissance des publications scientifiques et une prolifération d'articles de presse ont été

recensées sur le sujet (Lenton et Vaughan, 2013). Un constat est certain malgré quelques voix minoritaires dissonantes : l'humain est le principal responsable et protagoniste du CC en cours, menaçant directement la prospérité et le bien-être – voire la survie – de l'humanité (IPCC, 2013). L'urgence climatique requiert une refonte significative, d'ordre structurel et comportemental en particulier, afin notamment de permettre l'émancipation des énergies fossiles. C'est en effet leur combustion, actuellement massive, qui participe – en sus des processus et substances naturels – au déséquilibre du budget énergétique terrestre en augmentant la teneur atmosphérique en dioxyde de carbone (CO₂), et qui conduit au CC. Le « forcing radiatif » (FR) est employé pour quantifier le changement dans les flux énergétiques causé par les processus et substances naturels et anthropiques (en anglais les « drivers » du CC) (IPCC, 2013).

Certes, la Terre a connu de nombreux épisodes de réchauffement et de refroidissement ; cependant, la singularité des changements actuels réside dans leur *rapidité* (Rebetez, 2011). Le tunnel de variation de la température qui prévaut jusqu'à présent a été de ± 2 degrés Celsius (°C) dans l'histoire de la Terre. Les travaux du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), toutefois, supputent qu'un réchauffement *de plus de 2°C* d'ici la fin du siècle peut bel et bien avoir lieu. Pour maintenir les conditions idéales connues par l'espèce humaine jusqu'à présent, il serait nécessaire de réduire le taux de concentration de CO₂ atmosphérique à 385 parties par millions (ppm) voire 350 ppm (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015). Toutefois, le seuil des 400 ppm a déjà été franchi et constitue le dépassement de l'une des neuf limites planétaires définies par Rockström et son équipe en 2009, et réactualisées par Steffen et al. en 2015. D'où, notamment, les efforts consentis par les Etats lors de la 21^e Conférence des Parties, à Paris (COP21), visant à limiter le réchauffement à 2°C (ou 450 ppm selon le GIEC) d'ici la fin du siècle, voire 1.5°C. Car sortir de ce tunnel de variation de $\pm 2^\circ\text{C}$, nous disent les experts, projette l'humanité dans un contexte d'incertitude, dans une situation extra-ordinaire jamais atteinte jusqu'à présent, et dont les retombées peuvent être potentiellement dévastatrices pour l'humanité (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015).

Il va falloir recourir à la technologie

Le diagnostic semble donc limpide : si les activités anthropiques contribuent à ce déséquilibre qu'est le CC, il « suffit » de limiter – ou carrément d'abroger – ces activités néfastes pour le climat. Toutefois, deux éléments en particulier semblent mettre à mal ce raisonnement : premièrement, une telle réflexion ne tient pas compte des dimensions politique et anthropologique de la question climatique. Plus spécifiquement, l'économie mondiale - fondée sur le modèle consumériste-productiviste-croissanciste – se base principalement sur l'emploi intensif d'énergies fossiles. Partant, réduire l'utilisation de ces énergies porte directement atteinte à l'économie et son besoin de croissance perpétuelle. Oser parler de réduction de la consommation de ces énergies, c'est, *in fine*, remettre en cause le modèle sociétal moderne, celui dans lequel l'humanité connaît une certaine prospérité, mesurée à travers le PIB (produit intérieur brut). Et cela, dans l'optique de tendre, potentiellement, vers des modèles de comportement basés sur une forme de sobriété.

Un second élément problématique a trait à certaines spécificités du système biosphérique : ce dernier est caractérisé par une certaine *irréversibilité* et *inertie* (Bourg et Salerno, 2015; Hamilton, 2013a). L'irréversibilité fait référence au fait que les émissions disséminées dans l'atmosphère actuellement ont un temps de résidence extrêmement long : un réchauffement climatique aura effectivement lieu, et ce sur un temps très long. L'inertie, quant à elle, signifie qu'il y a un décalage

entre nos activités et la réponse du système biosphérique. Ces deux caractéristiques soulignent le décalage entre les activités humaines et les impacts qui en découlent.

Donc, que faire ? A première vue, une réduction significative des émissions de gaz à effet de serre par des mesures politiques fortes paraît congrue. Cependant, aucune mesure politique ne semble à même de légitimer des politiques basées sur la sobriété, la réduction de la consommation ou autres mesures analogues pour atteindre la réduction des émissions souhaitée. La voie politique est donc truffée d'embûches et, malgré de nombreux efforts entrepris, à l'instar de la mise en place des Conférences Cadres des Nations Unies sur le Changement Climatique (ou CCNUCC), force est de constater que le modèle sociétal, basé sur la croissance économique et la non prise en compte des dimensions environnementales, reste dominant.

Face à un certain désarroi résultant de la combinaison de l'urgence climatique et de cette carence politique fustigée par de nombreux scientifiques (voir par exemple Bodansky, 1996, Caldeira et Keith, 2010, Crutzen, 2006, Flannery, 2015, Goodell, 2010, Lynas, 2011), une nouvelle voie, dont l'ampleur et la légitimité ne cessent de croître, se dessine: il s'agit de la *voie technologique* et, plus spécifiquement dans notre cas, celle de la géo-ingénierie. De manière très générale, il s'agit de techniques développées dans l'optique de répondre à l'enjeu climatique en limitant le réchauffement en cours par la manipulation et le contrôle du climat à l'échelle globale. Le terme « géo-ingénierie » a été employé pour la première fois par Cesare Marchetti en 1977, dans un article intitulé *On Geoengineering and the CO₂ Problem*, puis remis sur la table plus récemment par Paul Crutzen et Eugene Stoermer (Crutzen et Stoermer, 2000). Deux catégories de techniques de géo-ingénierie sont usuellement reconnues (nous étudierons cela par la suite) : la première regroupe des techniques visant à réduire ou extraire le CO₂ atmosphérique ; la seconde catégorie regroupe les techniques dont l'objectif est de gérer la radiation solaire. Ces efforts technologiques, que soutiennent différents auteurs et scientifiques, doivent cependant être développés conjointement avec deux autres types de mesures, à savoir la *réduction* ou *mitigation* (des émissions de CO₂) et l'*adaptation* (des sociétés humaines aux menaces du CC). C'est cette dimension technologique, et plus particulièrement la géo-ingénierie, que nous proposons d'étudier dans ce mémoire.

Problématique : Le paradoxe de la finitude et de l'infinitude

Comprendre les développements en matière de géo-ingénierie comme ne relevant que d'une carence politique et d'une urgence d'agir dissimule, à notre sens, certains autres enjeux. Plus spécifiquement, la géo-ingénierie – ou l'ingénierie climatique, les deux sont souvent considérés comme étant des synonymes – porte en elle des caractéristiques anthropologiques et éthiques (voir par exemple Gardiner, 2011; Hamilton, 2013b; Hamilton, 2013a; Hulme, 2014; Klein, 2014). La poursuite d'un projet technologique de manipulation globale du climat doit donc être étudié non seulement à l'aune des considérations technologiques – en matière de faisabilité, d'efficacité, des risques, etc. –, mais également – et peut-être même au premier chef –, à celle des implications anthropologiques qui en émanent (Clingerman, 2014).

Divers travaux scientifiques se sont penchés sur la dimension anthropologique de la géo-ingénierie : Clive Hamilton, par exemple, l'un des plus fervents opposants de la géo-ingénierie, s'inquiète de la mise en place de tels projets prométhéens, stipulant qu'ils témoignent d'une *hubris* humaine de maîtrise et de contrôle de la nature atteignant son paroxysme – « playing God » (Hamilton, 2011; Hamilton, 2013b). Dans une veine similaire, Frédéric Neyrat et Sébastian Grevsmühl, dans leur ouvrage respectif *La Part Inconstructible de la Terre* (2016) et *La Terre vue d'en*

haut (2014), suggèrent que la vision de la Terre verticale, ou d'en haut, tel un objet ou une chose abstraite, fait fomentier les fantasmes de domination et de maîtrise de la Terre et des processus naturels.

Certains philosophes se sont également penchés sur les enjeux éthiques d'un développement de la géo-ingénierie, à l'instar de Christopher Preston qui a édité deux ouvrages sur des questions éthiques relatives à la gestion de la radiation solaire, telles que la vulnérabilité des plus faibles, la justice climatique, l'implication pour les générations futures, pour ne citer que quelques thèmes (Preston, 2012; Preston, 2016). Stephen Gardiner, quant à lui, s'est penché notamment sur l'argument spécifique du « lesser of two evils » (l'argument du moindre mal) dans son ouvrage *A Perfect Moral Storm* (2011). Enfin, Clive Hamilton s'est intéressé aux différents fondements éthiques de la géo-ingénierie – notamment l'argument du « slippery-slope », le « moral hazard », « playing God ». Tous ces auteurs relèvent de nombreux enjeux éthiques qui cherchent à traduire les inquiétudes spécifiques au développement de la géo-ingénierie, avec en ligne de mire les implications que cette technologie peut avoir sur l'humain et, par extension, sur la société.

Dans les recoins de ces analyses se situe un enjeu anthropologique qui, à notre connaissance, n'a pour l'heure pas encore été étudié. Ces écrits semblent en effet faire éclore un *paradoxe* : d'une part, les auteurs font part d'une première caractéristique de la vision des géo-ingénieurs, celle de la *perception des finitudes planétaires* (Chapitre 3). Par finitude, nous entendons, au premier chef, les *limites physiques biosphériques*, la vision issue notamment des images de la Terre à partir d'une position issue de l'espace, résolument extérieure. Cette conception intègre, en outre, les considérations des limites en termes de *ressources* mais également de *capacité de charge* des écosystèmes. C'est ainsi une finitude *globale et totale* qui est conçue et perçue, une finitude intrinsèque d'un monde *fini* doté d'équilibres naturels spécifiques qui créent les conditions propices au développement d'une vie sur Terre.

D'autre part, cette perception de la finitude existe en concomitance avec, semble-t-il, une particularité anthropologique qui relève de l'ordre de l'infini (Eisenstein, 2007; Harari, 2014). Ou, en d'autres mots, un état cognitif et psychique à travers lequel la finitude perçue du monde est transmuée en *quelque chose* à surpasser et qui ne doit donc pas être comprise comme une contrainte. Dans la lignée de ces propos, Clive Hamilton parle d'une « caractéristique essentielle de la nature des humains modernes », une « détermination à façonner le monde qui les entoure [les humains modernes] en fonction de désirs qui ne semblent pas avoir de limites » (Hamilton, 2013b: 270). Les limites perçues sont, dans cette veine, *conçues* comme étant gérables, maîtrisables, ou contrôlables. La Terre, cette « petite bille bleue », lorsqu'elle est perçue de l'espace avec ce regard vertical (Grevsmühl, 2014), est une vision par laquelle la finitude est perçue *physiquement* mais *sans prendre conscience* de cette finitude. A l'inverse, cette vision de la « petitesse » terrestre fait fomentier à nouveau *quelque chose* d'infini chez l'humain, des capacités et des désirs infinis – qui sont le fruit d'une forme d'*ingéniosité humaine* – à travers lesquels les limites peuvent être outrepassées par un processus psychique de *négation de la finitude*. Frédéric Neyrat (2016) parle d'un « retournement de la frontière » pour rendre compte d'un tel changement de paradigme, celui du passage de la conquête de l'espace à une conquête de la biosphère. La nouvelle frontière, la nouvelle limite à dépasser, c'est la biosphère ; elle dresse des limites que l'*ingéniosité humaine* peut surclasser et surpasser. Nous proposons donc d'appeler cet état cognitif et psychique un « *esprit infini* » qui définit une véritable « *anthropologie de l'infini* » (Chapitre 3).

C'est dans un contexte bien particulier que semble se dessiner cette anthropologie : celui dans lequel on constate une domination de la science et de la technologie ou, pour reprendre les propos de Jacques Ellul, celui du « progrès de la modernité ». La science et la technologie sont le prisme

par lequel le monde est « vu », « compris », « appréhendé » (Eisenstein, 2007; Harari, 2014). Ainsi, nous décelons que nous vivons dans un monde conçu comme un système et qui est perçu comme étant fini (Asafu-Adjaye et al., 2015; Lovelock, 2014; Morton, 2015). En effet, les sciences naturelles et techniques s'accordent sur ce point puisque, par exemple, des modèles, de complexité toujours croissante, ne cessent de tenter de reproduire et de comprendre la multitude de processus naturels qui se déroulent au sein de la biosphère. Qu'il s'agisse de modèles visant à comprendre les courants marins, les cycles biogéochimiques, le système climatique, tous, dans leur conceptualisation, posent l'*hypothèse* d'une Terre finie et d'un système fermé¹, et nous permettent de percevoir le monde qui nous entoure de cette façon. Mais – paradoxalement –, cette finitude perçue, grâce notamment à la science, permet également d'envisager la domination et la maîtrise de la nature (Asafu-Adjaye et al., 2015; Brand, 2010; Hamilton, 2013b) à travers un esprit infini. Frédéric Neyrat (2016) ajoute que l'humain, à travers la technique et le projet moderne de développement, cherche à *dépasser l'impossible* et, de surcroît, est persuadé qu'il en est capable. Cette idée est également présente dans l'ouvrage de Bonneuil et Fressoz, *L'événement Anthropocène* (2016), lorsque ces derniers citent Eugène Huzar :

« Aujourd'hui, avec la science, la proposition [celle d'un sauvage disant que la terre est infinie et que l'Homme par conséquent ne peut la troubler] est entièrement renversée : c'est l'homme qui est infini, grâce à la science, et c'est la planète qui est finie. » (Bonneuil et Fressoz, 2016: 201)

Les répercussions d'un tel état d'esprit semblent, de surcroît, nombreuses et significatives à l'aune des débats sur la reconnaissance d'un « Age de l'Homme » ou de l'« Anthropocène » (Chapitre 4). Dans un ouvrage collectif édité par Emilie Hache, *De l'univers clos au monde infini* (2014), de nombreux auteurs défendent l'idée – certes de manière parfois contrastée – d'une nécessité d'un *retour sur Terre* de l'humain et de ses activités. Ou, en d'autres mots, de l'intégration des limites biosphériques dans les réflexions et les activités anthropiques. Par extension, il s'agit d'une transmutation de cet esprit infini faisant fi des limites naturelles vers un esprit intégrant pleinement ces limites par une articulation novatrice de l'infini. Le projet d'ingénierie et de contrôle/mâîtrise du climat s'inscrit directement dans ces réflexions : poursuivre un projet d'ingénierie « totale » de la biosphère, c'est arpenter un chemin technologique truffé d'embûches éthiques, mais c'est également risquer de contraindre l'humanité vers une anthropologie bien particulière (Clingerman, 2014), atrophiant d'autres potentielles voies.

Pour résumer, c'est ce paradoxe que nous souhaitons étudier à travers ce mémoire : le fait de percevoir la finitude biosphérique tout en la concevant à partir d'un esprit bien particulier, celui qui conçoit l'infini – de l'homme et, *in fine*, du monde – comme *possible* ou du moins *pensable*. La particularité de ce mémoire est que ce paradoxe est appréhendé en situant nos réflexions en amont des réflexions éthiques et anthropologiques qui ont été entreprises jusqu'ici. Plus précisément, les nombreuses réflexions éthiques qui ont été menées jusqu'à présent semblent poser un esprit technologique comme un donné anthropologique. Partant, mener des réflexions sur les techniques de géo-ingénierie en elles-mêmes, c'est déjà « faire un pas » en direction de l'acceptation de la géo-

¹ Par système « fermé », nous entendons la mathématisation d'un système (la Terre dans notre cas) qui reconnaît, notamment, certaines limites naturelles physiques. Toutefois, le système est également « ouvert » dans le sens où des échanges d'énergie avec l'extérieur ont lieu (l'énergie solaire par exemple).

ingénierie. C'est en quelque sorte, à notre sens, une action – certes non délibérée – qui naturalise la technologie et, ainsi, qui permet d'ouvrir la discussion sur les manières les plus adéquates de développer la technologie, pour aboutir, finalement, sur une solution paraissant la plus adéquate pour le plus grand nombre. Notre objectif est de revenir aux fondements éthiques et anthropologiques de la géo-ingénierie. Ceci afin de concevoir la manière dont l'humain développe l'idée de manipulation et de contrôle du climat à travers le paradoxe susmentionné. C'est, à notre sens, l'une des manières les plus efficaces pour permettre d'instiguer un débat sur ces techniques et d'élargir le spectre des possibilités pour répondre à l'enjeu climatique qui se dessine sous nos yeux. En somme, cela nous mène à nous poser la question de recherche suivante : *Quels sont les fondements anthropologiques et éthiques de ce paradoxe dans le cas de l'ingénierie du climat ?*

Approche: anthropologie critique et éthique (cadre théorique) et méthodologie

Dans ce mémoire, nous proposons d'appréhender la question de la géo-ingénierie à partir d'une approche d'anthropologie critique et d'éthique. Par anthropologie critique, en suivant une démarche similaire à celle de l'anthropologue Christian Arnsperger, nous entendons une forme d'anthropologie heuristique qui se distancie du terrain afin d'*interpréter* le monde et pour pouvoir le « lire ». Dans notre cas, il s'agit de proposer une *anthropologie critique de la géo-ingénierie*. Il ne s'agit donc point d'un travail d'anthropologie de « terrain », à l'instar du travail de Philippe Descola exposé dans son ouvrage *Par-delà nature et culture* (2005), ni d'ailleurs de sociologie de terrain. C'est un travail *prospectif et conceptuel* qui cherche à comprendre les fondements anthropologiques de la géo-ingénierie et l'enracinement, dans nos mentalités, d'une idée de maîtrise et de contrôle de l'environnement – ou, dans notre cas, du climat – et par quel biais il serait envisageable de nous en déraciner.

Nous proposons d'inclure dans nos analyses anthropologiques certaines questions relatives à l'éthique, car les fondements anthropologiques ont directement des répercussions éthiques et morales qui expliquent ou conditionnent nos relations avec la nature. Dans une optique similaire à l'approche anthropologique présentée ci-dessus, nos analyses éthiques se veulent prospectives et conceptuelles et interrogent directement, à l'instar des travaux de Clive Hamilton ou de Christopher Preston, la relation humain-nature, les conséquences à long terme de notre agir, et l'étroite relation entre notre devenir et celui de la biosphère.

Finalement, notre approche s'inscrit dans une perspective des *humanités environnementales*, faisant état de l'étroite corrélation entre le développement des sociétés humaines et la nature. Comprendre l'évolution des sociétés passe nécessairement par une inspection des relations que ces sociétés entretiennent avec l'environnement. Dans un esprit similaire, le dessein de ce mémoire est de repenser la société de manière générale en fonction des relations qu'entretiennent les communautés humaines avec la biosphère, en appliquant ces idées à la géo-ingénierie plus spécifiquement.

Nous proposons un travail philosophique ; ainsi, et en adéquation avec notre approche d'anthropologie critique et éthique, nous basons nos réflexions sur des textes issus des adeptes de la géo-ingénierie et des opposants à cette technologie. Nous nous basons sur des ouvrages, des articles scientifiques ainsi que sur des articles de presse pour construire notre argumentaire.

Finalement, nous souhaitons à ce stade préciser un point : nous avons employé et nous emploierons – à dessein – le mot « nature ». Ce mot fait référence à une *idée* – un agencement de concepts – qui est le fruit de constructions culturelles bien particulières – il n'y a donc pas une seule idée de nature – et qui ne fait référence à *aucune réalité immédiate*. C'est un mot dont la

définition s'est enrichie à travers l'histoire à partir d'oppositions (notamment le surnaturel, l'artificiel, puis le culturel). Lorsque nous employons ce mot, nous faisons référence à un nature objectivée – vision que les sciences naturelles nous inculquent –, c'est-à-dire ce qui, dans le projet moderne, est théorisé comme étant opposé à la culture (Descola, 2005). Une opposition qui, par ailleurs, considérant l'évolution des dégradations environnementales, perd de sa légitimité. Mais c'est bel et bien à partir cet esprit dichotomique, qui forme un *Tout* dans lequel baigne l'humanité, que nous employons ce mot « nature ».

Structure du mémoire

Il n'est nullement question de dénoncer l'utilisation de la technique qui, soyons tout à fait clairs, est indubitablement fondamentale et nécessaire à l'aune du CC et du développement sociétal. Mais elle ne doit pas être une *fin en soi*, c'est-à-dire la réponse ultime et unique aux enjeux climatiques comme nous verrons par la suite ; elle peut s'inscrire dans un projet anthropologique plus vaste comme un moyen pour atteindre des objectifs préétablis.

Il nous semble donc que la géo-ingénierie est un terme désignant des techniques qui prennent une importance de plus en plus conséquente, mais qui manque de précision quant aux techniques auxquelles il fait référence, et à son articulation avec les mesures d'*adaptation* et de *réduction* auxquelles il est souvent assimilé. Il nous paraît donc opportun, dans une première partie, de revenir sur ce terme et les projets de géo-ingénierie et les imprécisions afférentes ce qui, du reste, nous permet de poser les jalons des réflexions éthiques et anthropologiques que nous menons dans la deuxième partie du mémoire. Dans le Chapitre 1, nous cherchons à poser un cadre autour de la géo-ingénierie, en présentant quelques éléments historiques sur l'idée de maîtrise et de contrôle du climat et de la météorologie – en montrant notamment que certaines sources remontent à la Grèce Antique et à l'Empire Romain. Nous présentons ensuite différentes définitions de la géo-ingénierie et les imprécisions et incertitudes qui en découlent, mais également l'importance de la manière dont le CC est perçu, et comment ces perceptions influencent les mesures de lutte contre ce dernier. Finalement, nous proposons de revenir sur quelques-uns des acteurs principaux de la géo-ingénierie et comment ces derniers font progresser cette piste technologique.

Dans le second chapitre, nous revenons sur la kyrielle de projets – théoriques – qui se regroupent sous le terme de « géo-ingénierie », ainsi que sur les expériences entreprises à « échelle réelle ». Nous revenons également, dans ce chapitre, sur la manière dont la géo-ingénierie s'intègre avec et/ou se dissocie des mesures d'adaptation et de réduction – ces trois mesures étant très fréquemment présentées comme étant les trois mesures phares de la lutte contre le CC. Nous tentons de montrer, tout au long de ce chapitre, les inconsistances, les incohérences et le manque de précision relatif à ces trois types de mesures, en nous appuyant sur des différences ontologiques et métaphysiques fondamentales qui doivent être prises en compte. La deuxième partie du second chapitre (qui marque la fin de la première partie du mémoire) propose quelques pistes de réflexion pour permettre l'édification d'une nouvelle grille de classification des projets de géo-ingénierie et leur relation avec les mesures d'adaptation et de réduction. Nous défendons l'idée que trop de projets sont regroupés sous une définition trop imprécise de la géo-ingénierie et qu'il est nécessaire de faire des distinctions entre eux. Nous proposons, notamment, d'employer la dénomination plus précise et plus spécifique d'« *ingénierie climatique* » (que nous définissons plus tard), en lieu et place de géo-ingénierie.

La seconde partie est dévolue aux réflexions anthropologiques et éthiques. Le Chapitre 3 propose de définir la manière dont la finitude est perçue, en remontant aux racines historiques de la séparation ontologique cartésienne, et comment une position d'extériorité de l'humain face à la Terre émerge et crée les conditions initiales permettant d'en *percevoir* la finitude, sans toutefois la ressentir. C'est l'une des thèses que nous défendons dans ce chapitre, à savoir que la perception de la finitude est vécue par ce que nous appelons un *sentir physique*. Nous revenons également sur le rôle – réducteur – de la science et de la mathématisation du monde qui participe à *dé-complexifier* et *rationnaliser* ce dernier et permet, derechef, de percevoir la finitude. Finalement, cette perception atteint son paroxysme avec la vision « globale » de la Terre, à partir de l'espace, permettant de visualiser la Terre comme une « petite bille bleue » finie (Grevsmühl, 2014; Neyrat, 2016).

La deuxième partie du Chapitre 3 se consacre à l'étude de ce que nous appelons l'*esprit infini*, résultat notamment de la position d'extériorité, et qui s'illustre à travers l'idée d'une ingéniosité humaine qui, elle, fait éclore les idées de capacités illimitées et de transcendance humaines. L'humain perçoit son appartenance à la biosphère (sentir physique) mais ne *sent pas* cette appartenance, *n'en est pas conscient*. De cette position d'extériorité et de cette absence de conscience de l'appartenance à la Terre, et également en raison d'un effritement de la religion – en Occident du moins – oblitérant toute existence de transcendance non humaine, l'esprit infini, dépourvu de toute considération de la finitude, peut ainsi se développer. Ce chapitre se clôture sur une discussion plus spécifique sur le paradoxe – finitude/infinitude – et l'enjeu épistémologique, ontologique et métaphysique que l'ingénierie climatique fait émerger. Le paradoxe, à notre sens, peut, *in fine*, se lire à travers une double pulsion, celle de la *peur* et de l'*excitation*.

Le Chapitre 4 propose une discussion sur l'Anthropocène et les enjeux de l'ingénierie climatique. Le « Bon Anthropocène » est l'une des lectures défendues par de nombreux ingénieurs du climat dans laquelle la puissance humaine, enfin reconnue, est libérée. C'est une lecture qui verrouille, à notre sens, l'avenir des générations à venir et qui ne prend pas suffisamment compte la *Responsabilité* afférente à l'ingénierie climatique. Car cette responsabilité doit tenir compte du fait que des projets de cette envergure n'entraînent pas uniquement des risques d'ordre technique mais doivent également susciter un questionnement métaphysique et ontologique relatif à la place de l'humain sur Terre et au monde dans lequel *nous* souhaitons vivre. De surcroît, l'Anthropocène, c'est également l'ère dans laquelle s'écrit actuellement un mythe particulier, celui du *sauveur* : le sauveur, l'ingénieur du climat, transcende la nature et le reste de l'humanité pour venir « sauver » l'humanité de sa possible destruction ; c'est l'une des lectures de l'Anthropocène que nous pensons voir se développer. Finalement, nous proposons d'esquisser une nouvelle anthropologie, celle que nous nommons l'*anthropologie de l'acceptation*, fruit des réflexions développées tout au long de ce mémoire. C'est une anthropologie qui cherche à placer une transcendance non humaine pour cadrer l'agir humain et appréhender l'infini et la finitude d'une manière nouvelle. C'est notamment à travers un retournement épistémologique que cette anthropologie peut éclore, en définissant une *science de la découverte*, dissociée de la technologie, qui permet à l'humain de découvrir la nature et d'*accepter* sa place sur la Terre. Cette science sert d'assise pour une nouvelle spiritualité, celle à travers laquelle l'humain *sent* son appartenance à la Terre – ce que nous appelons *sentir cosmique* – et qui permet d'instaurer une forme de *transcendance non humaine*. A partir d'une telle anthropologie, il nous semble que le spectre des possibilités de réponses au CC peut être élargi et ne devrait pas uniquement emprunter la voie technologique et l'idée de contrôle et de maîtrise.

Première partie.

Qu'entend-on, au fond, par géo-ingénierie ?

Une tentative d'état des lieux

Chapitre 1 – Histoire, définitions et acteurs

L'idée de contrôle climatique : une histoire ancienne

Les récents et nombreux développements de la géo-ingénierie – les techniques visant à réduire le réchauffement climatique en cours – donnent parfois l'impression que l'idée de contrôle et manipulation du climat est un projet humain novateur. Pourtant, un bref détour historique montre que cette idée n'est pas nouvelle (Briday, 2014; Fleming, 2010; Goodell, 2010; Keith, 2000) mais fait partie intégrante de l'histoire humaine depuis des siècles (Keith, 2000). De surcroît, elle ne s'est pas uniquement développée en Occident, mais est ancrée dans les diverses cultures à travers le monde (Fleming, 2010; Hulme, 2014). Cette volonté de contrôle et de maîtrise est, d'après l'historien Jim Fleming (2010) dans son très bel ouvrage *Fixing the Sky*, un « problème perpétuel » qui tire ses origines de la tragédie et de l'*hubris*. En outre, poursuit Fleming, c'est un « problème pathologique » qui illustre les déviances possibles de la science. Dans les quelques lignes qui suivent, nous présentons quelques éléments historiques pour illustrer ce long passé d'interactions entre l'humain et les phénomènes climatiques et météorologiques.

Des études démontrent que cette volonté particulière de maîtrise du climat est déjà présente aux temps de la Grèce Antique et de l'Empire Romain, et qu'elle tient une place importante dans la mythologie ainsi que dans la Religion (Bellamy et al., 2012; Fleming, 2010). Dans les premières pages de son ouvrage Fleming cite Archimède, célèbre physicien de la Grèce antique, qui aurait dit : « Give me a lever long enough and a place to stand, and I will move the world ». Or ceci est perçu comme un pouvoir dont seuls les dieux disposent (Goodell, 2010; Hulme, 2014) ; l'humain, par le biais de la technique, peut influencer les cycles naturels et, en conséquence, manipuler et contrôler la météorologie à ses souhaits. Depuis l'époque d'Archimède, souligne Fleming (2010), les ingénieurs se sont réjouis des potentielles manipulations des éléments météorologiques. La métaphore d'un effet de levier est employée à cette époque pour illustrer la manière dont il serait possible de manipuler le climat et la météorologie : en agissant ponctuellement à un endroit stratégique et avec une certaine force, il serait possible d'influencer les éléments naturels selon les désirs humains. Aujourd'hui encore, l'idée d'effet de levier (« levers » en anglais) est fréquemment employée pour suggérer qu'il est aisé de manipuler et contrôler le climat en agissant sur certains éléments-clés des processus naturels.

Dans les années 1950 et 1960, en pleine Guerre Froide, le « contrôle du climat et de la météo » ou simplement le « contrôle du climat » - les deux expressions étaient utilisées aléatoirement – sont centrales dans les recherches des sciences atmosphériques sont des programmes politiques prioritaires pour les Etats-Unis d'Amérique ainsi que pour l'ancienne Union Soviétique (URSS) (Bellamy et al., 2012; Briday, 2014; Hulme, 2014; Keith, 2000; Robock, Jerch et Bunzl, 2008). Durant cette période l'accent est mis sur le contrôle des précipitations (Fleming, 2010; Goodell, 2010).

La volonté de manipulation de la météo et du climat prend une tournure plus dramatique dans la seconde moitié du XX^e siècle, notamment durant la guerre du Vietnam (Bellamy, 2013; Bonneuil et Fressoz, 2016; Goodell, 2010). Il n'est plus uniquement question de poursuivre des recherches dans l'optique de maîtriser et de contrôler le climat et la météo ; durant la guerre, l'idée est d'utiliser ces techniques comme armes de guerre. Mais, déjà avant cela, la perspective d'employer le climat et

la météo à des fins militaires est déjà discutée ; en témoigne cette citation du Général George C. Kenny en 1947, commandant du *Strategic Air Command* :

« “If rain could be kept from falling where it has been falling for ages,” it is conceivable that “the nation which first learns to plot the paths of air masses accurately and learns to control the time and place of precipitation will dominate the globe” » (Fleming, 2010: 195-196).

Durant la guerre du Viêtnam, une opération dénommée « Operation Popeye » a pour objectif de provoquer des pluies abondantes afin d'affecter les lignes d'approvisionnement des forces vietnamiennes. Les fortes controverses qui suivent cet épisode débouchent sur la signature d'un traité – la Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles (ENMOD) – dont l'objectif était, comme son nom l'indique, de proscrire tout emploi de techniques de modification de l'environnement à caractère militaire ou hostile. Ce traité, signé et ratifié en 1977 et 1978 respectivement, a pour effet de réduire considérablement les efforts de recherche dans le domaine de la modification du climat et de la météorologie (Keith, 2000). Le trait parfois militaire et belliqueux perçu dans la géo-ingénierie aujourd'hui (voir par exemple Clarke, 2016, Lovelock, 2014, Lynas, 2011) résulte de ce contexte de guerre – froide en particulier – dans lequel se sont développés, naguère, les recherches en sciences atmosphériques (Grevsmühl, 2014; Keith, 2000).

Ce qui différencie les projets actuels de modification du climat et de la météo et ceux des années 1960 environ, d'après David Keith – personnage central dans les efforts actuels de promotion des projets de géo-ingénierie –, c'est l'objectif revendiqué. Dans les années 1960, l'idée de modification résulte plutôt d'une volonté d'amélioration de l'état naturel ou d'atténuation des risques naturels. Actuellement, les projets de géo-ingénierie visent à réduire les risques *anthropiques*. Le responsable des aléas dits naturels est donc fondamentalement différent : dans les années 1960, il est coutume d'admettre que les aléas sont « naturels » et que les risques peuvent être maîtrisés grâce à l'ingéniosité humaine. De nos jours, au contraire, il est coutume d'entendre que les activités anthropiques jouent un rôle conséquent dans les dégradations environnementales, ce qui replace l'humain au centre des réflexions sur les mesures d'atténuation des risques à entreprendre.

La quête de manipulation et de contrôle de la nature fait partie intégrante de l'histoire de la science occidentale. L'idée de maîtrise de la nature, incluant le ciel, est fortement ancrée dans les institutions contemporaines, notamment dans la Royal Society de Londres et dans bien d'autres sociétés scientifiques (Fleming, 2010), dont plusieurs – y compris la Royal Society de Londres – sont favorables à la recherche et parfois même à la mise en place de techniques de géo-ingénierie. Cette conception d'une nature maîtrisable est souvent présentée comme étant un héritage de Francis Bacon (1561-1626) – figure emblématique de la philosophie naturelle dans le domaine de la méthode scientifique –, dont l'un des projets est de rompre avec la philosophie naturelle aristotélicienne et de stimuler le progrès des sciences, d'améliorer la condition humaine par le biais de la technologie et, *in fine*, de contrôler la nature (Fleming, 2010). En rompant avec la philosophie organique d'Aristote, dont la conception de la nature est comprise au sens d'une *production*, d'une nature vivante, créatrice et agissante (Hess, 2013), cela permet l'éclosion des techniques visant à décrire, mesurer et peser l'atmosphère (Fleming, 2010). En ce sens, la nature peut être envisagée comme un *produit* (Hess, 2013) et laisse place à l'idée de maîtrise et de contrôle puisque, par exemple dans le cas de l'atmosphère, ce produit est réduit à des composantes et des processus qui peuvent être décrits par des lois physiques (Fleming, 2010). Cette évolution, particulière à l'Occident, met en exergue le fait que le contrôle du climat est étroitement lié à une certaine

relation entre l'humain, la nature, et la culture. L'histoire montre, en outre, que l'idée de contrôle de la météo n'est pas une caractéristique occidentale uniquement, mais se retrouve dans différentes cultures à travers le monde (Fleming, 2010).

Cette vision scientifique occidentale de la nature s'illustre, par exemple, comme le montrent Jim Fleming et Jeff Goodell, dans les travaux d'un certain James Pollard Epsy (1785-1860), célèbre météorologiste d'antan, qui conçoit l'atmosphère comme étant une machine à chaleur géante. L'idée de puissance de la vapeur nourrit sa théorie des orages : toutes les perturbations atmosphériques (par exemple les ouragans) sont le produit de cette puissance. Mais Epsy ne se cantonne pas à cette théorie ; en effet, selon lui, ces découvertes permettent de modifier le climat (Goodell, 2010). De nombreux éléments de cette théorie sont aujourd'hui acceptés dans le domaine de météorologie.

Fleming (2010) montre, en outre, que durant le XIX^e siècle les Etats-Unis d'Amérique créent les conditions propices pour que le secteur entrepreneurial s'intéresse à l'idée de contrôle de la météorologie et du climat (Hulme, 2014). Un tel entrepreneur est, par exemple, Robert St George Dyrenforth (1844-1910), un avocat spécialisé dans les brevets. Selon lui, il est possible de provoquer artificiellement de la pluie en déclenchant des explosions en l'air, et il obtient même des fonds fédéraux afin de tester différentes technologies visant à atteindre cet objectif (Fleming, 2010; Hulme, 2014).

Durant le XIX^e siècle, malgré les différents efforts entrepris pour contrôler le climat, les climatologues ne trouvent guère de liens entre la variabilité et temporalité du climat observées et l'influence humaine (Fleming, 2010). Ce n'est qu'au début du XX^e siècle qu'un certain Nils Gustaf Ekholm (1848-1923), en se basant sur des travaux de Joseph Fourier et de John Tyndall, suggère que l'humanité joue un rôle dans les processus géologiques de la Terre, à partir des émissions de dioxyde de carbone affectant le phénomène naturel de l'« effet de serre ». Ces travaux abondent dans le sens d'une possible régulation du climat terrestre (Bellamy et al., 2012; Fleming, 2010). Plus tard, Svante Arrhenius (1859-1927), physicien et lauréat du prix Nobel de chimie en 1903, propose d'augmenter délibérément l'effet de serre par la combustion de carburants fossiles afin d'accroître la productivité agricole (Bellamy et al., 2012; Goodell, 2010). Ces divers travaux contribuent à forger l'esprit scientifique occidental qui domine les sphères scientifiques et politiques du XX^e siècle et actuelles.

Aujourd'hui, l'idée de contrôle du climat retrouve une certaine légitimité et suscite un certain engouement dans les discours politiques et scientifiques (Briday, 2014), en particulier depuis la publication de l'article de Paul Crutzen, en 2006. Dans cet article, Crutzen, prix Nobel de chimie en 1995, propose une nouvelle manière d'aborder l'enjeu climatique : au lieu de focaliser toute l'attention sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre, le lauréat du prix Nobel suggère d'aborder la problématique climatique en identifiant la chaleur comme enjeu principal à gérer (Goodell, 2010). Si le problème constaté est un réchauffement alors, selon Crutzen, il suffit d'atténuer ce réchauffement. Autrement dit, l'auteur envisage la géo-ingénierie. Le terme *géo-ingénierie* est aujourd'hui communément employé pour évoquer le contrôle du climat de manière très vaste, et ce depuis la publication de l'article de Cesare Marchetti en 1977 comme cela a été évoqué précédemment.

Nous avons brièvement tenté de montrer, à travers ces quelques paragraphes, l'histoire très riche de l'idée de manipulation et de contrôle du climat et de la météo. Aujourd'hui, les ingénieurs cherchent à maîtriser le climat afin de réduire le réchauffement en cours, et ne semblent plus autant

intéressés par la maîtrise et le contrôle de la météo. Bref, il semble bien que la géo-ingénierie soit un terme hétéroclite ; certaines précisions s'avèrent donc nécessaires.

La géo-ingénierie, comment la définir ?

Dans la lignée des propos de Boucher et de son équipe (Boucher et al., 2014), nous estimons que les définitions de la géo-ingénierie sont parfois ambiguës et ne sont pas suffisamment précises. Il semble donc impératif de clarifier ce que l'on entend par cet ensemble de techniques et de pratiques. Pour étayer ce propos, cette partie a pour objectif de présenter, dans un premier temps, différentes définitions usuellement employées pour définir la géo-ingénierie afin de rendre compte des difficultés susmentionnées. Par la suite, nous formulons quelques propositions afin de mieux distinguer les différentes techniques et leur visée.

Le terme géo-ingénierie est composé du préfixe « géo », qui signifie « la Terre » en grec (*gê*), et du nom « ingénierie » que l'on peut définir, selon le dictionnaire le Petit Robert, comme étant une « discipline d'applications scientifiques ». Cependant, une telle analyse n'est pas suffisante pour comprendre en quoi consiste réellement la géo-ingénierie et ses applications. Dans son article '*On Geoengineering and the CO₂ Problem*' (1977), Marchetti utilise pour la première fois ce terme pour décrire un processus de capture de dioxyde de carbone et de son injection soit dans les courants océaniques thermohalines (une solution considérée comme étant préférable) ou dans les couches géologiques, dans l'optique de réduire les émissions de dioxyde de carbone (Marchetti, 1977).

Paul Crutzen reprend ce terme, en 2006, dans son article '*Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma?*'. L'auteur mêle les termes de géo-ingénierie et d'ingénierie climatique – considérés comme étant des synonymes – ; ils sont employés pour décrire sa proposition d'injection d'aérosols dans la stratosphère pour réduire le réchauffement climatique. Cette publication de Crutzen est l'un des premiers « événements » contemporains qui met la géo-ingénierie sur le devant de la scène politique et scientifique (Hulme, 2014; Lenton et Vaughan, 2013). Le second événement est la publication, en 2009, d'un rapport de la Royal Society intitulé '*Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty*' (Shepherd et al., 2009). Dans ce rapport, les auteurs proposent de définir la géo-ingénierie comme « the deliberate, large-scale manipulation of the planetary environment in order to counteract anthropogenic climate change. » Aujourd'hui, cette définition apparaît de manière récurrente dans les travaux sur la géo-ingénierie (Bellamy et al., 2012; Harrison et Hester, 2014) ; toutefois, elle n'est pas l'unique définition employée dans les diverses études disponibles. Nous allons donc présenter quelques définitions issues de la littérature scientifique afin de déceler des similitudes ou, au contraire, des divergences et, partant, tenter de montrer les quelques ambiguïtés et les imprécisions qui en émanent. Pour cela nous nous basons sur une classification proposée par Bellamy et collaborateurs, en 2012, à laquelle nous ajoutons quelques définitions supplémentaires que nous trouvons pertinentes (Tableau 1).

Tableau 1: Sélection de définition de la géo-ingénierie inspirée et modifiée de Bellamy et al. 2012

Source	Définition de la « géo-ingénierie »
NAS (1992 : 433)	« [Geoengineering proposals] involve large-scale engineering of our environment in order to combat or counteract the effects of changes in atmospheric chemistry. »
Keith (2000: 247)	« Geoengineering is defined as the intentional large-scale manipulation of the environment. »
Barrett (2008: 45)	« [Geoengineering] is to counteract climate change by reducing the amount of solar radiation that strikes the Earth... [not] by changing the atmospheric concentration of greenhouse gases »
AMS (2009 : 1)	« Geoengineering – deliberately manipulating the physical, chemical, or biological aspects of the Earth system [to reduce the risks of climate change] »
Shepherd et al. (2009: 1) – The Royal Society	« [Geoengineering is] the deliberate, large-scale manipulation of the planetary environment in order to counteract anthropogenic climate change. »
Preston (2012)	« [Geoengineering is the] idea of deliberately manipulating the climate system in order to push back against global warming »
Gardiner (2011: 339)	« [Geoengineering is the] intentional intervention in the earth's climate system on a global scale »
GIEC (2013: 193)	« Terme qui se rapporte à un vaste ensemble de méthodes et de techniques visant à modifier délibérément le <i>système climatique</i> pour lutter contre les effets du <i>changement climatique</i> . »
Caldeira, Bala et Cao (2013: 231)	« [Geoengineering is the] intentional alteration of planetary-scale processes »

L'un des éléments qui reviennent de manière récurrente dans ces définitions, et que Bellamy et al. (2012) constatent également, c'est la visée *globale* des projets de géo-ingénierie. En outre, la plupart de ces définitions spécifient qu'il s'agit d'intervenir au niveau du *climat*. Toutefois, il est intéressant de relever que certaines définitions se réfèrent à des interventions plus générales visant à manipuler l'*environnement* ou les *processus à l'échelle planétaire* (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Keith, 2000). Une tension peut être ainsi relevée entre les définitions spécifiant une intervention au niveau du climat, et celles laissant envisager la manipulation de la nature dans un sens plus large.

Du reste, ces premières ambiguïtés et imprécisions expliquent très probablement l'existence d'autres dénominations, à l'instar d'« ingénierie climatique », de « climate hacking », de modification du climat, d'ingénierie du système Terre, etc. (voir par exemple Bodanky, 1996, Caldeira et Keith, 2010, Harrison et Hester, 2014, NAS, 2015 Vaughan et Lenton M., 2011).

Le terme de géo-ingénierie est même parfois employé pour désigner des techniques de manipulation de l'environnement bien précises comme, par exemple, le projet d'injection d'aérosols dans la stratosphère afin d'agir sur l'albédo terrestre (Crutzen, 2006 ; voir également Marchetti, 1977, Cicerone 1996, Schelling, 1996).

Keith (2000) suggère une manière de réduire le champ de la définition de la géo-ingénierie en introduisant les critères d'*échelle* et d'*intensité* ; une idée qui a été reprise par la suite par divers auteurs pour établir des distinctions entre les différentes techniques de géo-ingénierie (voir par exemple Boucher et al., 2014). Toutefois, une remarque que Fleming (2010) et Bellamy et al. (2012) formulent, c'est que les indicateurs que Keith propose d'utiliser – l'échelle et l'intensité – doivent être précisés pour faire spécifiquement références à des méthodes de géo-ingénierie. En effet, sans cela, des activités humaines peuvent être considérées comme étant de la géo-ingénierie : par exemple, le CC, en raison de sa dimension globale, de son intensité potentiellement significative, et du fait qu'il résulte en grande partie des activités anthropiques, peut être considéré comme étant

une forme de géo-ingénierie. Bref, l'humain ferait déjà de la géo-ingénierie simplement du fait qu'il influence le climat.

L'aspect *intentionnel* des projets de géo-ingénierie joue également un rôle central dans ces définitions : il s'agit de projets qui visent à *intentionnellement* modifier le climat ou l'environnement, donc en théorie de manière consciente, consentante et dans l'optique d'atteindre un certain objectif. Ceci permet de faire la distinction avec d'autres activités anthropiques dont les aboutissements peuvent certes être potentiellement délétères pour l'environnement, mais qui non pas été entreprises de manière intentionnelle. Pour reprendre l'exemple du CC il a été considéré que, pendant longtemps, l'être humain ne pouvait être tenu responsable du réchauffement climatique en cours car il était, en quelque sorte, inconscient des méfaits de ses agissements (Lovelock, 2014). En bref, les conséquences des activités qui ont conduit à exacerber l'effet de serre responsable du réchauffement climatique n'étaient pas intentionnelles.

Lorsque les auteurs évoquent la géo-ingénierie, ils font généralement référence à deux grands ensembles de techniques la *Royal Society* propose dans leur rapport de 2009 : la première catégorie rassemble toutes les techniques qui visent à lutter contre l'élément dépeint comme étant la cause du CC, à savoir le dioxyde de carbone (CO₂) (voir par exemple Bourg et Hess, 2010). Les experts nomment cet ensemble en anglais « Carbon dioxide Removal » (ou CDR), c'est-à-dire l'élimination/la réduction du dioxyde de carbone. Un deuxième ensemble aborde le problème sous un autre angle : ce qui est perçu comme étant l'enjeu central, c'est la régulation du bilan radiatif de la Terre. Dans cette optique, les ingénieurs cherchent à agir directement au niveau de l'albédo terrestre à travers des méthodes de gestion des rayonnements solaires. L'idée étant de rediriger le rayonnement lumineux vers l'espace (Shepherd et al., 2009). Cet ensemble se nomme en anglais « Solar Radiation Management » (ou SRM)¹. Malgré cette scission, l'objectif commun de ces deux ensembles de techniques est de « ralentir, voire de stopper le réchauffement de la biosphère par le biais d'une manipulation à l'échelle globale du système Terre » (Bourg et Hess, 2010: 299).

Les experts supputent que l'efficacité varie selon les techniques. L'avis de nombreux d'entre eux est que les techniques de gestion du rayonnement solaire (SRM) présentent des avantages supérieurs aux techniques de CDR, ce qui explique, du reste, le plus fort engouement pour de nombreux chercheurs dans ce domaine (voir par exemple Crutzen, 2006 ; Flannery, 2015 ; Harrison et Hester, 2014 ; Keith, 2013).

Parmi ces avantages on relève l'aspect *temporel* : les techniques SRM sont mises en oeuvre rapidement et permettent de réduire – également rapidement – un réchauffement climatique dangereux, dans l'éventualité d'une situation d'urgence (Shepherd et al., 2009). En outre, les techniques SRM ne seraient que très peu coûteuses et facilement réalisables d'un point de vue technique (Caldeira, Bala et Cao, 2013 ; Goodell, 2010; Keith, 2013, Stilgoe, 2015). Cet optimisme relatif aux coûts et de la facilité technique est cependant fortement contesté et relativisé par d'autres auteurs (voir par exemple Hulme, 2014 ; Lenton et Vaughan, 2013).

Le second avantage des techniques de gestion solaire réside dans le fait que l'unique facteur contraignant sont les *risques* potentiels. Si ces derniers sont connus et maîtrisés, il est aisé de déployer les techniques de SRM. A l'inverse, les techniques d'élimination du CO₂ (CDR) font face

¹ Pour des raisons de compréhension et dans l'optique d'éviter toute confusion, nous continuons à employer tout au long du travail les termes anglais des deux ensembles, à savoir CDR et SRM.

à de plus nombreux obstacles selon les experts : les questions d'*échelle*, de *coûts* et de *conséquences environnementales locales* conditionnent leur déploiement en sus des risques (Caldeira, Bala et Cao, 2013).

Bien que le dessein de ces deux ensembles soit de catégoriser les différentes techniques de géo-ingénierie, il n'en demeure pas moins que les définitions de ces ensembles – tout comme la définition plus générale de la géo-ingénierie – manquent de clareté et de précisions, permettant potentiellement d'inclure un très large éventail de techniques et méthodes n'ayant pas nécessairement de liens avec la géo-ingénierie.

Nous verrons, par la suite, que certains experts (par exemple Heyward, 2013), fustigent l'idée selon laquelle il faut continuer à diviser les techniques selon ces deux ensembles et qu'il est plus judicieux de se pencher directement sur les techniques en elles-mêmes.

Bref, il semble bien qu'une (ou des) définition(s) ainsi qu'une (ou plusieurs) méthode(s) de classification plus précises soient souhaitables, voire nécessaires, considérant les développements en matière de géo-ingénierie ces dernières années (Chapitre 2). Avant cela, toutefois, nous nous penchons sur un élément qui semble, selon nous, directement lié à la manière dont les définitions sont élaborées : il s'agit de la manière de qualifier/d'appréhender le CC. Nous tentons de montrer que la perception de la nature, de l'évolution, et des dangers potentiels du CC affectent directement la manière de définir la géo-ingénierie.

L'importance de la manière de percevoir les changements climatiques

Qu'entend-on par et comment conçoit-on le CC ? Cette question peut paraître surprenante, mais dans la lignée des propos de Mike Hulme (2014), elle est, selon nous, fondamentale pour appréhender plus efficacement les différentes définitions qui sont proposées pour la géo-ingénierie et les techniques afférentes. Cette idée est parfaitement résumée, à notre sens, par Shellenberger et Nordhaus (2004) : « The point here is not just that global warming has many causes but also that the solutions we dream up depend on *how we structure the problem*. » [Nous soulignons]

Un premier élément que l'on peut relever c'est que l'idée même de CC, en temps que *processus*, fait consensus parmi les auteurs qui se consacrent aux études sur la géo-ingénierie. Ce que nous entendons par processus, c'est l'idée que le bilan énergétique de la Terre est modifié en raison, notamment, d'un excès de rejets de CO₂ atmosphérique de cause anthropique. Cela a pour résultat d'exacerber le processus naturel communément appelé « l'effet de serre » et d'enclencher un réchauffement climatique rapide menant à des changements climatiques, dont certains effets délétères sont à présent visibles (on peut citer la montée des niveaux des mers, la désertification de certaines régions du monde, notamment les zones arides ou semi-arides). Par contre, nous notons une différence au niveau de la *perception* de ce processus. En d'autres mots, l'ontologie du CC peut diverger selon que l'on perçoit ce processus comme étant un enjeu d'ordre *technique*, ou un problème plutôt *anthropologique* (Robock, Jerch et Bunzl, 2008). Autrement dit, ce qui transcende ces ontologies respectives c'est, dans le premier cas, une réflexion d'ordre technique et, dans le second, une réflexion d'ordre humaine ou sociétale. Nous n'affirmons pas que les différentes approches pour appréhender, comprendre et/ou définir le processus climatique doivent nécessairement entrer dans l'une ou l'autre de ces catégories ; nous reconnaissons que cette distinction ne permet aucunement d'anticiper toute la dialectique qui appréhende le CC. Toutefois, une telle approche peut constituer une première grille de lecture pour comprendre des visions parfois radicalement opposées se reflétant dans des pratiques bien divergentes.

La première approche consiste donc à appréhender l'enjeu climatique comme étant un problème d'ordre technique et s'inscrit dans une philosophie plus *pragmatique*. Ce que nous entendons par là, c'est que le processus climatique décrit précédemment est conceptualisé comme une somme de procédés interconnectés qui permettent un équilibre naturel des processus biosphériques. Mais, les activités humaines, suivant les propos de James Lovelock et d'Oliver Morton, constituent une perturbation dans cet équilibre naturel ; le CC est, dans cette veine, une réponse du système terrestre qui cherche à retrouver un équilibre (Lovelock, 2014; Morton, 2015). En pensant identifier l'enjeu du dérèglement naturel, et en postulant qu'il est possible de comprendre la biosphère et ses processus de manière quasi totale, l'être humain, par le biais de la technique, peut modifier l'équilibre précaire qui s'est installé. L'ontologie du CC est donc appréhendé par le prisme de la science et de la technique (voir par exemple Brand, 2010 ; Caldeira et Keith, 2010 ; Keith, 2013 ; Lovelock, 2014 ; NAS, 1992). Le CC devient *objectivable*, conçu comme une entité matérielle distante de notre corps ; *nous* – au sens de l'humanité – sommes *constituants* de cette entité, mais non *constitutifs*. Ou, en d'autres mots, nous ne sentons pas l'appartenance à ce système biosphérique et ses processus. La dimension humaine, bien qu'étant perçue comme faisant partie intégrante de la biosphère et de l'évolution climatique, n'est pas considérée comme centrale dans l'enjeu climatique et dans sa résolution. Une dimension humaine est discernable dans cette catégorie, mais elle est subordonnée aux projets techniques. Cette dimension relève plutôt d'une *l'ingéniosité humaine* et de sa capacité à trouver des solutions (techniques) à des problèmes posés. Donc, *in fine*, c'est la technique qui est conçu comme étant une solution et il n'est nullement question d'inspecter les relations qu'entretiennent les sociétés avec l'environnement. Une telle approche s'inscrit, selon nous, dans ce que Charles Eisenstein (2007), dans son très bel ouvrage *The Ascent of Humanity*, qualifie comme étant la « Méthode Scientifique » (voir plus bas). Les processus naturels sont *réduits* afin de pouvoir être englobés pleinement par les sciences et les techniques ; une conception que l'on qualifie souvent de paradigme moderne de la science et qui, à notre sens, *dé-complexifie* radicalement l'enjeu environnemental en question. En effet, dans ce courant de pensée, la technique n'est plus seulement une fin en soi, c'est-à-dire qui s'érige en tant que réponse nécessaire et unique à un problème particulier dont la cause principale est connue (Shellenberger et Nordhaus, 2004), mais également une grille de lecture pour appréhender l'environnement. Dans le Chapitre 3 nous reviendrons sur ces différentes idées développées dans ce paragraphe et leur implication dans les approches géo-ingénieriales.

Pour terminer, dans une telle approche technique, l'enjeu climatique est perçu comme étant un enjeu *global* (voir par exemple Brand, 2010 ; Keith, 2013 ; Lovelock, 2014 ; Lynas, 2011) nécessitant, par conséquent, une intervention (technique) à l'échelle globale. Finalement, les raisons pour lesquelles ces efforts (techniques) sont entrepris résident dans le fait que le CC menace ces fameuses conditions climatiques idéales dans lesquelles l'humanité a prospéré (l'Holocène, voir plus haut). L'objectif est donc de maintenir ces conditions propices pour l'humanité (Rockström et al., 2017; Vaughan et Lenton M., 2011).

Une seconde approche consiste à considérer l'enjeu climatique comme intrinsèquement humain (voir par exemple Hamilton, 2013; Hulme, 2014; Klein, 2014). Il s'agit de reconnaître, dans cette optique, la forte corrélation entre les activités humaines, ancrées dans des cultures et des constructions sociétales particulières, et le dérèglement climatique. Si le climat se modifie et qu'il menace l'humanité par la suite, il est primordial de reconnaître la responsabilité anthropique de ce mécanisme pour y apporter une réponse appropriée. La résolution d'un tel problème nécessite donc, au premier chef, une introspection anthropologique des mécanismes culturels qui

engendrent ces activités. Ainsi, l'enjeu climatique est conçu comme étant un *échec* humain ; *nous* – à nouveau, au sens de l'humanité – avons entrepris un projet qui s'avère destructeur à l'échelle planétaire. Nos activités menacent la biosphère mais également nous-mêmes ; aurais-t-on donc failli dans notre tâche de trouver notre place au sein de la biosphère ? C'est en tout cas une thèse de l'Anthropocène que nous défendons par la suite : cette période de déséquilibre potentiellement monumental vers lequel nous nous dirigeons témoigne d'une période où l'humain doit (re)trouver une place, (re)considérer sa posture au sein de la biosphère.

Ceci n'induit pas un rejet de la technologie, bien au contraire. Mais, cette dernière n'est pas considérée comme étant une réponse suffisamment adéquate pour répondre au problème ; elle constitue un *moyen* permettant d'atteindre des objectifs qui résultent, d'abord, d'une réflexion anthropologique. L'enjeu climatique est un enjeu global mais aux ramifications locales parfois très distinctes ; outre cela, c'est un problème *dynamique* et s'apparente plus volontiers à un problème de *flux*, rendant presque caduque une réponse technique esulée.

Bref, cette lecture – certes simplifiée – des perceptions du CC a tout de même permis de mettre en lumière une tension qui règne entre, d'une part, les adeptes des techniques de géo-ingénierie et, d'autre part, les partisans d'une réponse autre que purement technique à l'enjeu climatique.

Comprendre ces différentes appréhensions et les lectures des divers acteurs permet, à notre sens, de cerner des premiers éléments de différents schèmes de pensée¹ issus de perceptions particulières du CC. D'une part, un schème qui semble dominé par une dialectique technique engendre plus facilement une réponse technologique au CC. Ce dernier étant perçu – de manière simplifiée à nouveau – comme un ensemble de procédés répondant à des lois naturelles mathématisables (nous reviendrons sur ce point par la suite). D'autre part, un schème dominé, quant à lui, par une vision qui place l'humain comme acteur majeur de l'enjeu climatique. Une réflexion anthropologique est considérée comme étant primordiale et nécessaire pour appréhender cet enjeu. Cette approche se situe en amont des réflexions issues du premier schème de pensée : au lieu de se concentrer sur l'état actuel des flux énergétiques dans le premier cas, nécessitant une réponse technique, le second schème de pensée se focalise ses réflexions sur ce qu'il considère comme étant la racine des enjeux climatiques – l'agir humain.

Qui s'intéresse à la géo-ingénierie ?

Nous avons, jusqu'à présent, présenté la géo-ingénierie sous un angle historique, selon les différentes définitions que l'on peut trouver et selon la perception du CC que l'on peut avoir. Ce chapitre se conclut sur une brève présentation de certains des acteurs principaux (actuels et anciens) qui militent/ont milité pour le développement de la géo-ingénierie. En employant la dénomination « acteur », nous nous référons autant à des personnes physiques qu'à des institutions.

Dans son ouvrage *Hack the Planet: Science's Best Hope – or Worst Nightmare – for Averting Climate Catastrophe* (2010), Eli Kintisch emploie un terme, repris par la suite par divers auteurs (par exemple Hamilton, 2013 ; Hulme, 2014), pour désigner un petit cercle de personnes militant discrètement

¹ Nous empruntons le concept de « schème » à l'anthropologue Philippe Descola dans son ouvrage *Par-delà nature et culture* (2005). Il s'agit de mettre en lumière « la recherche de structures de cadrage capables de rendre compte de la cohérence et de la régularité des diverses manières dont les humains vivent et perçoivent leur engagement dans le monde. » (Descola, 2005 : 169)

pour le développement de la géo-ingénierie : la « Géo-clique ». Cette dénomination est employée, notamment, pour mettre en avant le fait que les études et les débats internationaux sur la géo-ingénierie sont dominés par un petit groupe d'experts (Hamilton, 2013b).

Dans cette clique se trouve des scientifiques de pointe, des retraités et des « hobbyistes », et figurent notamment David Keith et Ken Caldeira, deux scientifiques américains devenus maintenant incontournables dans le monde de la géo-ingénierie. Le premier, un physicien diplômé du Massachusetts Institute of Technology (MIT) et travaillant actuellement à l'Université de Harvard aux Etats-Unis d'Amérique, est devenue une figure emblématique de la géo-ingénierie (Goodell, 2010; Hamilton, 2013b; Hulme, 2014; Kintisch, 2010; Stilgoe, 2015). Dans son livre *How to Cool the Planet* (2010), Jeff Goodell décrypte le parcours de David Keith, montrant un homme qui, dès son enfance, développe un très grand intérêt pour la nature ainsi que pour le problème que pose le CC ; problème dont la résolution est considérée comme étant une « urgence morale » selon Keith (Goodell, 2010: 33). Mais outre cette attention particulière accordée à la nature, Keith a une fascination pour les outils technologiques de toute sorte et se distingue par un côté très pragmatique (Goodell, 2010; Keith, 2013).

Ses travaux sur le CC et sur les possibles réponses sociétales mettent en exergue deux problèmes cruciaux: premièrement, le CC pourrait se développer plus rapidement qu'escompté et, deuxièmement, le monde peut difficilement réussir à réduire suffisamment rapidement les émissions de gaz à effet de serre pour éviter tout CC abrupt. Partant, dit Keith, bien que la meilleure réponse soit une réduction des émissions de carbone, une réponse technologique – la géo-ingénierie – est nécessaire vu l'actuelle situation de la société (Goodell, 2010; Keith, 2013).

Il y a urgence morale de trouver une solution, dit Keith, mais cette solution n'est pas destinée à sauver la civilisation humaine. Pour l'auteur, l'humanité a des capacités d'adaptation très efficaces et pourrait donc s'adapter à un nouveau climat, même si cela engendre une situation où il y a des gagnants et des perdants (Goodell, 2010; Hamilton, 2013b). Ce qui est, par contre, plus problématique, et qui justifie le développement de la géo-ingénierie, c'est la rapidité escomptée des changements futurs et le fait que la géo-ingénierie pourrait être le seul outil à disposition pour sauver certains écosystèmes (Goodell, 2010). De surcroît, Keith dénonce les arguments utilitaristes employés pour justifier la protection de la nature qui, selon lui, ne rendent pas compte de vraie valeur de la nature (Keith, 2013).

Une intervention humaine dans la nature, selon Keith, n'a pas pour effet de transformer la terre et les processus naturels en artefact (Keith, 2013). Il est primordial de reconnaître la coévolution de la nature, de la culture et de la technologie ; mais, également, de reconnaître que la faculté de l'humain à comprendre relève d'un triomphe de l'ingéniosité humaine et que, par conséquent, il est nécessaire de mettre à contribution cette faculté pour lutter contre le CC en particulier (Stilgoe, 2015).

David Keith est co-directeur aujourd'hui d'un groupe nommé *The Keith Group*¹ à l'Université de Harvard qui axe ses recherches à l'intersection des sciences du climat et de la technologie, en se focalisant particulièrement sur la science et les politiques publiques de la « géo-ingénierie solaire. » Keith est également président d'une start-up canadienne *Carbon Engineering Ltd (CE)*² qui développe

¹ Le lien du site web du groupe est le suivant : <https://keith.seas.harvard.edu>

² Le lien du site web de l'entreprise est le suivant : <http://carbonengineering.com/about-ce/>

des technologies capables de directement capturer le CO₂ dans l'atmosphère. Outre cela, Keith est actif dans la sphère publique dans le dessein de promouvoir la recherche sur la géo-ingénierie.

Le second scientifique de renom (Kintisch, 2010) faisant partie de la géo-clique que nous allons présenter ici est Ken Caldeira. Bien qu'un peu moins visible que David Keith, Caldeira est également un partisan revendiqué de la géo-ingénierie et participe activement à accroître son acceptation au sein de la société civile et à encourager la recherche dans ce domaine (Caldeira et Bala, 2017; Hamilton, 2013b; Hulme, 2014). Dans une même optique que David Keith, Caldeira estime que la société n'est pas capable de répondre au défi climatique et qu'elle ne peut empêcher le réchauffement climatique en cours, et qu'il est donc nécessaire de s'en remettre à la technologie (Kintisch, 2010). Un thème sur lequel Keith et Caldeira divergent cependant, c'est les conséquences humanitaires que le CC engendre/engendrerait ; Caldeira se montre bien plus inquiet que Keith de ce point de vue (Hamilton, 2013b). Finalement, Caldeira travaille depuis 2005 à l'institution Carnegie¹ de l'université de Stanford aux Etats-Unis d'Amérique.

Du côté de l'Europe, deux individus se distinguent en particulier dans le domaine de la géo-ingénierie. Le premier est Paul Crutzen, prix Nobel de chimie en 1995 que nous avons déjà évoqué maintes fois, et qui s'est notamment illustré par ses travaux qui lient les CFCs à la destruction de couche d'ozone, ainsi qu'à travers la parution de l'article susmentionné évoquant la géo-ingénierie. Comme nous l'avons également dit précédemment, la parution de l'article de Crutzen constitue une des étapes importantes dans le processus de légitimation de la géo-ingénierie contemporaine. Le second individu est John Shepherd, professeur émérite de l'université de Southampton en Angleterre et qui s'est notamment distingué en menant une revue sur le thème de la géo-ingénierie pour la Royal Society (Shepherd et al., 2009) qui, par ailleurs, constitue la seconde étape importante du processus de légitimation de la géo-ingénierie contemporaine. La Royal Society, par le biais de Shepherd et de la parution en 2009 de son rapport, s'est érigée en acteur important de la géo-ingénierie. En proposant une première catégorisation des techniques de géo-ingénierie, et en évoquant les enjeux de gouvernance et les difficultés d'ordre éthique en particulier – considérées comme étant les principales barrières au développement de la géo-ingénierie –, la Royal Society a contribué à instiguer des nombreux débats et des nombreuses recherches dans le domaine (Lenton et Vaughan, 2013). Hulme (2014) considère Crutzen et Shepherd comme étant les équivalents européens de David Keith et Ken Caldeira, en raison de leur forte présence dans les médias, dans les travaux scientifiques et dans les débats sur les politiques publiques en matière de géo-ingénierie. Un autre acteur européen qui s'illustre par son engagement pour une technique particulière de géo-ingénierie, basée sur une idée de John Latham développée au National Center for Atmospheric Research et qui consiste à manipuler de l'albédo des nuages, est Stephen Salter de l'université d'Edimbourg en Ecosse (Goodell, 2010; Kintisch, 2010). Toute comme David Keith, Salter est particulièrement fasciné par la technologie et, de surcroît, un monde qui pourrait être entièrement contrôlé par la technologie (Goodell, 2010).

Il convient également de mentionner James Lovelock – célèbre notamment pour sa participation dans l'édification de l'hypothèse Gaïa – comme acteur important cherchant à promouvoir la géo-ingénierie pour que celle-ci soit adoptée pour lutter contre le réchauffement

¹ Le lien du site web de l'institution est le suivant : <https://carnegiescience.edu/about>

climatique. Pour lui, mais pour d'autres auteurs également, à l'instar de Stewart Brand (Brand, 2010), l'être humain est *déjà* un géo-ingénieur. En effet, dès que notre espèce a été en mesure d'utiliser du feu pour cuisiner, nous sommes devenus, peu de temps après cela, des géo-ingénieurs (Lovelock, 2014; Stilgoe, 2015). Les inquiétudes émanant de la géo-ingénierie émises par certains auteurs concernant – par exemple, l'*hubris* humaine, la morale sous-jacente ou la responsabilité – ne sont guère si terrifiantes dans une perspective telle que celle adoptée par Lovelock.

La géo-ingénierie ne constitue cependant pas en soi la solution au CC, selon Lovelock, David Keith, Ken Caldeira et d'autres, mais elle peut fournir un délai supplémentaire permettant aux sociétés humaines de mettre en place des mesures de réduction des émissions de CO₂.

D'autres acteurs, à l'instar de Stewart Brand, Tim Flannery, Oliver Morton et Yuri Izrael auraient également pu être présentés. Toutefois, convenons de souligner leurs travaux également importants ces dernières années qui ont contribué/contribuent à influencer la perception sociale de la géo-ingénierie et de favoriser un processus de légitimation et d'acceptation.

Les financements des projets de géo-ingénierie sont en grande partie issus de riches philanthropes, à l'instar de Bill Gates et de Richard Branson (Briday, 2014; Hamilton, 2013b; Kintisch, 2010; Lenton et Vaughan, 2013). Bill Gates, célèbre entrepreneur américain et cofondateur de Microsoft, finance activement les projets de géo-ingénierie et il est le principal soutien financier de la recherche sur la géo-ingénierie dans le monde (Briday, 2014; Hamilton, 2013b). Par exemple, la start-up *Carbon Engineering*, mentionnée précédemment, est financée par des investisseurs privés dont Bill Gates (Keith, 2013). Outre cela, Bill Gates finance activement les rencontres de la communauté de la géo-ingénierie comme la réunion d'Asilomar¹, les « proceedings » de la Royal Society et bien d'autres ateliers à travers le monde (Hamilton, 2013b). David Keith et Ken Caldeira sont également fréquemment sollicités pour conseiller Bill Gates sur divers projets (Hamilton, 2013b; Keith, 2013). Finalement, Bill Gates est associé à Ken Caldeira au sein d'une société nommée *Intellectual Ventures*, qui brevète notamment un certain nombre de projets relevant de la géo-ingénierie. Parmi ces brevets on trouve celui d'une pompe océanique dont le dessein est de faire remonter à la surface l'eau de mer froide ; John Latham et Stephen Salter, notamment, figurent aussi sur le brevet (Hamilton, 2013b).

Richard Branson, un entrepreneur britannique et fondateur du *Virgin Group*, a mis en place un défi nommé « Virgin Earth Challenge » qui propose de récompenser à la hauteur de 25 millions de dollars quiconque présente un plan efficace pour extraire du carbone de l'atmosphère (Hamilton, 2013b; Lenton et Vaughan, 2013).

Les financements ne proviennent pas uniquement de quelques milliardaires convaincus des prouesses technologiques, mais également de diverses multinationales, à l'instar de la *Royal Dutch Shell* ou la société *ExxonMobil* (Hamilton, 2013b).

¹ La Conférence Internationale d'Asilomar de 2010 sur les Technologies d'Intervention sur le Climat est considérée comme étant la plus importante relativement à la géo-ingénierie jusqu'à présent, comprenant plus de 150 scientifiques et ingénieurs ainsi que des avocats et des environnementalistes. L'objectif de cette conférence était de développer des directives afin de réduire les risques lors des expériences d'intervention climatique (Caldeira et Bala, 2017 ; Stilgoe, 2015)

Les milieux politiques commencent à s'intéresser aux techniques de la géo-ingénierie. On peut mentionner un exemple en particulier : l'ancien conseiller scientifique de l'ex-Président américain Barack Obama, John Holdren, a stipulé, naguère, que la géo-ingénierie peut être une voie à suivre en matière de lutte contre le CC (Kintisch, 2010; Sikka, 2012).



Au terme de ce premier chapitre, il convient de faire un petit récapitulatif des éléments importants qui ont été abordés. Ce que nous avons vu, c'est que l'idée sous-jacente de la géo-ingénierie est le contrôle et la manipulation du climat. Cette idée de contrôle du climat, mais également de la météo, connaît une histoire importante dans les sociétés humaines à travers les différentes cultures, bien que nous nous soyons focalisés sur l'Occident.

La définition de géo-ingénierie souffre toutefois d'imprécisions et d'ambiguïtés. L'aspect commun semble être le caractère intentionnel, délibéré des projets de géo-ingénierie.

Pour tenter d'apporter plus de précision concernant les différentes techniques de géo-ingénierie, une distinction entre les techniques CDR et SRM est faite. Toutefois, cette catégorisation demeure également floue et ambiguë et ne permet pas de clairement distinguer entre les différentes techniques.

Une chose que nous avons tenté donc de mettre exergue jusqu'à là, c'est le besoin d'adopter une définition plus précise, ne mêlant pas de manière inconsidérée les dimensions humaine et technique, et le besoin d'une classification plus précise (Chapitre 2).

Finalement, nous avons vu que les projets de géo-ingénierie se développent à partir de quelques acteurs convaincus des biens-faits de ces techniques. Les financements sont au premier chef issus d'acteurs privés – de riches philanthropes notamment.

L'objectif du prochain chapitre est présenter les projets usuellement mis en avant par les géo-ingénieurs et tenter de présenter des expériences qui ont réellement été entreprises. Il s'agit également de clarifier comment ces ambitions technologiques s'associent avec les mesures de réduction et d'adaptation. Finalement, nous proposons une nouvelle définition ainsi que trois critères qualitatifs pour permettre une nouvelle classification des méthodes de géo-ingénierie.

Chapitre 2 – Projets et classification : le besoin d’une nouvelle approche ?

Les projets de géo-ingénierie

Nous proposons de présenter, dans cette première partie de chapitre, les projets actuels de géo-ingénierie. Il s’agit autant de projets qui ont déjà focalisé passablement d’attention par le passé, que de projets plus novateurs qui commencent à se frayer un chemin dans les discussions. Par projet, nous entendons une mise en œuvre d’une idée concrète dont l’expérience « taille réelle » n’a pas encore eu lieu et qui, par conséquent, est encore au stade de la recherche et de l’expérimentation taille réduite. Nous avons également choisi de nous en tenir aux projets qui apparaissent régulièrement dans les articles et les ouvrages dédiés à la géo-ingénierie.

Plus tard, nous recenserons des cas d’expérimentations « taille réelle » ; nous verrons, toutefois, qu’il est parfois malaisé de distinguer au sein même des sources disponibles ce qui relève du projet et de ce qui relève de l’expérimentation à taille réelle. Finalement, ce chapitre se conclut par présentation des enjeux liés à la volonté conciliation des aspects de réduction, d’adaptation et de techniques.

Au Chapitre 1, nous avons présenté la classification des techniques de géo-ingénierie proposée par la Royal Society (SRM et CDR) et qui s’est établie dans la littérature scientifique. Plus précisément, la grande majorité de ces techniques, qu’elles soient placées dans les catégories CDR ou SRM, vise au premier chef à modifier les flux énergétiques radiatifs (soit en augmentant la part de rayonnement infrarouge s’échappant de la biosphère, CDR ; soit en réduisant la quantité de radiation solaire absorbée par de méthodes de modification d’albédo, SRM). Ainsi, les propositions sont divisées selon leur méthode d’altération des flux énergétiques radiatifs, c’est-à-dire soit par la modification de la radiation thermique (« long-wave », émissivité ; CDR), soit par la modification de la radiation solaire (« short-wave », albédo ; SRM) (Keith, 2000).

Toutefois, au sein de ces deux grands ensembles, les experts établissent des catégories plus précises. Dans le cas du CDR, les techniques sont divisées selon leur lieu ou méthode d’action, que ce soit sur *terre*, dans les *océans*, dans les *milieux industriels* ou si leur objectif est de *capter directement le CO₂ atmosphérique*. (On peut encore subdiviser ces techniques selon leur approche, qu’elle soit *biologique* ou *chimique*. Toutefois, par soucis de clarté et de simplicité, nous avons décidé d’omettre cette méthode de catégorisation.) Dans le cas du SRM, les techniques sont également divisées selon leur lieu ou méthode d’action. On dénombre généralement cinq catégories de SRM, à savoir les techniques qui agissent dans *l’espace*, dans la *stratosphère*, dans la *troposphère*, et celles dont le dessein est de *modifier l’albédo des nuages* et celui de la *surface terrestre*.

Propositions de CDR

Les premières propositions techniques que nous présentons ci-dessous sont classées dans l’ensemble CDR. Ces différentes propositions sont résumées sur la Figure 1. Nous nous focalisons toutefois uniquement sur les méthodes ayant reçu le plus d’attention dans littérature scientifique récente (Tableau 2).

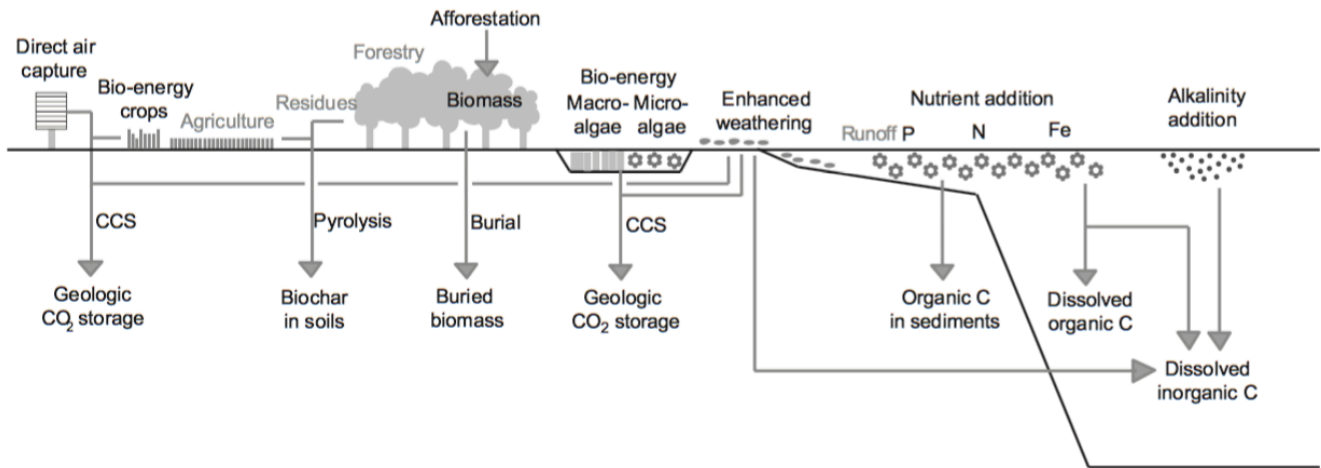


Figure 1: Résumé des méthodes de réduction du dioxyde de carbone repris de Harrison et Hester (2014)

« *Land carbon sink enhancement* »

Afforestation/ reforestation. Nous débutons par les techniques de l'ensemble CDR qui ambitionnent d'accroître les capacités d'absorption des réservoirs de carbone terrestres. La première de ces techniques peut être subdivisée en deux méthodes, l'*afforestation* et la *reforestation*. L'*afforestation* désigne une opération anthropique de conversion d'une zone non boisée – ou dont la dernière présence d'arbres remonte à plus de 50 ans – en une zone boisée. Le terme de *reforestation*, quant à lui, est employé pour désigner une opération similaire mais pour une zone dont la présence d'arbres remonte à moins de 50 ans (Keller, Feng et Oschlies, 2014; Vaughan et Lenton M., 2011; Zhang et al., 2015). Les forêts ont une signification importante pour le climat car ces dernières affectent des propriétés de surfaces telles que l'albédo, l'évapotranspiration et la rugosité des surfaces (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Haszeldine et Scott, 2014).

Les capacités d'absorption du carbone grâce à l'*afforestation* et la *reforestation* sont difficiles à établir (Haszeldine et Scott, 2014; Vaughan et Lenton M., 2011). Haszeldine et Scott (2014) supputent toutefois que le potentiel global de captage de CO₂ via l'*afforestation* pourrait être de 1.5-3.0 Gt CO₂ par année (en tenant compte de la compétition que cela engendre pour l'utilisation des sols). Lenton et Vaughan (2013) soulignent le fait que l'*afforestation* n'est efficace que dans le cas où la « nouvelle » forêt est permanente, et que le carbone perdu par la décomposition des arbres est remplacé par de nouveaux arbres.

Les émissions liées à la déforestation d'origine anthropique sont estimées à 2-4.5 Gt CO₂ par année (Haszeldine et Scott, 2014). En outre, le carbone peut être stocké de manière stable dans les forêts uniquement pendant une durée de temps limitée. Par conséquent, une gestion active des stocks de carbone à l'échelle globale doit être entreprise lors des opérations de *reforestation* (Haszeldine et Scott, 2014; Shepherd et al., 2009). Certains auteurs sont cependant optimistes au sujet de ces techniques : Lenton et Vaughan (2013), par exemple, estiment qu'environ 250 millions d'hectares ont été plantés ces dernières décennies, ce qui équivaut à une réduction d'environ 3% des émissions globales (nombre établi au moment de la publication en 2013). Caldeira, Bala et Cao (2013) suggèrent, quant à eux, qu'un programme ambitieux de *reforestation* et d'*afforestation* permettrait d'absorber tout le carbone dans l'atmosphère résultant des épisodes de déforestation antérieurs. Ainsi, d'après les auteurs, il est possible de réduire la concentration de CO₂ atmosphérique de 40 à 70 ppm d'ici la fin du siècle.

Biochar. Le biochar est une technique qui suscite un certain engouement (voir notamment Brand, 2010 ; Lovelock, 2014). La décomposition de la matière organique – le bois, les feuilles, etc. – dans des environnements avec peu, ou en l'absence complète d'oxygène, produit un solide avec une composition en carbone très élevée : le charbon. Lorsque ce processus de décomposition s'effectue à température élevée – la « pyrolyse » –, le carbone, que la matière végétale absorbe de l'atmosphère à l'origine, est fixé. Ce qui en résulte est ce que l'on nomme le biochar (Haszeldine et Scott, 2014; Hulme, 2014; Shackley et al., 2013; Shepherd et al., 2009; Vaughan et Lenton M., 2011).

Le biochar peut être ajouté aux sols afin d'améliorer leurs propriétés ainsi que pour accroître la production agricole (Hulme, 2014; Vaughan et Lenton M., 2011; Zhang et al., 2015). Ce qui est particulièrement intéressant, c'est que le biochar, sous réserve de conditions de production et gestion adéquates, peut potentiellement absorber du CO₂ pendant plusieurs centaines d'années (Hulme, 2014). Selon les estimations de Woolf et son équipe en 2010, le biochar permet une réduction nette des émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de 1.8 Gt CO₂-C_e par année – environ 12% des émissions anthropiques de CO₂-C_e –, et une élimination nette des émissions totales de 130 Gt CO₂-C_e d'ici la fin du siècle. Haszeldine et Scott (2014) estiment, pour leur part, que les capacités de séquestration du CO₂ grâce au biochar – en l'appliquant à des zones « niches » – s'élèvent potentiellement à 3.5 Gt CO₂ par année, ce qui représente un total cumulatif de 500 Gt CO₂ séquestrées sur l'étendu du siècle (appliqué à des zones dévolues exclusivement à l'agriculture, ces nombres pourraient être revus à la hausse selon les auteurs).

BECS/BECCS. La troisième technique est le *Biomass Energy with Carbon Capture and Storage* (ou BECCS) (Haszeldine et Scott, 2014; Lenton et Vaughan, 2013), ou également nommé *Biomass Energy With CO₂ Sequestration* (ou BECS) (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Shepherd et al., 2009; Vaughan et Lenton M., 2011). Il existe des techniques permettant de capturer du CO₂ directement à la sortie de centrales électriques et de le stocker dans les couches géologiques ou océaniques, afin de le séquestrer sur le long-terme (technique de capture et de stockage du carbone, voir plus bas). Mais, associé à la *bioénergie*, l'effet de réduction du CO₂ peut être encore plus considérable. En effet, les plantes extraient du CO₂ de l'atmosphère durant leur croissance ; lors de leur combustion – si elles sont utilisées dans des centrales électriques par exemple –, les plantes relâchent le CO₂ et produisent une énergie qui est neutre d'un point de vue du carbone. En équipant une centrale électrique qui utilise la biomasse comme carburant avec une technologie de capture et de stockage du CO₂, l'effet net résultant est le déplacement du carbone de la partie active de la biosphère dans les profondeurs de la géosphère (Caldeira et Keith, 2010; Caldeira, Bala et Cao, 2013; Lenton, 2014; Zhang et al., 2015).

Selon Caldeira, Bala et Cao (2013), si 3% des surfaces globales – ce qui équivaut à environ ¼ des surfaces agricoles globales – sont utilisées pour extraire du CO₂ atmosphérique via les techniques BECCS, environ 1 Gt C de CO₂ par année peut être absorbé ce qui, à l'échelle séculaire, signifie une élimination de 100 Gt C de CO₂. Haszeldine et Scott (2014) estiment, quant à eux, que le potentiel d'élimination annuel de CO₂ s'élèvent à 2.5-10 Gt CO₂ (les divergences de ces résultats reflètent le fait que la taille des surfaces agricoles qui emploient cette technique joue un rôle ; une plus grande surface a un potentiel d'élimination plus important).

Biomass burial and Algal Carbon Dioxide Capture. Deux autres méthodes employant également la biomasse consistent à soit à *enterrer la biomasse* (*Biomass burial*), soit *employer des algues pour fixer le carbone*. Enterrer la biomasse dans les terrains agricoles est considéré comme étant une méthode simple de stockage du carbone, bien que le temps de résidence du CO₂ soit très court. En

modifiant les pratiques agricoles, il est possible d'accroître la quantité de carbone enterrée dans le sol. Toutefois, le temps de résidence du CO₂ dans les sols est très court ; pour parer à cela, il est prévu d'enterrer la biomasse dans les couches océaniques (inclut également dans *ocean sink enhancement*, Tableau 2), augmentant ainsi la durée de séquestration (des centaines voire des milliers d'années). Finalement, une méthode de capture du CO₂ à l'échelle industrielle consiste à utiliser des algues dans des bioréacteurs, et des enzymes qui agissent en tant que catalyseurs organiques pour capturer l'air (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Haszeldine et Scott, 2014).

Land-based weathering. La cinquième et dernière technique que nous présentons dans ce premier sous-ensemble consiste à *accélérer* un phénomène naturel chimique de *réactions d'altération sur terre* – en anglais « weathering » . Ce phénomène consomme annuellement environ 0.1 Gt C de CO₂. En modifiant l'alcalinité des surfaces terrestres – en diffusant, par exemple, de l'olivine silicaté sur la surface terrestre (Haszeldine et Scott, 2014) –, les réactions naturelles d'altération peuvent être accélérées, permettant subséquemment d'accroître la capacité de séquestration du carbone (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Haszeldine et Scott, 2014; Hulme, 2014).

« *Ocean carbon sink enhancement* »

Le second sous-ensemble de techniques regroupe celles qui ambitionnent d'*accroître le réservoir de carbone dans les océans*.

Ocean-based weathering. Une première série de techniques appartenant à ce sous-ensemble a pour objectif de *modifier le processus d'altération naturel des océans*. Similairement au cas précédent visant à modifier l'alcalinité sur terre, le dessein d'une telle approche est d'*accroître l'alcalinité des océans* – en déposant par exemple de l'olivine concassée dans les régions côtières ou directement au grand large – afin d'augmenter leur absorption de carbone (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Hulme, 2014; Lenton, 2014; Vaughan et Lenton M., 2011; Schuiling, 2013). Le potentiel d'absorption de carbone, selon l'approche choisie pour accroître l'alcalinité, de cette technique s'élèverait à 0.18-0.20 voire 0.27 Gt C de CO₂ par année (Lenton, 2014; Vaughan et Lenton M., 2011).

Une autre solution proposée consiste à *fertiliser* les océans. L'idée est la suivante : en injectant – massivement – des nutriments directement dans l'océan, il est possible d'amplifier, d'une part, l'absorption de CO₂ atmosphérique et, d'autre part, le flux descendant du carbone à partir des couches adjacentes à la surface des océans (par exemple du fer, du phosphate et l'azote) (Boyd, 2008; Boyd, 2013; Caldeira et Bala, 2017; Hulme, 2014; Lenton, 2014). Cependant, ce processus est chronophage (Hulme, 2014).

Spécifiquement dans le cas de l'utilisation de fer et dans des conditions optimales, la fertilisation des océans permet de réduire les émissions de CO₂ atmosphérique de 10% (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Vaughan et Lenton M., 2011).

Une troisième option consiste à *injecter du CO₂ dans des sédiments* qui se trouvent, d'une part, à plus de 3000 mètres de profondeur et, d'autre part, à plusieurs centaines de mètres sous la colonne sédimentaire. Cette technique combine ainsi les atouts respectifs du stockage dans les couches géologiques et dans les couches océaniques. Toutefois, elle est peu étudiée et, par conséquent, aucune estimation des capacités d'absorption de CO₂ n'est établie (Boyd, 2008; Boyd, 2013; Caldeira et Bala, 2017; Haszeldine et Scott, 2014). Marchetti, en 1997, a proposé – en théorie du moins – un projet fort similaire (voir plus haut). Ce dernier a pour but d'injecter le CO₂ capturé dans les courants thermohalins descendants, afin de le séquestrer dans les profondeurs océaniques (Marchetti, 1977).

« *Industrial* »

Nous proposons de regrouper les techniques ayant des applications directement dans le secteur industriel dans un sous-ensemble que nous nommons « Industrial ».

Chemical feedstock. Une première approche a pour ambition d'employer le CO₂ comme *réactif*, et répond au souhait du secteur d'industriel de développer une « chimie verte ». Conçu ainsi, le CO₂ est considéré comme étant une matière première chimique (ou « chemical feedstock » en anglais) pouvant être employé pour fabriquer divers produits (par exemple des carburants, des polymères, des carbonates, etc.) (Haszeldine et Scott, 2014).

CO₂-EOR/CCUS. Deuxièmement, il existe des techniques qui visent à capter le CO₂ afin de l'employer pour d'autres applications ou pour le stocker. On trouve dans cette catégorie les techniques de *Carbon dioxide enhanced Oil Recovery* (ou CO₂-EOR) et *Carbon capture utilisation and storage* (ou CCUS). Plus spécifiquement, l'idée du CO₂-EOR est de capturer du CO₂ directement à la sortie des centrales électrique et des industries, et de l'injecter dans des champs d'hydrocarbures partiellement épuisés (Haszeldine et Scott, 2014). Les techniques de captage, d'utilisation, et de stockage du CO₂, quant à elles, font référence à un processus qui se déroule en trois temps : le captage du CO₂ directement à la source d'émission dans un premier temps, son transport dans un second, et enfin sa séquestration dans des couches géologiques et/ou océaniques (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Zhang et al., 2015). Une autre voie se dessine et qui consiste à utiliser le CO₂ capté. Autrement dit, il s'agit de valoriser le CO₂ qui, ainsi, peut être employé comme matière première pour la fabrication d'autres produits dont les possibilités semblent pléthoriques. Par ailleurs, on constate une augmentation du nombre de start-up, d'entreprises, etc. qui visent à mettre en place des projets de CCUS ou CO₂-EOR (Bennett, Schroeder et McCoy, 2014; Benson et Friedmann, 2014).

« *Air capture and storage* »

Le quatrième et dernier sous-ensemble de techniques cherchant à réduire ou éliminer le CO₂ atmosphérique regroupe les techniques de *capture du CO₂ atmosphérique directement de l'air ambiant*.

Air capture and storage. On stocke le CO₂ ainsi capté soit dans les couches géologiques, soit dans les couches océaniques (Boyd, 2008; Caldeira et Keith, 2010; Caldeira, Bala et Cao, 2013; Shepherd et al., 2009); il est également envisagé d'employer le CO₂ capté à des fins commerciales (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Haszeldine et Scott, 2014). Cette technique est cependant en compétition avec des techniques similaires de captage du CO₂; c'est-à-dire celle qui capturent le CO₂ directement à la source des émissions, notamment à la sortie des centrales électriques et/ou les industries (voir plus haut) (Caldeira et Keith, 2010; Caldeira, Bala et Cao, 2013; Hulme, 2014).

Artificial trees. Une méthode, proposée par Lackner (2014), consiste à développer des « arbres artificiels » contribuant directement à une économie dite « zéro carbone ». De surcroît, selon l'auteur, cette technique peut contribuer à atteindre une situation d'« émissions négatives », réduisant ainsi le niveau de concentration de CO₂ atmosphérique.

Selon Lenton (2014), les techniques de capture directe de CO₂ peuvent générer un réservoir de carbone dont la taille est fonction des souhaits/nécessités exprimé(s) par les sociétés, et selon les investissements que ces dernières sont prêtes à faire pour créer ces réservoirs. L'auteur suggère également que le potentiel de cette technique, à elle seule, peut éliminer 3 Gt C par année. Mais,

associée à un modèle d'évaluation intégrée, elle peut contribuer à éliminer jusqu'à 10 Gt C par année d'ici 2100.

Propositions de SRM

Nous pouvons à présent nous pencher sur le deuxième grand ensemble de techniques de lutte contre le CC, à savoir les techniques de *gestion du rayonnement solaire* (SRM) (Tableau 2). Toutes ces techniques visent à réduire la quantité de rayonnement solaire absorbée par la terre, afin de rectifier l'augmentation du forçage radiatif induit par les émissions de dioxyde de carbone d'origine anthropique – en Watt par mètre carré (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Vaughan et Lenton M., 2011). La Figure 2 illustre les différentes méthodes de gestion solaire ; celles présentées dans ci-dessous figurent dans le Tableau 2.

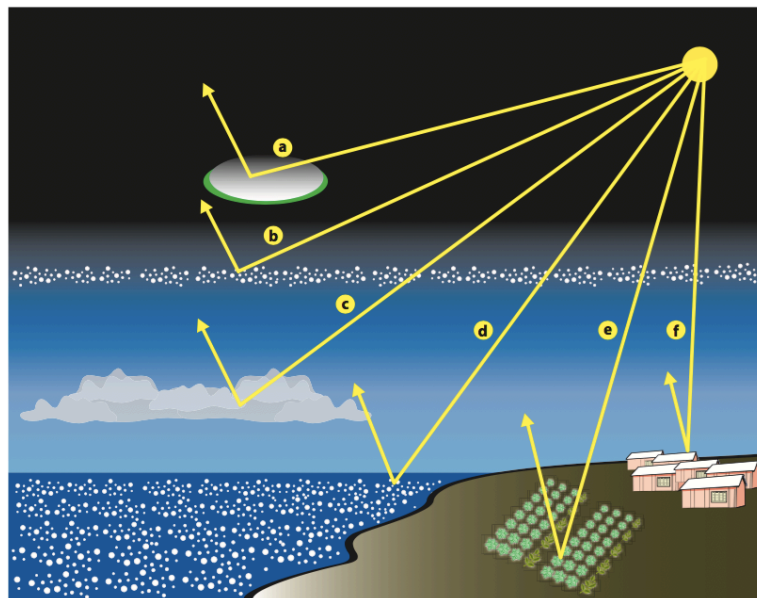


Figure 2: Schéma illustrant les différentes propositions de géo-ingénierie repris de Caldeira, Bala et Cao (2013). (a) Techniques basées dans l'espace, (b) Injection d'aérosols dans la stratosphère, (c) Augmentation de l'albédo des nuages, (d) augmentation de l'albédo des océans, (e) augmentation de la réflectivité des plantes, et (f) augmentation de l'albédo des zones urbaines

« Space-based approaches »

La première série de technique, agissant dans l'espace, a pour dessein de réduire directement le rayonnement solaire qui se dirige vers la terre. L'idée de développer des techniques au niveau de l'espace a une histoire assez longue (Lunt, 2013). Certaines propositions (parmi celles les plus souvent citées sont Early, 1989 ; Angel, 2006 ; Pearson et al., 2006 ; NAS, 1992) se sont focalisées sur le ce que l'on dénomme en anglais « the first Lagrange point of the Earth-Sun system » (L1), un point stable se situant entre le soleil et la terre où les forces agissant sur un objet sont équilibrées (Caldeira, Bala et Cao, 2013; McInnes, Bewick et Sanchez, 2013).

Parasol, Bouclier de verre, Miroirs, Satellites. Le projet d'Angel (2006) a pour objectif d'installer un parasol constitué de disques de 60 cm de diamètre au point Lagrange L1, dans l'optique de bloquer 1.8% du rayonnement solaire arrivant sur terre. Early (1989) prévoit, quant à lui, de placer un

mince bouclier de verre, confectionné à partir de matériaux lunaires, et de le placer au point Lagrange L1. La NAS (1992), elle, suggère de placer des miroirs dans l'orbite autour de la terre. Finalement, Caldeira et Keith (2010) défendent l'idée « simple et efficace » d'envoyer des satellites dans l'espace pour réfléchir les rayonnements lumineux.

Toutefois, toutes ces techniques font face à des difficultés ; par exemple, pour compenser l'augmentation du forçage radiatif annuel du aux émissions de CO₂ d'origine anthropique, il est nécessaire de déployer, chaque année, une surface réfléchissante de plus de 10'000 km² (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Vaughan et Lenton M., 2011).

« *Stratospheric aerosol-based approaches* »

Particules soufrées. Une autre approche consiste à *injecter des aérosols au niveau de la stratosphère*. Cette approche suscite un certain optimisme, déjà en 1977 avec une proposition de Budyko (Crutzen, 2006; Keith, 2000), car elle prétend reproduire les effets de l'éruption volcanique du Mt Pinatubo en 1991 (Crutzen, 2006; Keith, 2000; Keith, 2013; Kravitz, 2013; Rasch et al., 2008; Rasch, Crutzen et Coleman, 2008; Robock, Oman et Stenchikov, 2008; Wigley, 2006). L'éruption du Mt Pinatubo diffuse massivement du dioxyde de soufre dans la stratosphère qui, par oxydation, forme des aérosols soufrés. Ces derniers réfléchissent le rayonnement solaire, atténuant ainsi le réchauffement de la partie basse de l'atmosphère (Hulme, 2014; Vaughan et Lenton M., 2011). En diffusant massivement – et intentionnellement cette fois-ci – du dioxyde de soufre dans la stratosphère, il est tout à fait concevable, d'après les experts, de recréer ce phénomène de refroidissement de 1991 (Caldeira et Keith, 2010; Caldeira, Bala et Cao, 2013; Keith, 2013; Rasch et al., 2008; Rasch, Crutzen et Coleman, 2008; Robock, 2014). Différentes méthodes de diffusion de ces petites particules sont proposées : par exemple par le biais de ballons pouvant voler à haute altitude, de pièces d'artilleries, d'aéronefs, etc. (Boyd, 2008; Caldeira, Bala et Cao, 2013; Crutzen, 2006; Vaughan et Lenton M., 2011).

Pour faire face à un doublement hypothétique de la concentration de CO₂ atmosphérique, on estime qu'il est nécessaire d'injecter annuellement entre 1.5 et 3 Tg S (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Vaughan et Lenton M., 2011).

« *Enhanced Cloud Albedo* »

Cloud condensation nuclei/whitening clouds. John Latham, en 1990, puis d'autres scientifiques par la suite (notamment Stephen Salter), proposent de modifier la réflectivité des nuages à basse altitude. Plus spécifiquement, il s'agit de modifier les nuages « stratocumulus marins » en augmentant le nombre de noyaux de condensation des nuages (en anglais « cloud condensation nuclei » ou CCN), Cela permet d'accroître la surface totale des gouttelettes formant le nuage et, ainsi, accroître la réflectivité des nuages (une théorie que formule Twomey en 1977, nommée « Twomey effect ») en réduisant la quantité d'énergie solaire absorbée par ces derniers (Caldeira et Bala, 2017; Salter, 2013; Salter, Stevenson et Tsiamis, 2014; Shepherd et al., 2009; Vaughan et Lenton M., 2011). Les méthodes de diffusion s'apparentent à celles proposées pour la diffusion de particules soufrées.

Caldeira et Keith (2010), quant à eux, suggèrent de « blanchir » les nuages dans des zones océaniques en les vaporisant légèrement d'eau de mer. Les auteurs stipulent, dans le cas d'un développement à l'échelle globale de cette technique, qu'il serait possible de refroidir considérablement la Terre ; toutefois, ils n'incluent nullement des données empiriques.

Malgré l'optimisme notoire de certains experts, Caldeira, Bala et Cao (2013) soulignent le fait qu'en raison des incertitudes liées aux propriétés microphysiques des nuages, de nombreuses incertitudes persistent quant à l'efficacité de cette approche.

« *Surface-albedo enhancement* »

Zones urbaines, rurales, pâturages et cultures. Pour conclure cette partie sur les techniques de gestion solaire, nous nous penchons sur celles qui ambitionnent de modifier l'albédo des surfaces terrestres. Les méthodes sont nombreuses, comprenant des projets de modification de la réflectivité des régions rurales, urbaines, désertiques, mais également des surfaces océaniques (Caldeira, Bala et Cao, 2013; Caldeira et Keith, 2010; Vaughan et Lenton M., 2011). Caldeira et Keith (2010) mentionnent la possibilité de « blanchissement » des toits d'immeubles, des terres cultivées, des pâturages, ou même des surfaces océaniques. Vaughan et Lenton (2011), quant à eux, mentionnent la possibilité d'employer des matériaux différents pour les surfaces pavées afin d'accroître l'albédo. Concernant plus spécifiquement les cultures, Davies-Barnard (2014) suppose qu'une légère augmentation de l'albédo des cultures en Amérique du Nord peut potentiellement faire décroître les températures estivales jusqu'à 1°C.

Malgré la pléthore de projets, Caldeira, Bala et Cao (2013), Caldeira et Keith (2010), et Vaughan et Lenton (2011) s'accordent pour dire que l'impact potentiel de ces projets sur le climat est moindre. Toutefois, disent Caldeira et Keith 2010, aucune donnée empirique n'est encore disponible pour évaluer le potentiel du blanchissement des surfaces océaniques.

Parmi toutes ces différentes techniques, certains auteurs cherchent à évaluer lesquelles sont les plus optimales à développer et utiliser dans l'état actuel des connaissances (voir par exemple Boucher et al., 2014 ; Caldeira et Keith, 2010 ; Shepherd et al., 2009). Dans son rapport de 2009, la Royal Society propose quatre critères pour évaluer les méthodes de géo-ingénierie selon leur potentiel de développement et de déploiement (voir Figure 3) :

1. L'*efficacité* des techniques (en anglais « effectiveness ») ce qui fait référence à la confiance accordée aux bases technologiques, à la faisabilité technologique, à l'intensité, à l'échelle spatiale, ainsi qu'à l'uniformité des effets atteignables.
2. L'*opportunité* (en anglais « timeliness »), faisant référence au degré de préparation et à la vitesse avec laquelle l'effet escompté sur le CC aura lieu.
3. La *sécurité* (en anglais « safety »), ce qui fait référence à la prévisibilité et la vérification des effets recherchés, à l'absence d'effets indésirables et d'impacts environnementaux prévisibles ou involontaires, et à la faible probabilité qu'un événement non souhaitable arrive à large échelle.
4. Et, finalement, les *coûts* que les techniques engendrent (en anglais « costs »), ce qui inclut les coûts liés au déploiement et à l'exploitation pour atteindre un effet désiré (les coûts sont calculés par Gt C pour les techniques de CDR, et par W/m² pour les techniques de SRM).

Tableau 2: Projets de géo-ingénierie issus d'une sélection de sources.

Classification	Projets/méthodes	Sources sélectionnées
CDR	Land – Carbon sink enhancement:	
	<ul style="list-style-type: none"> - Afforestation et reforestation, - Biochar - BECS/BECCS - Biomass Burial and Algal Carbon Dioxide Capture - Accelerated weathering over land. 	Caldeira, Bala et Cao (2013) ; Harrison et Hester (2014) ; Keller, Feng et Oeschles (2014) ; Vaughan et Lenton (2011) ; Lenton et Vaughan (2013) ; Zhang et al. (2015) ; Woolf et al. (2010) ; Shepherd et al. (2009) ; Caldeira et Keith (2010) ; Boyd (2008) ; Hulme (2014)
	Ocean – carbon sink enhancement	
	<ul style="list-style-type: none"> - Ocean-based weathering (alkalinity enhancement, fertilisation, deep sea sediments) - Biomass Burial (voir « Land » ci-dessus) 	Caldeira, Bala et Cao (2013) ; Lenton et Vaughan (2013) ; Vaughan et Lenton (2011) ; Keller, Feng et Oeschles (2014) ; Zhang et al. (2015) ; Caldeira et Keith (2010) ; Lenton et Vaughan (2013) ; Zhang et al. (2015) ; Harrison et Hester (2014) ; Shepherd et al. (2009) ; Marchetti (1977) ; Keith (2000) ; Boyd (2008) ; Hulme (2014)
SRM	Industrial	
	<ul style="list-style-type: none"> - Chemical Feedstock - Carbon Dioxide for Enhanced Oil Recovery (CO₂-EOR) – Carbon Capture and Storage at source 	Harrison et Hester (2014) ; Shepherd et al. (2009) ; Bennett, Schroeder et McCoy (2014) ; Benson et Friedmann (2014)
	Air capture and storage	
	<ul style="list-style-type: none"> - Air capture and storage - Artificial Trees 	Caldeira, Bala et Cao (2013) ; Vaughan et Lenton (2011) ; Lenton et Vaughan (2013) ; Harrison et Hester (2014) ; Zhang et al. (2015) ; Caldeira et Keith (2010) ; Shepherd et al. (2009)
SRM	Space-based approaches	
	<ul style="list-style-type: none"> - Parasol - Bouclier de verre - Miroirs - Satellites 	Caldeira, Bala et Cao (2013) ; Harrison et Hester (2014) ; Lenton et Vaughan (2013) ; Vaughan et Lenton (2011) ; Zhang et al. (2015) ; Caldeira et Keith (2010) ; Shepherd et al. (2009) ; Bala et Caldeira (2000) ; Keith (2000) ; Boyd (2008) ; Angel (2006) ; Pearson et al. (2006) ; NAS (1992) ; Early (1989)
	Stratospheric aerosol-based approaches	
	<ul style="list-style-type: none"> - Particules soufrées 	Caldeira, Bala et Cao (2013) ; Harrison et Hester (2014) ; Lenton et Vaughan (2013) ; Wigley (2006) ; Vaughan et Lenton (2011) ; Zhang et al. (2015) ; Rasch et al. (2008) ; Rasch, Crutzen et Coleman (2008) ; Robock et al. (2010) ; Caldeira et Keith (2010) ; Robock, Oman et Stenchikov (2008) ; Keith (2013) ; Shepherd et al. (2009) ; Crutzen (2006) ; Keith (2000) ; Keith (2013) ; Boyd (2008)
	Enhanced Cloud Albedo	
	<ul style="list-style-type: none"> - Cloud condensation nuclei/whitening clouds 	Caldeira, Bala et Cao (2013) ; Harrison et Hester (2014) ; Lenton et Vaughan (2013) ; Vaughan et Lenton (2011) ; Zhang et al. (2015) ; Caldeira et Keith (2010) ; Shepherd et al. (2009)
Surface-albedo enhancement		
<ul style="list-style-type: none"> - Zones urbaines - Zones rurales - Pâturages, cultures 	Caldeira, Bala et Cao (2013) ; Harrison et Hester (2014) ; Vaughan et Lenton (2011) ; Caldeira et Keith (2010) ; Zhang et al. (2015)	

Abréviations : BECS, « Biomass Energy with CO₂ Sequestration » ; BECCS, « Biomass Energy with Carbon Capture and Storage (BECCS) » ; CDR, Carbon Dioxide Removal ; SRM : Solar Radiation Management

Les résultats de l'évaluation de la Royal Society (Figure 3) illustrent la complexité d'une telle entreprise. Par exemple, selon les auteurs, l'injection d'aérosols stratosphériques est une technique très efficace et dont le développement des effets souhaités est rapide ; cependant, les coûts estimés semblent significatifs et des risques en termes de sécurité sont anticipés. De manière plus générale, les méthodes de CDR sont des techniques « faisables », mais les effets escomptés sont chronophages et les coûts relativement élevés. Les méthodes extrayant le CO₂ de l'atmosphère sont celles qui engendrent le moins de perturbations pour les processus du système Terre. Les méthodes de SRM, quant à elles, permettent de réduire les températures globales plus rapidement (quelques années à une décennie) et plus efficacement en comparaison avec les mesures de réduction des émissions anthropiques à la source (au sens de réduction, « mitigation »). Toutefois, ces techniques sont sujettes à des risques importants, notamment celui connu sous la dénomination

anglophone « the termination problem » (ce que constatent également d'autres auteurs, voir notamment Caldeira, Bala et Cao, 2013 ; Keller, Feng et Oschlies, 2014) qui s'articule ainsi : si d'aventure les techniques de SRM devaient cesser brusquement, l'un des effets subséquent pressentis serait un réchauffement rapide de l'atmosphère produisant potentiellement des effets délétères tant pour l'environnement que pour l'humanité. Bref, chaque technique est sujette à des difficultés particulières (techniques notamment) qui doivent être considérées. Outre ces difficultés, chaque technique comporte – à différents degrés certes – des risques qui parfois peuvent être significatifs, à l'instar du « termination problem ».

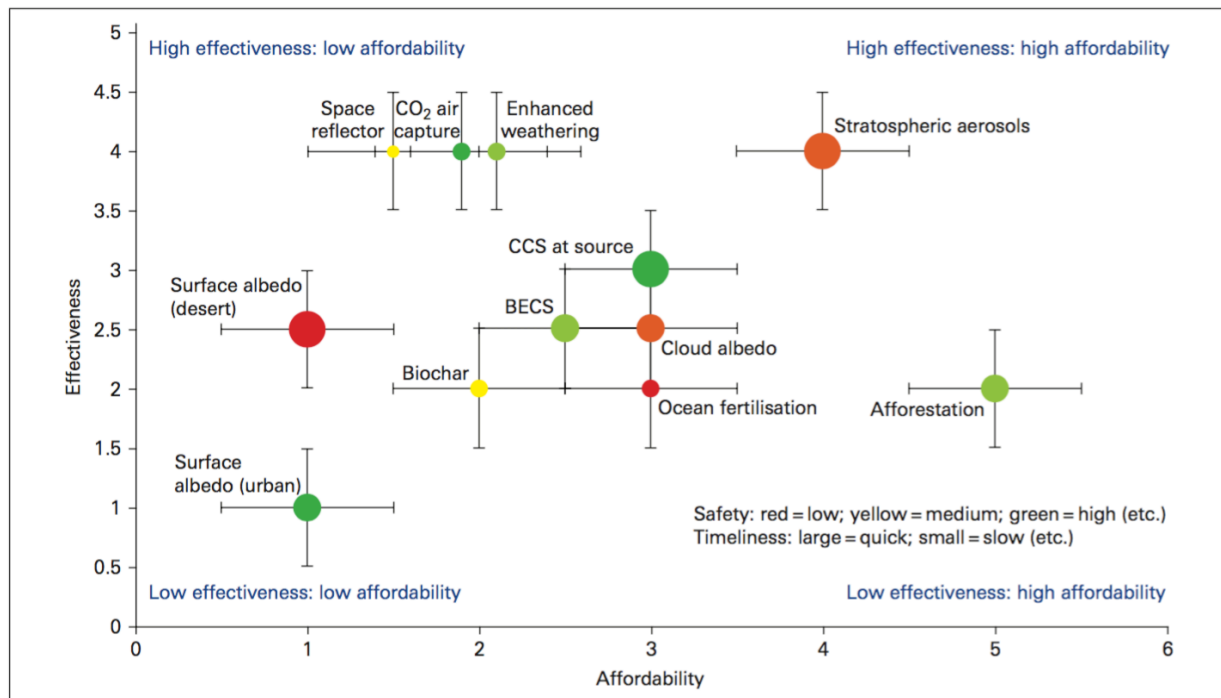


Figure 3: Evaluation préliminaire des techniques de géo-ingénierie faite par la Royal Society (Shepherd et al., 2009: 49)

Arrêtons-nous un instant sur un critère d'évaluation qui fait couler beaucoup d'encre : les *coûts*. Ces derniers sont un critère fréquemment employé pour soit tenter de susciter de l'enthousiasme (voir par exemple Keith, 2013 ; Goodell, 2010 ; Stilgoe, 2015) pour la géo-ingénierie, soit au contraire pour fustiger les coûts conséquents que bon nombre de techniques peuvent générer (voir par exemple Kravitz, 2013). Dans les premières lignes de son livre *A case for climate engineering*, David Keith écrit : « To say that it's "possible" [l'ingénierie climatique] understates the case: it is *cheap* [nous soulignons] and technically easy » (Keith, 2013: IX). De même, Fleming (2010) relaie une définition de la géo-ingénierie proposée par Ted Nordhaus (co-fondateur du think tank américain *The Breakthrough Institute*), fruit d'une analyse entre la croissance économique et le CC : « a hypothetical technology that provides *costless* [emphase ajoutée par Fleming, 2010] mitigation of climate change » (Fleming, 2010: 246). L'atout économique de la géo-ingénierie est donc fréquemment employé comme argument pour justifier son développement ; la géo-ingénierie est une technique qui semble pouvoir pleinement s'inscrire, selon ces auteurs notamment, dans le modèle économique dominant. Mais encore, la géo-ingénierie permet, selon Nordhaus, de

poursuivre la croissance économique et, par conséquent, produit des bénéfices bien supérieurs à ceux que l'on obtient si l'on stabilise le climat (Fleming, 2010).

Dans le prochain sous-chapitre, nous proposons d'exposer certaines « expériences réelles » de géo-ingénierie. Il s'agit d'expériences qui ont eu lieu ces dernières années, ou de projets futurs dont les premières manœuvres pourraient être amorcées prochainement.

Les « expériences réelles » recensées

Il est délicat d'obtenir des informations fiables pour évaluer si véritablement ou non des « expériences réelles » ont pu/été entreprises. Il faut reconnaître que certains projets, à l'instar de ceux qui visent à modifier l'albédo de la Terre par la diffusion d'aérosols soufrés dans la stratosphère, doivent être testés à échelle « taille réelle » (Hamilton, 2013b). D'autres projets néanmoins, par exemple la fertilisation des océans ou le captage de CO₂ au niveau industriel, peuvent être testés dès à présent. Nous proposons de présenter certaines expériences qui ont été entreprises et qui sont considérées comme étant de la géo-ingénierie (Tableau 3)¹, en nous basant principalement sur des articles de presse et scientifiques de ces dernières années.

Une petite précision s'avère toutefois nécessaire : nous entendons par *expérience* tout projet ou toute méthode mise en pratique, c'est-à-dire qui a provoqué un phénomène pouvant générer des données qui peuvent subséquemment être étudiées afin d'évaluer l'efficacité pratique et la pertinence du projet.

Cette partie s'avère nécessaire, selon nous, pour deux raisons principalement : d'une part, le fait qu'un nombre élevé des techniques nécessitent un déploiement à une échelle « taille réelle » pour être testés, cela rend plausible l'éventualité d'un basculement des sociétés vers un emploi forcé de ces techniques. En effet, certains auteurs stipulent clairement la nécessité d'une gestion continue, et sur le long terme, pour évaluer l'efficacité d'une technique prometteuse mais dont l'arrêt peut s'avérer fort délicat. D'autre part, d'aucuns pourraient rétorquer que ces inquiétudes sont infondées puisque les techniques de géo-ingénierie, dans leur grande majorité, ne sont qu'au stade de la recherche et du développement. Toutefois, avec la progression notoire des études et des débats sur la géo-ingénierie, il ne nous paraît pas utopique de supposer que des expériences pourraient éclore dans les années à venir.

En juillet 2012, un événement fait grand bruit dans les médias et suscite même une certaine indignation auprès de différents acteurs de la société civile, de divers avocats, et chez des environnementalistes. Ce mois-là, Russ George, un « businessman » américain et ancien chef exécutif de la société *Planktos Inc*, en compagnie de collègues de la *Haida Salmon Restoration Corporation*, déverse à partir d'un bateau de pêche ce que l'on estime être environ 100 tonnes de sulfate de fer dans l'Océan Pacifique au large de la côte ouest du Canada (ce qui s'apparente à une méthode de fertilisation, voir plus haut).

¹ Nous concédons que la liste d'expériences dressées dans ce chapitre n'est nullement exhaustive ; nous proposons de présenter celles dont nous avons pu obtenir suffisamment d'informations.

Tableau 3: Expériences de géo-ingénierie issues d'une sélection de sources.

Sources	Expériences
The Guardian (2012), Basta (2012), Zhang et al. (2014), <i>Ritimo</i> (2016), Briday (2014), Levy (2015)	Dépôt de 100 tonnes de particules de fer (sulfates de fer) dans l'Océan Pacifique sur la côte ouest du Canada, dans l'optique d'absorber du CO ₂ et qu'il soit séquestré dans les fonds océaniques. Commandité par Russ George, « businessman » américain.
ETC Group (2012)	Publication d'une carte mondiale et d'un tableau répertoriant des potentielles expériences de géo-ingénierie (près de 300) depuis 60 ans.
Le Nouvel Observateur (2013), Zhang et al. (2014), Stilgoe (2015), Harrison et Hester (2014), Briday (2014)	Le projet britannique « SPICE ». L'objectif fut d'étudier les effets de l'injection dans la stratosphère d'aérosols. Projet abandonné.
Zhang et al. (2014), <i>Ritimo</i> (2016)	Projets d'afforestation et reforestation en Europe, Asie et Amérique. Par exemple : <i>Three-North Shelterbelt Program</i> (appelé également <i>Green Great Wall</i>)
The Guardian (2015), Science (2017), ScienceAlert (2015), Briday (2014)	Trois start-up sont prêtes à déployer leur technologie de captage de CO ₂ de l'atmosphère (Carbon Engineering Ltd, Global Thermostat et Climeworks)
The Guardian (2017)	Projet futur d'injecter des aérosols dans la couche supérieure de l'atmosphère (20 km). Université d'Harvard.

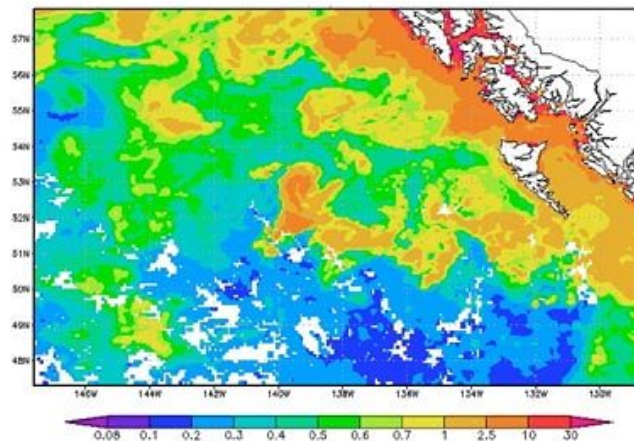


Figure 4: Les couleurs jaunes – brunes montrent des concentrations plutôt élevées de chlorophyll suite au déversement de sulfate de fer dans l'Océan Pacifique à l'ouest du Canada par Russ George et son équipe. Cette image satellite a été prise en août 2012. Source : The Guardian (2012) : <https://www.theguardian.com/environment/2012/oct/15/pacific-iron-fertilisation-geoengineering>. Image originale: Photographe, Giovanni/Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center/Nasa.

L'objectif de cette expérience est de créer un plancton artificiel (ou autrement dit de faire croître le plancton naturel et ainsi créer une prolifération rapide de ce dernier) pouvant augmenter l'absorption de dioxyde de carbone. L'idée étant de séquestrer le carbone capturé en tant que sédiment océanique suite à la mort du plancton. Les images satellites montrent que le plancton artificiel induit par ce déversement de sulfate de carbone a atteint une surface que l'on estime être de l'ordre 10'000 km² (Figure 4).

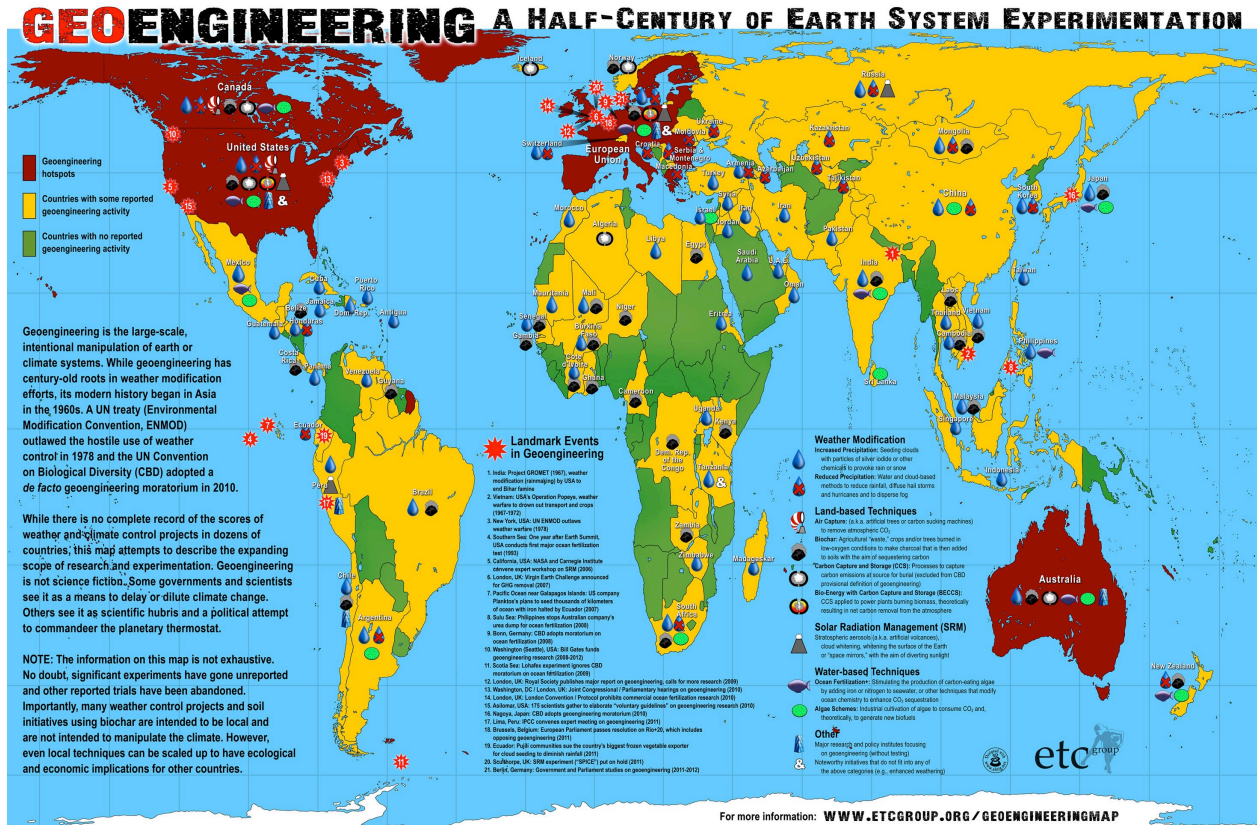


Figure 5: Expériences et projets de géo-ingénierie mondiaux répertoriés par l'organisation ETC Group en 2012 (lien pour accéder à la carte : <http://www.etcgroup.org/content/world-geoengineering>)

L'ETC Group¹ est une organisation qui vise à évaluer les impacts socio-économique et environnementaux qui émergent avec le développement de nouvelles technologies, notamment à l'encontre des populations plus vulnérables. L'organisation considère que la géo-ingénierie est une technologie à haut risque et qui propose, selon le groupe, des solutions inadéquates pour lutter contre le CC. Fort de ce constat, l'organisation a répertorié les expériences de géo-ingénierie qui ont été entreprises à travers le monde. Elle affirme avoir répertorié presque 300 expériences et projets mondialement depuis un demi-siècle environ ; pis encore, l'organisation estime que ce nombre peut être vu à la hausse dû au fait que les informations sur certains pays sont inaccessibles. Pour exposer ces projets/expériences de géo-ingénierie, le groupe a produit une carte mondiale (Figure 5) ainsi qu'un tableau² répertoriant les principales activités liées à la géo-ingénierie. Outre cela, la carte a pour ambition de mettre en lumière les régions où les développements en matière de géo-ingénierie sont les plus significatifs ; d'après le groupe, l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Australie notamment sont actifs dans ce domaine.

¹ Le lien du site web de l'organisation, pour plus d'informations : <http://www.etcgroup.org>

² Le lien vers le tableau : <http://www.etcgroup.org/content/world-geoengineering>. Remarque: La carte et le tableau contiennent de nombreuses informations – notamment certains grands traités internationaux – qui ne relèvent pas du champ d'étude de cette recherche.

Ces résultats peuvent paraître surprenants en raison de l'ampleur que semble prendre la géo-ingénierie à travers le monde. Toutefois, nous souhaitons nuancer quelque peu ces résultats : l'organisation agrège tous les événements relatifs à la géo-ingénierie, les projets et les expériences de manipulation du climat mais également de la météo, y compris, d'après notre compréhension, les intentions de projets de recherche. Ce que l'on peut tout de même en tirer, à la lumière de ces résultats, c'est que, d'une part, la géo-ingénierie semble susciter bien plus d'attention que certains auteurs ne semblent affirmer et que, d'autre part, dans lignée de ce qui a été dit dans le Chapitre 1, une définition et une classification claires et précises de ce que l'on entend par géo-ingénierie semblent impératives (Chapitre 2).

Le projet *SPICE* (« Stratospheric Particle Injection for Climate Engineering »), fréquemment mentionné dans la littérature (voir par exemple Caldeira et Bala, 2017 ; Keith, 2013 ; Flannery 2015 ; Stilgoe, 2015), fruit d'une collaboration entre les universités de Bristol, Cambridge et Oxford, a pour objectif de tester l'efficacité des techniques de gestion solaire (SRM). En 2010, ce projet reçoit l'aval du gouvernement britannique pour une expérience consacrée à l'injection d'aérosols dans la stratosphère, en mimant le mécanisme d'une éruption volcanique (voir plus haut). En vaporisant une légère quantité d'eau salée à 1 km d'altitude, les auteurs prétendent pouvoir ainsi évaluer et prévoir les effets que cela peut engendrer à 20 km d'altitude. Toutefois, ce projet se heurte à de fortes contestations, tout particulièrement de la part de la société civile, ce qui provoque la suspension du projet par le gouvernement.

Les projets d'afforestation et de reforestation connaissent un certain engouement en raison certainement d'une mise en œuvre plus aisée. Plusieurs projets sont actuellement en cours en Asie, Europe et également en Amérique. Un projet fréquemment mentionné est la *Grande muraille verte* dans le Sahara et le Sahel qui vise à lutter contre le CC et la désertification rampante. De manière analogue, un projet d'afforestation chinois nommé *Three-North Shelter Forest Program* ou *Green Great Wall* vise à contrer l'expansion du désert Gobi (région se situant entre le nord de la Chine et le sud de la Mongolie).

Les projets et expériences de capture de stockage et utilisation du CO₂ connaissent un essor significatif ces dernières années. Parmi la pléthore de projets et d'initiatives que l'on peut recenser (voir notamment Robock, Jerch et Bunzl, 2008), nous proposons de mentionner trois start-ups en particulier qui semblent avoir le plus progressé ces dernières années. Les trois start-ups (*Carbon Engineering Ltd*, *Global Thermostat*, et *Climeworks*) ont pour objectif de capter le CO₂ et soit de le stocker dans des couches géologiques ou océaniques, soit de le revaloriser dans des projets industriels ou commerciaux notamment (par exemple le CO₂ pourrait être utilisé, après transformation, en un carburant bas en teneur de carbone). *Climeworks* (basée en Suisse), selon *The Guardian*, en avril 2012, a pu capturer du CO₂ de l'air ambiant et le fournir subséquemment à l'entreprise allemande *Sunfire*, qui s'est chargée de recycler ce CO₂ pour en fabriquer un diesel avec une concentration nulle en carbone.

Une dernière expérience que nous souhaitons présenter dans cette section est en réalité une expérience qui n'a pas encore été effectuée mais qui, d'après *The Guardian*, pourrait voir le jour prochainement. Le programme de recherche en question, basé à l'université d'Harvard et dont le coût estimé est d'environ 20 millions de dollars, a pour objectif d'envoyer des aérosols dans la partie supérieure de l'atmosphère pour étudier les risques et les bénéfices d'une solution technologique pour lutter contre le CC. Plus spécifiquement, et faisant écho au projet *SPICE* brièvement présenté plus haut, ce programme de recherche – dont les premiers essais vont être entamés prochainement selon les auteurs de l'article (mars 2017) – vise à déterminer si la

technologie en question permet de simuler efficacement le refroidissement atmosphérique constaté suite à une éruption volcanique. Deux expériences « taille réduite » sont prévues d'ici 2022, l'une diffusant de l'eau et l'autre des particules de carbonate de calcium. A l'avenir, il est envisageable d'employer de l'oxyde d'aluminium ou même des diamants selon les experts. L'article soutient que l'entrepreneur Bill Gates est l'un des principaux bailleurs de fond de ce projet.

Quid de la réduction et de l'adaptation ?

Les efforts en matière de lutte contre le CC sont généralement regroupés dans trois grandes catégories : la première est la *réduction* (en anglais « mitigation ») et vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique. Les mesures de réduction des émissions ambitionnent, par exemple, de modifier le système économique, basé majoritairement sur les énergies fossiles, pour adopter un modèle économique à bas carbone (Thornes et Pope, 2014). Selon cette conception, la réduction est entendue comme une démarche *proactive*, c'est-à-dire une démarche nécessitant une modification des modes de vie ainsi qu'un apport technologique afin de réduire l'intensité d'un événement futur potentiellement dommageable (Bahn et al., 2015; Bourg et Hess, 2010).

La deuxième approche est ce que l'on nomme l'*adaptation* : cette approche s'est développée en réponse au CC en cours et en raison de l'inertie du système climatique. Les effets du CC se font sentir de plus en plus et même si l'on parvient à réduire les émissions de gaz à effet de serre de manière draconienne, nous constaterons néanmoins toujours un réchauffement climatique en raison des gaz à effet de serre déjà présents dans l'atmosphère émis par le passé. Dès lors, même si nous parvenons à limiter ce réchauffement, nous subirons tout de même certains de ses effets (la montée des eaux, la désertification rampante, etc.) et les mesures d'adaptations ont pour tâche de préparer les sociétés humaines en augmentant leur résilience face à ces changements (Thornes et Pope, 2014). Les mesures d'adaptation sont conçues comme des démarches *réactives* ; plus spécifiquement, une telle conception envisage le développement d'un événement potentiellement dangereux auquel il faudra réagir et s'adapter (Bahn et al., 2015; Bourg et Hess, 2010). Bourg et Hess (2010) estiment que les démarches envisagées sont/seront principalement technologiques.

La troisième approche consiste à développer des techniques de *géo-ingénierie* pour inverser la tendance du CC. Dans les paragraphes qui suivent, nous allons présenter quelques éléments permettant de comprendre le développement de ces trois approches dans la littérature.

Les mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre sont décrites comme étant le moyen de lutte le plus efficace ; le rapport de la Royal Society (Shepherd et al., 2009) et l'article de Crutzen (Crutzen, 2006) insistent sur le fait qu'il serait bien plus souhaitable d'aborder la lutte contre le réchauffement climatique en réduisant les émissions de carbone. En effet, Crutzen et la Royal Society, et d'autres par la suite, disent regretter le manque d'efforts politiques en matière de lutte contre le réchauffement climatique (voir par exemple Crutzen, 2006; Flannery, 2015; Keith, 2013; Lovelock, 2014; Lynas, 2011; Rockström et al., 2017). Certains relèvent, de surcroît qu'il est utopique d'espérer modifier le système économique ainsi que le secteur énergétique pour adopter un mode fonction sociétal moins néfaste pour l'environnement (Keith, 2013; Morton, 2015). Face

à ces constats et les échecs des politiques publiques nationales et également internationales¹, d'aucuns estiment qu'il s'avère nécessaire de se tourner vers le « Plan B » (Bahn et al., 2015 ; Fragnière et Gardiner, 2016), plus inquiétant et risqué, mais potentiellement effectif sur le *court terme* : la géo-ingénierie (Caldeira et Keith, 2010; Flannery, 2015; Fleming, 2010; Goodell, 2010; Horton et Keith, 2016; Keith, 2013). Sur le *long terme* par contre, nombreux sont les auteurs à souligner la nécessité d'encourager les efforts de réduction des émissions et d'adaptation en concomitance avec les développements de la géo-ingénierie (Boyd 2008 ; Hansen et al., 2008 ; Keith 2000 ; Keith 2013 ; Schneider, 1996 ; Wigley 2006).

Cependant, comme le relève Boucher et al. (2014), non seulement la définition de la géo-ingénierie souffre d'ambiguïtés (Chapitre 1), mais les notions d'adaptation et de réduction sont également mises à mal par un manque de clarté et de précision quant à leur définition et vis-à-vis de leur relation avec la géo-ingénierie (Boucher et al., 2014). D'aucuns, par exemple, estiment qu'il serait inconcevable d'espérer atténuer les émissions de CO₂ si les techniques de géo-ingénierie étaient mises en œuvre. En effet, une solution technique instillerait un sentiment de suffisance, c'est-à-dire qu'il ne serait pas nécessaire de modifier les comportements, les modes de vie, etc. puisque la technique permettrait de résoudre les problèmes causés par ces activités même (Bourg et Hess, 2010; Hamilton, 2013b). Mais certains (par exemple Flannery, 2015 ; Keith, 2013 ; Wigley, 2006) estiment que la géo-ingénierie accorderait un temps supplémentaire pour mettre en place des mesures efficaces de réduction des émissions et de proposer, le cas échéant, des mesures d'adaptation. Cet argument est connu en anglais comme étant le « buy time argument » (Hamilton, 2013a; Preston, 2016).

D'autres estiment, à la lumière de la situation urgente et menaçante dans laquelle l'humanité se trouve, qu'il n'y a plus de raison d'opposer la réduction et l'adaptation (Bourg et Hess, 2010). Il est nécessaire, au contraire, selon Bourg et Hess (2010), de lutter contre le réchauffement climatique en considérant les deux aspects – réduction et adaptation –, mais dont les proportions dépendent, d'une part, de l'importance et de l'efficacité des efforts de lutte contre le réchauffement climatique et, d'autre part, de la sensibilité du système climatique. Il s'agit à présent, selon ces auteurs, de définir quel scénario l'humanité souhaite développer pour lutter contre les dérèglements climatiques ; les auteurs en proposent trois : le scénario de l'« adaptation exclusive », le scénario « préventif et durable », et enfin le scénario du « désespoir ». Tous se distinguent au niveau des proportions d'adaptation, de réduction et de technique définies dans chacun des scénarios respectifs.

¹ Les grands traités internationaux en matière de climat (Convention-Cadres des Nations Unies sur les Changements Climatiques – ou CNUCC – adoptée en 1992 à Rio de Janeiro au Brésil et dont la Conférence des Parties – ou COP – est l'organe suprême de la Convention, ou en d'autres mots la plus haute autorité de prise de décision (CCUNCC, 2014)) sont très souvent dépeints comme des échecs par de nombreux auteurs. En particulier, la 15^e Conférence des Parties (COP15) de la CCNUCC qui s'est tenue à Copenhague en 2009, semble marquer un tournant pour de nombreux auteurs (voir par exemple Goodell, 2010 ; Klein, 2014 ; Lynas, 2011 ; Preston, 2011) car considérée comme étant un échec vertigineux. L'absence d'aboutissement significatif dans les négociations diplomatiques et l'état un peu « désespéré » de la conférence décrit par Lynas (2011) participent à mettre sur le devant de la scène politique et scientifique l'idée selon laquelle il serait nécessaire de se tourner vers la technique, et plus spécifiquement la géo-ingénierie, pour résoudre le problème climatique. Un an plus tard, du reste, le GIEC décida d'inclure dans son rapport une évaluation de la géo-ingénierie comme possible réponse au réchauffement climatique (Hamilton, 2013).

Cette porte ouverte aux différentes interprétations des efforts de réduction des émissions et d'adaptation peut avoir un certain nombre de conséquences problématiques. Premièrement, la réduction des émissions peut en tout cas se pourvoir de deux significations distinctes. Réduire les émissions peut suggérer qu'il y a bien une reconnaissance du fait que les sociétés occidentales, en particulier, ont instauré un mécanisme économique de production et de consommation qui nécessite une croissance économique perpétuelle et qui dépend directement des énergies fossiles. Pour alimenter cette croissance économique, il est nécessaire de créer les conditions propices à un regain de consommation et de production. Un tel système, *in fine*, fait fi des limites planétaires et de l'épuisement des ressources naturelles et ne fait qu'exacerber les craintes d'un CC dangereux. Bref, cette première lecture des possibles moyens de réduction des émissions tend à montrer qu'il s'agit bien plus que d'une « simple » réduction des émissions, mais relève d'une réflexion d'ordre ontologique et métaphysique : elle tend à dévoiler un problème systémique qui doit être pris en compte pour réduire les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique. Concilier un effort de réduction en parallèle avec une réponse technique (voir notamment Wigley, 2006 et Keith, 2013) semble malaisé dans un tel paradigme. La conception des efforts de réduction, dans cette veine, requiert une réflexion d'ordre sociétal ; la géo-ingénierie peut donc paraître profondément incohérente. En d'autres mots, le système qui produit le problème peut-il vraiment le résoudre ? Ou bien faut-il un nouveau système pour développer d'autres remèdes ? De surcroît, la géo-ingénierie offre la possibilité de pérenniser un statu quo, ce qui est également incohérent avec cette vision de réduction des émissions.

Une seconde lecture possible des méthodes de réduction des émissions de carbone, diamétralement opposée à la première, propose de se reposer sur la technique dans une perspective que l'on peut qualifier de « constructiviste » (Neyrat, 2016). Avec un regain de techniques, non seulement il est possible d'empêcher qu'un surplus d'émissions de CO₂ soit émis, mais il est de surcroît possible de retirer du CO₂ émis antérieurement. Le principal fautif du réchauffement climatique demeure le CO₂ dans cette conception ; mais elle ne parvient pas à faire explicitement le lien avec le fonctionnement sociétal en vigueur. Elle perçoit l'excès d'émissions de CO₂ comme un problème technique auquel un surcroît de technique peut être une solution. Dans un tel paradigme, concevoir la réduction des émissions avec la géo-ingénierie est plus aisé ; car cette dernière, au fond, prétend avoir pour objectif, notamment, de réduire des émissions de CO₂ et, ainsi, s'inscrit soigneusement dans ces efforts généraux de réduction (Boyd, 2008; Fragnière et Gardiner, 2016; Rockström et al., 2017).

Les mesures d'adaptation résultent, comme nous l'avons vu, du constat qu'un réchauffement climatique se poursuivra, même dans le cas d'une mise en place d'un plan rigoureux de réduction des émissions. Cela signifie, par conséquent, le développement d'événements dangereux dans certaines parties du monde et pour certaines populations (Preston, 2016). Tout comme Bourg et Hess (2010), nous estimons que les mesures d'adaptation sont (ou seront) principalement technologiques (construction de digues, végétaliser les zones urbaines, etc.). Toutefois, nous pensons qu'il est nécessaire, derechef, de distinguer en tout cas deux lectures de l'adaptation en considérant le rôle de la technologie : une première lecture de l'adaptation considère la technique comme étant un *moyen*, c'est-à-dire comme partie intégrante d'un projet plus vaste qui s'inscrit dans une perspective de réduction des émissions de CO₂. Dans cette veine, on peut parler d'une sorte de *décentrement* de la stature de la technique ; elle n'est pas une finalité, mais fait partie d'un ensemble d'outils qui permettent d'atteindre un but (voir par exemple Hamilton, 2013 ; Hulme, 2014). Ce cas

s'apparente au « scénario préventif » que Bourg et Hess (2010) décrivent : par exemple, des mesures de réduction par la modification des comportements peuvent être accompagnées de développements de techniques pauvres en carbone (mesures d'adaptation). Dans un tel paradigme, une fois encore, la géo-ingénierie n'est pas conçue comme étant une solution viable, ni souhaitable, puisqu'elle relègue au second plans les réflexions relatives à la société et son mode de fonctionnement.

Alternativement, on peut concevoir l'adaptation par un surcroît de technologie. Contrairement au cas précédent, la technique est ici une *finalité*, au sens où elle constitue l'unique et ultime réponse au problème posé. La technique permet à l'humain de s'adapter aux conditions et événements dangereux qui émergent avec le CC. Par exemple, Liao, Sandberg et Roache (2012) dans leur article *Human Engineering and Climate Change*, proposent toute une série de techniques biomédicales permettant de modifier l'humain pour qu'ils puissent s'adapter au CC. Selon les auteurs, ces transmutations – qui s'inscrivent dans un courant transhumaniste – peuvent être une solution moins risquée que la géo-ingénierie. Ces idées ne sont pas étrangères à celles, par exemple, du courant *éco-moderniste* dans lesquels il est stipulé que la technique permet à l'humain de s'adapter, de se surpasser et de franchir les limites qu'imposent la Terre. Dans cette veine, trouver un moyen de distinguer clairement entre géo-ingénierie et adaptation peut être une tâche difficile (Boucher et al., 2014; Fragnière et Gardiner, 2016).

Bref, ce que nous avons tenté de montrer dans cette partie, c'est que le trio de mesures proposé pour répondre aux enjeux du CC – réduction, adaptation et géo-ingénierie – ne peut être aisément combiné, bien qu'il est souvent clairement stipulé que les trois sont nécessaires et ne peuvent se substituer les uns aux autres (Horton et Keith, 2016). Tant les mesures de réduction que d'adaptation peuvent être sujettes à des interprétations différentes selon les contextes et les appréhensions du CC. En outre, la géo-ingénierie tend à suggérer que l'adaptation et la réduction des émissions ne sont pas suffisantes pour faire face à la situation climatique (McLaren, 2016). Pouvoir mettre en œuvre des mesures effectives nécessite que les trois mesures soient clairement définies et, que leur mise en place se fasse à partir d'une même conception de la nature et du spectre des réponses possibles au problème posé.

Avant de passer à la suite, résumons-nous brièvement. Nous pouvons en tout cas tirer une information fondamentale des réflexions et des éléments présentés jusqu'ici : nous avons constaté que les différentes notions désignant les mesures de lutte contre le CC – la réduction, l'adaptation et la géo-ingénierie – souffrent de définitions imprécises. Les classifications résultantes sont, par conséquent, également imprécises et sujettes à interprétation. Mais la pléthore de possibilités techniques et d'autres mesures est un aspect positif pour la lutte contre le CC. Toutefois, nous pensons qu'un manque de clarté dans les différentes approches, qu'elles soient technique, adaptative ou de réduction prêterent et masquent certains enjeux, notamment les différentes conceptions ontologique et métaphysique du CC, de la technique, etc. Fort de ce constat, il nous paraît fondamental de revenir sur ces éléments de base. Dans les lignes qui suivent, nous proposons une nouvelle définition de la géo-ingénierie, et nous proposons également trois nouveaux critères de classification. Ceci dans l'optique de rendre plus limpide la différence entre les différentes techniques de géo-ingénierie, d'une part, et les autres mesures de lutte contre le CC, d'autre part.

Notre approche cherche à montrer qu'il est plus important de se pencher sur les techniques individuelles pour créer une distinction plus nette entre ces dernières. Nous rejoignons ainsi les propos de Heyward (2013) qui souligne également l'importance de considérer les techniques de manière isolée plutôt que faisant partie d'une kyrielle d'autres techniques vaguement similaires. De surcroît, cette prise en compte de l'aspect technique nous permet distinguer, au sein même des efforts de réduction et d'adaptation, des différences fondamentales.

Une définition qui intègre la dimension humaine

L'une de raisons fondamentales qui nous encourage à proposer une nouvelle formulation de la définition géo-ingénierie – outre les éléments présentés précédemment –, c'est qu'il manque à notre sens une prise en compte de la dimension *humaine*. Prenons un instant pour préciser ce point. Les chapitres précédents ont dépeint la géo-ingénierie comme étant une série de techniques/de méthodes destinées à se conjuguer afin de lutter contre le CC. Nous sommes convaincus que cette manière de présenter la géo-ingénierie a pour effet d'oblitérer tout un pan de réflexion anthropologique pourtant intrinsèquement lié à la conception de cette technologie. En effet, sans cela, la géo-ingénierie est envisagée comme un objet, extérieur, mais sous contrôle humain, comme un instrument pour résoudre un problème, en l'occurrence le CC. Mais, et c'est ce que nous avons évoqué en introduction de ce travail, les développements de la géo-ingénierie portent en eux une anthropologie implicite (Clingerman, 2014; Hamilton, 2013b; Klein, 2014; Le Dévédec, 2015) qui nous amène à mener une réflexion sur des thèmes très divers, notamment la maîtrise et l'*hubris*, les capacités humaines, la spiritualité. Dans cette veine, et dans la lignée des propos de Stilgoe (2015), *il nous paraît plus opportun de parler d'« idée » lorsque l'on parle de géo-ingénierie, plutôt que de technologie*. Cette approche n'est certes pas nouvelle et le mot « idée » est fréquemment employé dans la littérature. Mais en définissant dès le départ la géo-ingénierie comme étant une *idée*, il est possible, selon nous, et comme nous l'avons discuté en introduction, de mener les analyses et les réflexions en amont du développement des techniques de géo-ingénierie.

Une *idée* – dans un sens proche de la *représentation* ou comme un *agencement de concepts* – intègre cette dimension humaine lacunaire dans la définition actuelle, et permet de rendre compte des implications métaphysique, ontologique et épistémologique afférentes à la géo-ingénierie. Conçue en tant qu'idée et non pas uniquement en tant que technique, la géo-ingénierie se débarrasse de sa neutralité ; en effet, une idée fait directement face à des considérations d'ordre éthique et anthropologique. Une idée incite plus volontiers un approfondissement des potentiels enjeux et finalités – et donc notamment un regard prospectif sur les implications du long terme – qui résulte des prémisses cette idée. Ainsi, il s'opère un décentrement des réflexions sur la technique en soi, c'est-à-dire qu'il n'est plus uniquement question de *faire*, d'agir par le biais de la technique (*nous* ne sommes plus uniquement des *Homo faber*). La conception pragmatique est donc relativisée au profit d'une réflexion d'ordre ontologique, métaphysique et épistémologique (une forme d'*Homo Sapiens*).

Un deuxième élément qui nous paraît essentiel de soulever a trait au choix même du mot « géo-ingénierie ». En raison de la prolifération du nombre de techniques classées sans grande distinction dans la catégorie de la géo-ingénierie, il nous paraît judicieux de choisir une dénomination plus précise. Nous défendons l'idée que la dénomination *Climate Engineering* (ou *ingénierie climatique*) est plus précise. Cette dénomination n'est certes pas novatrice (plusieurs auteurs l'emploient, par exemple Boucher et al., 2014 ; Keith, 2013 ; Preston, 2011 ; Neyrat, 2015), et ce n'est pas par manque de goût pour les néologismes que nous optons pour elle, mais elle permet de situer

directement l'enjeu de la technique. Car cette dernière, comme nous l'avons vu dans les différentes définitions du Chapitre 1, s'attaque directement au climat (d'où l'emploi du terme « climat ») et est une technique à proprement parler d'ingénieur, c'est-à-dire compris comme étant un projet anthropique d'application concrète à partir de certaines connaissances scientifiques précises. Mentionner le climat directement dans le titre est une manière de cibler également les techniques qui se concentrent sur le climat explicitement. Du reste, l'emploi du terme climat fait également référence à l'échelle globale à laquelle cette technique se déploie.

Il nous paraît opportun, en outre, afin de mieux ancrer la dimension humaine dans la définition de la géo-ingénierie, d'utiliser dans la définition même les verbes *manipuler* et *contrôler* ce qui, de surcroît, souligne le caractère *intentionnel* de cette forme d'ingénierie. L'idée de manipulation est comprise dans un sens de « manier, modeler à son gré (une chose abstraite) », et celle de contrôle comprise comme l'acte de « maîtriser » ou « dominer » (Grand Robert, 2012). Un tel choix permet également de souligner, d'une part, le caractère, à notre sens, *anthropocentrique* intrinsèque aux techniques de géo-ingénierie et, d'autre part, l'idée d'une domination du système climatique atteinte grâce l'ingéniosité humaine. Le caractère transcendant de l'humain et de la technique est ainsi souligné. En outre, cette idée de manipulation et de contrôle du système Terre – et plus précisément le système climatique et de la météorologie – n'est pas ancienne ; par souci de clarté, il paraît judicieux d'intégrer directement dans la définition cette caractéristique *historique*.

Finalement, pour faire écho à ce qui a été déjà précédemment expliqué, la géo-ingénierie contient une anthropologie implicite et il nous semble inapproprié de la laisser de côté. Nous retrouvons donc les traits de la géo-ingénierie que Schelling (1996) avait mis en avant dans son article, à savoir la « globalité », et les caractères « intentionnel » et « non naturel ». Ce dernier point est sujet à débat et suscite des controverses, mais il dépeint à notre sens une interaction nouvelle et incertaine avec la nature qui se manifeste par ces projets de contrôle et de manipulation anthropiques.

Par conséquent, nous proposons la définition suivante de l'ingénierie climatique : *une idée historique qui vise à manipuler et contrôler le climat dans l'optique de contrer les effets délétères d'un changement climatique anthropique dangereux pour l'humanité, comportant une anthropologie implicite, affectant potentiellement la relation qu'entretient l'humain avec le milieu naturel et ayant des implications sur le devenir humain et celui de la biosphère*. Dans la seconde partie de ce travail, nous employons « l'ingénierie climatique » (IC) pour faire référence aux techniques et méthodes qui s'associent à cette proposition de définition.

Eléments pour une potentielle nouvelle classification des techniques de géo-ingénierie

La définition de l'IC que nous proposons suggère donc que l'on reconsidère la manière de classer les techniques et méthodes anciennement appelées géo-ingénierie et nous nous plaçons donc dans la même lignée que les travaux Boucher et al. (2014) et Heyward (2013). Heyward (2013) propose de ne plus considérer la géo-ingénierie comme étant une troisième catégorie (en sus des efforts de réduction et d'adaptation), mais estime que cette dernière doit être désagrégée pour rendre compte des différentes techniques à disposition et de leur potentialité. En outre, les ensembles de techniques de CDR et SRM ne doivent pas être subsumées dans les catégories d'adaptation et de réduction. C'est-à-dire qu'une technique considérée comme étant de la géo-ingénierie, comme l'afforestation par exemple, peut également être considérée comme un effort de réduction. Bref, selon l'auteur, il est plus judicieux de se pencher sur les *techniques en elles-mêmes*.

Boucher et al. (2014), en s'inspirant des travaux de Heyward (2013), établissent un certain nombre de critères pour déboucher sur une classification innovante des méthodes de lutte contre le CC. Boucher et son équipe relèvent dans un premier temps sept attributs (l'intention, l'échelle et/ou l'intensité, l'impact sur les communs globaux et les effets lointains, le degré de « naturel » (perçu) – artificiel, le degré de permanence, la rapidité, et l'effet de levier) qui, estiment-ils, constituent une aide pour classer les différentes techniques et les distinguer des efforts de réduction et d'adaptation. A partir de ces attributs, Boucher et son équipe proposent une catégorisation plus générale des moyens de lutte contre le CC en distinguant quatre critères : l'échelle d'action, l'échelle des impacts, l'impact sur les communs globaux, les effets transfrontaliers ou transnationaux indésirables, et la permanence de l'effet. Ainsi, les auteurs proposent cinq catégories de réponses au CC anthropique : *anthropogenic emissions reductions (AER)*, *Territorial or domestic removal of atmospheric CO₂ and other long-lived greenhouse gases (D-GGR)*, *Trans-territorial or trans-boundary removal of atmospheric CO₂ and other long-lived greenhouse gases (T-GGR)*, *Regional to planetary targeted climate or environmental modification (TCM)*, et *Climate change adaptation including local targeted climate or environmental modification (CCAM)*.

Les catégories que proposent Boucher et son équipe sont une première version innovante de stratégie de classification permettant, d'une part, de distinguer l'IC des approches de réduction et d'adaptation et, d'autre part, de distinguer entre les différentes techniques même d'IC. Toutefois, comme le soulignent les auteurs, cette approche est intrinsèquement scientifique ; d'autres catégorisations sont possibles, selon les auteurs, notamment basées sur les technologies ou orientées sur les politiques. De surcroît, les auteurs soutiennent qu'un retour des sciences sociales serait intéressant. En poursuivant sur cette voie et en nous inspirant grandement de la catégorisation de cette étude, nous proposons une nouvelle catégorisation par l'introduction de trois nouveaux critères *qualitatifs*. Le premier est d'ordre *ontologique*. L'argument ontologique atteste que deux postures sont envisageables et que nous empruntons à Hamilton (2013a), soit une *humilité ontologique*, soit une *un sentiment de transcendance ontologique*¹. Plus spécifiquement, ces ontologies se réfèrent à une certaine appréhension du monde, une manière de concevoir la nature et le monde en lui-même. L'humilité ontologique, de manière très générale et au sens où nous l'entendons, tend à rendre compte d'une inséparabilité de l'humain et de la nature et de la Terre entretenant un sentiment d'humilité chez l'humain. Dans cette optique, les sciences et les techniques sont conçues comme étant des *moyens* pour comprendre, découvrir, interagir (etc.) avec la nature. Par contraste, le sentiment de transcendance ontologique fait état d'une transcendance humaine reconnaissant, au premier chef, les valeurs humaines et l'importance d'un soi et d'individualisation (Hamilton, 2013a). Dans une telle conception, et en concomitance avec le réductionnisme épistémologique et ontologique ayant pour effet de dé-complexifier la réalité en la mathématisant (Chapitre 3), les fantasmes de manipulation et de contrôle (que nous appelons « sentiment de transcendance » pour simplifier dans cette partie) naissent plus aisément. La technique et les sciences permettent l'éclosion d'une telle ontologie et deviennent, par conséquent, des *fins en soi*.

¹ Hamilton (2013a) parle d'« arrogance ontologique » ; nous préférons employer « sentiment de transcendance » pour nous éloigner de la formulation à connotation négative à notre sens proposée par l'auteur. De surcroît, l'idée de transcendance permet de mieux appréhender à notre sens une idée de supériorité sur les éléments naturels.

Un deuxième critère que nous proposons est relatif au degré de *perturbations anthropique des processus naturels*¹. Il s'agit d'une appréciation qualitative cherchant à distinguer entre des *interactions* et de *modifications*. Par interaction – ce qui correspondrait du reste à une *faible* perturbation des processus naturels –, nous souhaitons souligner un processus dans lequel l'humain s'inscrit et ne modifie pas ce processus intégralement, mais qui l'influence dans une veine symbiotique. Par modification, nous entendons un projet anthropique de manipulation des processus naturels s'acheminant vers une domination desdits processus.

Le troisième et dernier critère que nous proposons concerne les *risques*. Nombreux sont les risques d'ordre techniques qui sont mis en avant par les auteurs. Ici, nous proposons de distinguer deux risques en particulier : le premier fait écho au premier critère d'ordre ontologique et souligne les risques *globaux techniques* qui peuvent être engendrés par le déploiement de techniques d'IC. Par exemple, une fois certaines techniques de SRM interrompues, un réchauffement climatique rapide – et par conséquent dangereux – peut se produire. Pour ce sous-critère, nous nous basons également sur les travaux de la Royal Society pour évaluer ces risques. Les développements de techniques d'IC engendrent potentiellement de « nouveaux risques » selon Fragnière et Gardiner (2016), notamment en exacerbant les échecs moraux. Un de ces échecs qui constitue, à notre sens, un risque majeur, est le fait d'enclencher une situation de *verrouillage technologique*. Cela résulte de décisions basées sur le court terme, mais qui ne font que de repousser les problèmes sur long terme, expédiant le fardeau et les menaces sur les générations futures. Un verrouillage technique constitue, d'une part, une situation dans laquelle une technique ne peut être arrêtée car cela engendre des conséquences potentiellement délétères pour l'humanité et, d'autre part, la mise en place d'un schème de pensée technique – ou autrement dit un retournement dialectique (nous étudierons cela) – où la technique est considérée comme étant une fin en soi et non plus un moyen (cf. critère ontologique précédent). De surcroît, une telle situation peut avoir des répercussions significatives d'un point de vue éthique notamment, rendant l'adoption d'une éthique écologique plus astreignante.

Le Tableau 4 est en grande partie repris de Boucher et son équipe ; quelques modifications, ajouts, et suppressions ont été faits et apparaissent en italique dans le texte du tableau. Ce dernier, ainsi que la Figure 6, proposent six catégories de possibles réponses au CC (Boucher et son équipe en proposait cinq dans leur article). Les critères que nous avons établis précédemment nous permettent de faire quelques distinctions supplémentaires, notamment par rapport au rôle de la technique dans les mesures proposées (en lien avec les réflexions menées précédemment). Nous suggérons de clairement distinguer entre des mesures basées sur une réponse dite *humaine* d'une part, c'est-à-dire établie sur la base d'un projet sociétal, communautaire, ou autre, au sein duquel la technique joue, certes, un rôle mais qui n'est pas prépondérant (la technique est donc considérée comme un *moyen*) ; et les réponses basées sur l'utilisation accrue de la technologie, d'autre part, qui est considérée comme le remède principal pour répondre au CC.

¹ Nous employons le terme de processus naturel pour regrouper tant les cycles biogéochimiques que les processus d'effet de serre, etc.

Tableau 4: Proposition de catégorisation des réponses au CC. Tableau repris et modifié en langue originale de Boucher et al. (2014), et ajout des trois critères définis dans le chapitre, en français. Éléments modifiés ou ajoutés apparaissent en italique dans le tableau ci-dessous. Certains éléments ont également été enlevés du tableau original.

Proposed Name	Short Definition	Mapping onto Previous Terminology	Examples	Scale of Action	Scale of impacts	Impact on the Global Commons	Trans-Boundary of Transnational Side Effects	Permanence of the Effect	Humilité ou transcendance ontologique	Perturbations des systèmes naturels	Risques (techniques et de verrouillage technique)
Anthropogenic emissions reductions	Initiatives and measures to reduce or prevent anthropogenic emissions of warming agents into the atmosphere	Includes most forms of mitigation but excludes human-induced CO ₂ sink enhancement	Improved energy efficiency, reduction in production and/or consumption of goods and services, introduction of renewable energies, nuclear energy, fossil fuel energy with CCS, reducing emissions from deforestation and forest degradation, emission reductions of BC and ozone precursors	Generally a localized action or a sum of localized actions	Global through a decrease in the global-mean RF by greenhouse gases and other warming agents	None expected. Expected to slow down the depletion of fossil fuel resources (except for CCS). Expected to slow down ocean acidification for CO ₂ measures	Generally none	Commensurate to the atmospheric lifetime of the species being mitigated, longer if emission reduction is sustained	Humilité ontologique : les effets problématiques de la dépendance aux énergies fossiles, et l'inspiration d'une réflexion sur les mécanismes de consommation et de production. Sciences et techniques considérées comme des moyens pour atteindre des nouveaux objectifs sociétaux	Limitée. Limitation de la dépendance aux fossiles, variété d'énergie, consommation et production plus restreintes souhaitées, le tout ayant un effet de réduction des effets sur les systèmes naturels	Faibles. Les projets techniques de grande envergure (cf. IC) ne sont pas considérés, limitant ainsi les risques importants afférents à ces technologies. Les efforts de changements sociétaux. Il y a une volonté de léguer aux générations futures une variété d'outils (techniques et humains) limitant le risque d'un verrouillage technique
Removal of atmospheric CO ₂ and other long-lived greenhouse gases: Human-Nature interaction emphasis	Removal of CO ₂ and long-lived greenhouse gases from the atmosphere operating, <i>emphasizing a human-nature interaction nearing a symbiotic relation on a rather localized scale.</i>	Includes territorial CO ₂ sink enhancement previously labeled under mitigation, with environmental side effects if any occurring within national jurisdictions	Reforestation, <i>afforestation (small or large-scale)</i> , biochar and other means of increasing storage of C in soils <i>based on human-nature interaction.</i>	Generally a localized action or a sum of localized actions	Global through a decrease in the global-mean RF by greenhouse gases	None in the strict sense. May not slow down the depletion of fossil fuel resources. Expected to slow down ocean acidification for CO ₂ measures	Possible (e.g., in evaporation, runoff, river flow, changes in biodiversity) but limited	Commensurate with the permanence of the storage medium	Humilité ontologique. Risque de dérive vers un sentiment de transcendance. Projets visant à atténuer changements climatiques, mais dans une perspective d'interaction avec la nature et non de domination.	Potentiellement importantes. Intervention dans les processus naturels dans l'optique d'accroître la productivité de certains processus, mais pas dans une veine de domination et demeurent généralement locales. Interventions pas	Concomitants avec l'ontologie dominante. Une interaction symbiotique réduit les risques. Toutefois les dérives potentielles vers un emploi excessif des techniques mentionnées amplifieraient les risques tant techniques que du

<p>Removal of atmospheric CO₂ and other long-lived greenhouse gases: Technology-Nature interaction emphasis</p>	<p>Removal of atmospheric CO₂ and long-lived greenhouse gases from the atmosphere, with a technology-nature interaction emphasis</p>	<p>Intègre les techniques directement appliquées aux sources d'émissions</p>	<p>Par exemple les techniques de CCS à la source, BECCS, etc.</p>	<p>Généralement local</p>	<p>Global through a decrease in the global-mean RF by greenhouse gases</p>	<p>Expected to slow down ocean acidification.</p>	<p>Regional, Trans-boundary or transnational effects depending on scale of deployment</p>	<p>Commensurate with the permanence of the storage medium</p>	<p>Potentiellement transcendant ontologique : idée selon laquelle il serait possible de capturer le CO₂ aisément et potentiellement à l'échelle de l'univers</p>	<p>Potentiellement importantes. Elément principalement lié à l'échelle de déplacement. Techniques plus disruptives que le point précédent.</p>	<p>point de vue du verrouillage technique.</p> <p>Risques plus prégnants que dans la catégorie précédente, notamment du point de vue du verrouillage technologique.</p>
<p>Climate change adaptation measures – Contextual adaptation</p>	<p>Initiatives and measures to reduce the vulnerability of natural and human systems to the effects of climate change, focusing on humble and contextual adaptation.</p>	<p>Essentially what is usually considered as adaptation (mainly technological)</p>	<p>« Human engineering », la construction de diges, barrages conséquents, etc.</p>	<p>Local</p>	<p>Local</p>	<p>None expected</p>	<p>None expected</p>	<p>Long si projet ambitieux et robuste entrepris</p>	<p>Humilité ontologique. Adaptation au contexte naturel environnant. Relation symbiotique avec la nature et ses processus. Si la technologie est employée, c'est dans une perspective de moyen permettant d'atteindre des objectifs sociétaux prioritaires.</p>	<p>Faibles. Les interactions humains-nature se déroulent dans une perspective symbiotique. Les perturbations sont limitées pour permettre d'accroître la résilience et réduire la vulnérabilité face au changement climatique.</p>	<p>Très faibles. La technique n'est pas centrale, mais est un moyen ; les risques afférents sont considérés comme étant moindres. Aucun verrouillage technologique n'est pressenti ; au contraire, une grande variété de mesures peut être transmises aux générations futures.</p>
<p>Climate change adaptation measures – Technological adaptation</p>	<p>Initiatives and measures to reduce the vulnerability of natural and human systems to the effects of</p>	<p>Essentially what is usually considered as adaptation (mainly technological)</p>	<p>« Human engineering », la construction de diges, barrages conséquents, etc.</p>	<p>Généralement des efforts locaux, mais potentiellement à plus large échelle.</p>	<p>Local généralement</p>	<p>Limité</p>	<p>None, limited to the local scale, or not detectable (i.e., 'within the noise'). Some measures may however affect</p>	<p>Commensurate to the lifetime of the adaptation measure (typically months to</p>	<p>Deux ontologies présentes. Une adaptation mesurée au contexte avec des éléments techniques permettant</p>	<p>Faibles à importantes. Concomitant avec le point précédent (cf. ontologie).</p>	<p>Faibles à importants. Selon l'échelle et l'intensité de la technologie employées des risques</p>

	climate change, focusing on technological adaptation.				river flow	decades)	d'atteindre les objectifs fixés conduirait à une humilité ontologique. Une adaptation « forcée » malgré les contraintes environnementales relèverait d'un sentiment de transcendance. Statut de la science concomitante avec l'ontologie dominante.		importants peuvent être encourus. Les risques relatifs au verrouillage technologiques sont considérés comme moindres.
Climate Engineering	Une idée historique qui vise à manipuler et contrôler le climat dans l'optique de contrer les effets délétères d'un changement climatique anthropique dangereux pour l'humanité, comportant une anthropologie implicite, affectant potentiellement la relation qu'entretient l'humain avec le milieu naturel et ayant des implications sur le devenir humain et celui de la biosphère (cf. définition proposée précédemment)	Géo-ingénierie, « planet-backing », « planet management », etc. ; comprenant les techniques issues des deux catégories CDR et SRM.	Injection of stratospheric aerosols, marine cloud brightening, cirrus suppression, desert brightening on a large scale, ocean heat mixing, modification to Arctic sea ice. Ocean alkalinity, enhanced weathering (with input of by-products into rivers or the oceans), iron fertilization, injection of CO ₂ into the ocean, Direct air capture.	Large-scale and/or diffuse (even though the initial action can be local)	Regional to global cooling	Yes (e.g., through the atmosphere and remote climate effects).	Measurable trans-boundary or transnational side effects	Short as this happens targeted climate or environmental modification through rapidly-responding components of the climate system	Très importantes. Echelle de perturbation significative, impliquant potentiellement l'humanité dans son entièreté. Perspective de modification des processus dans une veine conquérante.
							Sentiment de transcendance ontologique. Perspective de domination des systèmes naturels dans une veine purement anthropocentrée et utilitariste. La technique une fin en soi, remède principal contre le réchauffement climatique.		Risques élevés. Les risques techniques proposés pourraient potentiellement causer des effets délétères importants si leur emploi s'accompagnait. En outre, l'ampleur des projets accroît le risque de verrouillage technique, dont les ramifications anthropologiques et éthiques sont conséquentes.

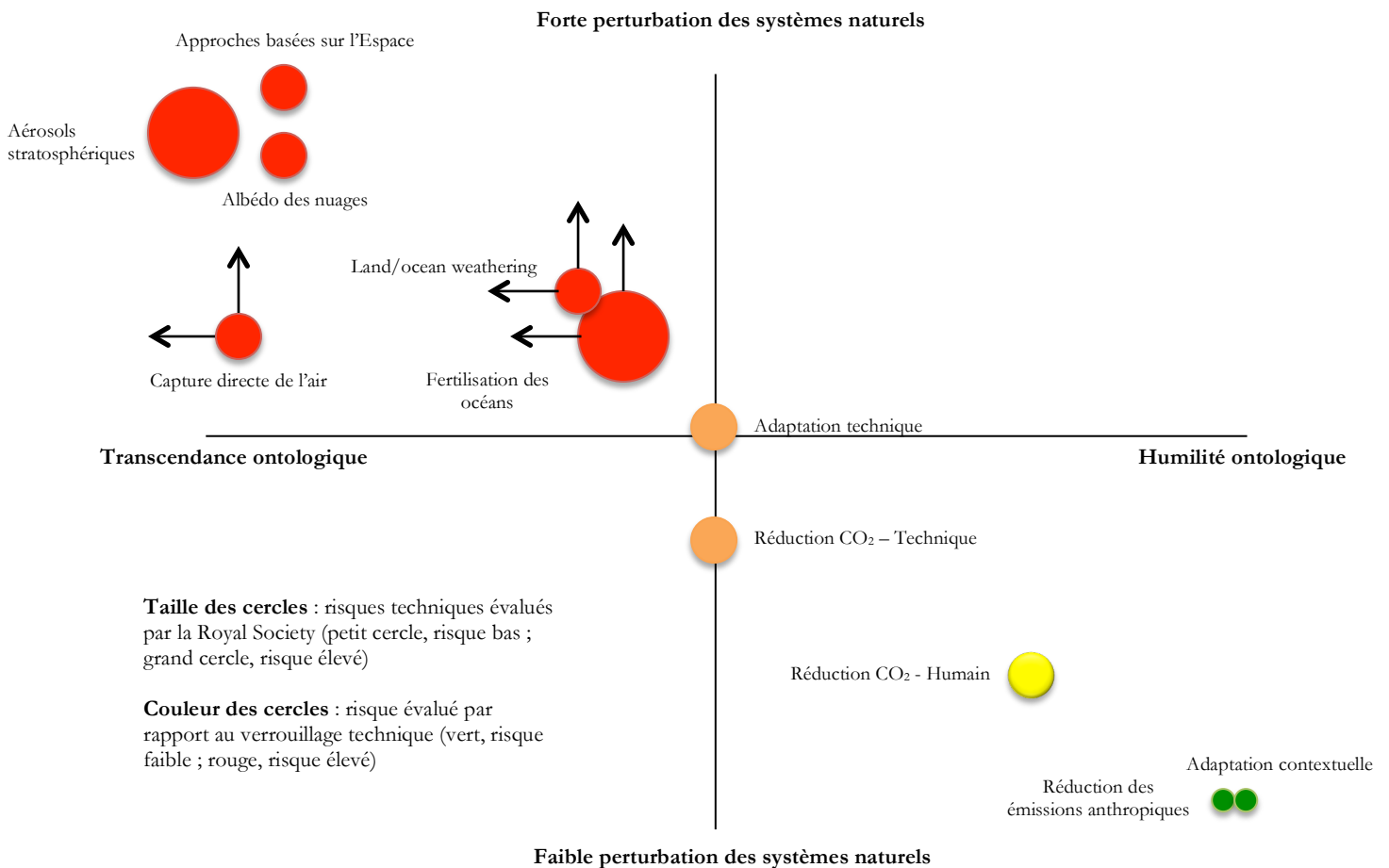


Figure 6: Catégorisation des différentes techniques d'ingénierie climatique selon les 3 critères établis: ontologie, perturbations des systèmes naturels et risques. Ce graphique est repose sur une évaluation qualitative des données. Remarque: les risques "technologiques" sont évalués sur la base des travaux de la Royal Society (Shepherd et al., 2009). L'aire en haut à gauche correspond aux techniques d'ingénierie climatique.

Les six catégories que nous proposons sont, premièrement, la *réduction des émissions de CO₂ d'origine anthropique*, ce qui, selon nous, relève d'une humilité ontologique. En effet, cette catégorie regroupe les réponses revendiquant une émancipation des énergies fossiles et l'élaboration d'un projet sociétal nouveau. La technologie joue naturellement un rôle, mais elle n'est que subordonnée au projet établi. Ces efforts n'ont qu'un impact minimal sur les processus naturels ; il s'agit d'élaborer un projet sociétal permettant une meilleure symbiose avec la nature. Finalement, les risques techniques sont faibles étant donné le rôle plutôt moindre/éphémère que les technologies ont dans cette catégorie d'efforts. En outre, le risque de verrouillage technique est également considéré comme étant minimal, comme une grande variété et diversité de techniques et d'éléments sont transmis aux générations suivantes.

Les deuxième et troisième catégories regroupent les efforts de réduction des émissions qui cherchent à réduire, par le biais de la technique, le CO₂ présent (ou qui a été émis) dans l'atmosphère. Nous distinguons une première série de propositions qui permettent, à notre sens, une interaction Homme-Nature plus symbiotique (*Human-Nature interaction emphasis*), comprenant notamment la reforestation, l'afforestation et le biochar. L'objectif revendiqué de ces projets n'est pas uniquement de réduire les émissions de carbone ; d'autres retombées positives sont anticipées (en particulier une fertilité des sols accrues et une reconnaissance de la place de la nature) qui favorisent tant l'humain que la nature. On peut classer ces efforts sous humilité ontologique sans

écarter l'éventualité de dérives, considérer que les risques évoqués sont faibles, et que les perturbations potentielles des systèmes sont également faibles. Une autre série de propositions similaires à la première a pour objectif de réduire les émissions de CO₂ en allouant un rôle plus important à la technique. Ce rôle nous amène à créer cette autre catégorie (*Technology-Nature interaction emphasis*, 3^e catégorie) : les risques de verrouillage sont plus conséquents du fait que la technique offre une possible échappatoire aux mesures de réduction des émissions, exacerbant par conséquent le risque de recours à ces techniques par les générations futures. L'ontologie sous-jacente peut être tant de l'ordre de l'humilité que d'un sentiment de transcendance, selon l'emploi prévu de ces techniques.

Les quatrième et cinquième catégories regroupent les mesures d'adaptation, à savoir les mesures destinées à atténuer la vulnérabilité et accroître la résilience des sociétés humaines. Là encore, nous distinguons entre les mesures centrées autour de la technique et celles dont les comportements humains semblent plus prépondérants. Dans le premier cas, les mesures destinées à décroître la vulnérabilité et accroître la résilience des êtres humains sont entreprises par le biais de la technique afin d'aménager un espace défini (*Technological adaptation*, 5^e catégorie). Toutefois, suivant l'emploi de la technique, l'adaptation dite technique peut être classées dans différentes rubriques : pour les projets de grande envergure, on peut suggérer que cela relève d'un sentiment de transcendance ontologique. Le cas de l'ingénierie humaine (Liao, Sandberg et Roache, 2012) est éloquent à cet égard, permettant à l'humain de surmonter les limites que la nature dresse devant lui. En outre, les perturbations des cycles naturels peuvent également être conséquents suivant l'échelle et l'intensité de déploiement. Les potentielles dérives dans cette catégorie, les risques afférents aux technologies, et les risques de verrouillage technologique sont significatifs. A l'inverse, nous pouvons relever les mesures d'adaptation qui placent au centre le comportement et ses capacités d'adaptation (*Contextual adaptation*, 4^e catégorie). On peut mentionner ici les efforts d'adaptation qui visent à employer uniquement les éléments disponibles dans l'environnement proche, et de manière raisonnable (c'est-à-dire en considérant notamment l'idée de limites planétaires), occasionnant ainsi que très peu de perturbations aux systèmes naturels. Les risques sont fortement réduits et ce comportement dénote, à notre sens, une humilité ontologique.

Finalement, nous proposons de créer une catégorie *ingénierie climatique*, qui regroupe toutes les techniques qui s'apparentent à cette forme d'ingénierie. Il s'agit de techniques qui, pour nous, relèvent d'une arrogance ontologique du fait qu'elles visent à dominer des systèmes naturels, c'est-à-dire de les maîtriser et de les contrôler et, partant, tendent à avoir un impact significatif sur les systèmes naturels. Dès lors, ces méthodes éludent les réflexions relatives à la consommation et la production – ou, autrement dit, le mode de fonctionnement sociétal dominant –, favorisant plutôt la pérennisation du statu quo. La technique peut être considérée dans ce cas comme étant une finalité ou, autrement dit, l'outil principal servant à lutter contre le CC. Les méthodes de fertilisation des océans, de « land/ocean weathering », et de capture directe de l'air sont pourvues de flèches sur la Figure 6 afin de souligner l'instabilité de ces techniques. Comme le note Boucher et son équipe, suivant l'intensité et l'échelle d'action de ces techniques, les perturbations aux systèmes naturels peuvent être moindres ou significatives. La méthode de capture de l'air est également munie d'une flèche horizontale destinée à montrer que, suivant l'échelle et l'intensité avec lesquelles la technique est employée, le sentiment de transcendance ontologique peut croître significativement.

Nous reconnaissons volontiers que cette catégorisation, parfois binaire et relative au rôle de la technique, peut être critiquable. Mais elle nous semble utile pour souligner certaines différences

majeures entre les techniques. Il est également important de souligner que ces catégories sont perméables, c'est-à-dire que des reclassifications sont en tout temps possible selon l'évolution des techniques.



Au terme de ce chapitre et de cette première partie dans son ensemble nous avons tenté de mettre en place un certain nombre d'éléments. La part des analyses scientifiques dévolues à ce que l'on nomme la « géo-ingénierie » ne cesse de croître lorsque l'on évoque les moyens de lutte contre le réchauffement climatique. Cette idée de contrôle et de maîtrise trouve sa place dans les entrailles profondes des différentes civilisations. Mais la géo-ingénierie est sujette à controverses tant au niveau des inquiétudes qu'elle suscite que du point de vue de sa particularité polysémique, ce qui rend parfois malaisé la classification de certaines techniques. Nous avons donc proposé, dans un premier temps, une nouvelle définition de la géo-ingénierie, en suggérant l'emploi de la dénomination « ingénierie climatique » (IC), et une définition dans laquelle la dimension anthropique se dote d'une place plus significative.

Les méthodes de classification des technologies usuelles (SRM et CDR) sont – sans être pour autant désuètes – trop imprécises pour saisir certaines subtilités anthropologiques et éthiques. Dans un deuxième temps donc, dans la continuité des efforts de certaines recherches, nous avons proposé, très modestement, de déplacer la focale sur les techniques en elles-mêmes plutôt que sur des ensembles auxquels elles pourraient appartenir. Dans cette veine, nous proposons de distinguer six catégories de mesures de lutte contre le CC. Une telle classification n'est pas encore optimale, mais permet à notre sens d'orienter les réflexions afin d'aborder la question de la technique et des autres mesures de lutte contre le réchauffement climatique (la réduction et l'adaptation) de manière un tant soit peu nouvelle.

Deuxième partie.

Entre finitude(s) et infinitude(s)

*L'ingénierie climatique, un paradoxe, l'Anthropocène et une
anthropologie de l'acceptation*

Chapitre 3 – la finitude perçue, la position d’extériorité et l’esprit infini : la construction d’un paradoxe

Nous pouvons à présent aborder la seconde partie de ce travail qui s’évertue à dépendre les fondements anthropologiques et éthiques des méthodes d’IC. Dans ce chapitre, nous présentons deux dimensions de ces fondements que nous pensons être à l’œuvre dans les projets d’IC: la *perception de la finitude* et *l’esprit infini*. Dans un premier temps, nous présentons des éléments qui retracent cette perception des finitudes biosphériques à partir d’une position d’extériorité. Nous voyons que cette extériorité constitue l’un de terrains de ce que nous appelons un « esprit infini », à travers lequel la quête de maîtrise et de contrôle peut éclore. Dans un second temps, nous axons nos réflexions sur l’articulation de la perception de la finitude en concomitance avec cet esprit infini, au sein duquel l’idée de limite s’érode et/ou dans lequel fomentent des pulsions tant de peur que d’excitation/de promesses : c’est cette articulation entre finitude et infinitude, ce paradoxe de l’IC auquel nous avons fait allusion dans l’introduction, que nous tentons d’éclaircir (Chapitre 3).

Finalement, ce paradoxe a des implications importantes à l’aune de l’Anthropocène, cet « âge de l’Homme » dans lequel l’humain serait devenu une force tellurique (Chapitre 4). En effet, l’une des thèses que nous défendons ardemment dans ce travail, c’est que l’IC ne peut être considéré comme une simple kyrielle d’outils technologiques au service de l’humanité, mais qu’elle contient une anthropologie implicite qui, potentiellement, dictera une certaine éthique et posture de l’humain et de la société dans son ensemble vis-à-vis de la nature. Concevoir d’autres manières d’appréhender les enjeux du CC – mais également d’autres enjeux environnementaux – en considérant la technique comme *moyen* et non comme *finalité* ne peut être entrepris, à notre sens, sans une introspection anthropologique des raisons et déraisons qui nous conduisent à arpenter le chemin menant à l’adoption de l’IC. Partant, une nouvelle anthropologie (Chapitre 4) dans laquelle les limites planétaires sont *senties* (dans le sens d’un « sentir cosmique ») et *acceptées* est, à notre sens, fondamentale.

Racines : la séparation âme-corps

D’où émane notre manière d’appréhender la nature, de la regarder, d’interagir avec elle ? Cette question tout à fait intéressante et fondamentale nécessite un petit détour historique. Une ontologie bien particulière se développe au temps de la Grèce Antique, à partir de visions opposées défendues par deux éminents philosophes, Aristote et Platon, et qui sous-tendent des théories de la nature diamétralement opposées (Hess, 2013). Les deux s’opposaient, notamment, en regard de la fameuse dualité âme-corps qui, par extension, implique une séparation entre les Sujets et les Objets. La philosophie aristotélicienne s’opposait à une telle séparation ontologique. Le corps, conçu comme le « support de l’âme », rend toute distinction incohérente ; la philosophie d’Aristote conçoit ainsi une continuité métaphysique et ontologique entre ces deux dimensions. Par opposition, le paradigme platonicien – repris par la suite par le physicien, mathématicien et philosophe René Descartes –, qui scinde de façon nette l’âme du corps (l’âme serait prisonnière de ce corps) et le Sujet de l’Objet, est considéré comme étant le paradigme dominant la période moderne (Bensaude-Vincent, 2015; Danowski et Viveiros de Casto, 2014).

Ces deux ontologies distinctes conçoivent la nature de manière fort différente : la philosophie platonicienne ne fait pas de distinction entre l’artefact et la nature. Cette dernière est conçue

comme étant un *produit* qui peut être appréhendé par le biais technique. A l'inverse, la philosophie aristotélicienne, qui s'inscrit dans un paradigme *organique*, conçoit la nature comme une *production*. L'artefact et la nature sont ainsi distincts l'un de l'autre (Bensaude-Vincent, 2015; Eisenstein, 2007; Hess, 2013).

Dans son célèbre article *Les racines historiques de notre crise écologique* (1967), Lynn White stipule que l'ontologie de la séparation est également un héritage du christianisme occidental. L'humain, d'après White, « shares, in great measure, God's transcendence of nature. » Partant, le christianisme ne se cantonne pas à établir le dualisme humain/nature mais soutient que c'est « God's will that man exploit nature for his proper ends » (White, 1967).

De cette séparation ontologique naît un dualisme nature-culture que l'anthropologue Philippe Descola théorise dans son ouvrage *Par-delà nature et culture* (2005). Ce dernier affirme que ce dualisme est propre à l'Occident et qu'il est temps de « prendre conscience que la manière dont l'Occident moderne se représente la nature est la chose du monde la moins bien partagée » (Descola, 2005: 70). Cette conception, que l'anthropologue nomme « naturalisme », est l'une des caractéristiques de la société occidentale depuis la fin du XVI^e – début du XVII^e siècle. Descola stipule que nous distinguons des différences *relatives* avec les non humains sur le plan de l'« intériorité », tandis que nous décelons des similitudes du point de vue de la « physicalité », contrairement à l'animisme, par exemple, qui conçoit des similitudes sur le plan de l'intériorité et des dissemblances du point de vue de la physicalité. Ce dualisme, caractéristique de la période moderne, ne fait toutefois l'unanimité : Bruno Latour ou Michel Serres, notamment, en défendant la notion d'*hybride* (la nature est ainsi un « environnement humain »), réfutent la thèse de Descola (Arias-Maldonado, 2015). Ce débat suscite beaucoup d'engouement¹ mais nous ne souhaitons pas développer ces arguments ici. Référons-nous à nouveau à Descola (2005) pour justifier notre approche : la thèse de la « non modernité », notamment défendue par Latour et rendant caduque la thèse du dualisme nature-culture, est convaincante mais pas suffisante pour rendre compte de la cosmologie moderne. Le dualisme se dote d'une « fonction rectrice » qui organise les sciences et dans laquelle l'ethnologie puise son inspiration. Bref, il semble que le dualisme soit actuellement bel et bien présent dans l'univers cognitif moderne et participe activement à l'élaboration des postures et des approches permettant de décrire et d'interagir avec le monde.

Au-delà donc ces débats sur la Modernité, l'analyse de Descola met en exergue une *posture d'extériorité* de l'humain qui nous paraît fondamentale. Cette posture d'extériorité, fruit de la scission Sujet-Objet, dénote une transcendance humaine et une supériorité sur la nature, acquises notamment grâce à la technologie (nous reviendrons sur ce point) (Descola, 2005; White, 1967). Charles Eisenstein résume cette pensée de manière très éloquente dans son ouvrage *The Ascent of Humanity* (2007) :

« In thus mastering nature with technology, and mastering human nature with culture, we distinguish ourselves from the rest of life, *establishing a separate human realm*. Believing this to be a good thing, we

¹ Frédéric Neyrat (2016) par exemple a récemment entrepris une analyse fort intéressante sur la conception du dualisme de Descola et des thèses sur la modernité et des hybrides chez Latour, offrant dans les deux cas une critique acerbe de ces deux positions respectives.

think of this separation as an ascent in which we have risen above our animal origins » [Nous soulignons] (Eisenstein, 2007: 9).

Ce dualisme naturaliste, fruit de la pensée cartésienne, constitue le terreau du développement intensif de la science moderne permettant de découvrir et d'observer la nature et ses nombreux processus. Et cela, grâce à une position résolument *extérieure*. En découle deux éléments centraux du paradigme de la science moderne qui constituent, également, une forme d'ontologie de l'IC : l'*objectivation de la nature* et sa *réduction à des lois propres* par des procédés et un réductionnisme scientifiques (Descola, 2005; Eisenstein, 2007). Cela permet, dans un premier temps, de découvrir la nature, de la comprendre, de l'observer et, dans un second temps, de faire naître un sentiment de maîtrise et de contrôle. Nous développerons ces aspects par la suite, mais nous pouvons déjà à ce stade relever un élément en regard de l'IC : cette position d'extériorité de l'humain et le développement de la technologie ont permis de découvrir la nature, instillant une première intuition de *finitudes terrestres*. Mais une autre conséquence a été de nous *décentrer* de la Terre et de ses processus ou, dans la lignée des propos d'Eisenstein, de nous *extraire* de la nature et de ses rythmes naturels, façonnant ainsi un « empire humain séparé ».

Pour terminer cette partie, revenons sur quelques aspects importants de notre analyse : d'une part, le dualisme cartésien constitue la manière par laquelle l'humain – en Occident du moins – appréhende sa relation à la nature. Un élément fondamental en découle : la *position d'extériorité* de l'humain. Cette dernière confère un sentiment de transcendance (nous reviendrons là-dessus), mais permet également d'instiller une idée de finitude terrestre. Toutefois, cela n'est pas suffisant, à nos yeux, pour appréhender de manière exhaustive l'ontologie et la métaphysique de l'IC ; force est de constater que les dégradations environnementales – en particulier celles liées au CC – tendent à délégitimer la scission Sujet-Objet d'antan (Eisenstein, 2007). L'humain *vit* et *sent* – consciemment ou non – les implications de ces dégradations. L'humain est donc un *élément constitutif* (et non seulement constituant) des processus naturels biosphériques et, ainsi, se distingue de la nature uniquement de manière relative. Il y a, par conséquent, une position d'*intérieurité* que nous allons étudier par la suite.

La Méthode Scientifique et l'industrialisation

Comme nous l'avons dit, le schème cognitif instauré par le dualisme nature-culture est l'un des éléments centraux permettant d'expliquer le développement fulgurant des sciences. En bref, la posture d'extériorité qui découle de ce dualisme permet de développer ce qu'Eisenstein dénomme la *Méthode Scientifique* : un processus de réductionnisme ontologique et épistémologique qui conditionne aujourd'hui notre relation à la nature, et qui a participé à l'ancrage du dualisme dans la pensée moderne. Un autre événement résultant du dualisme cartésien et de la Méthode scientifique, et ayant également participé à l'ancrage ontologique et métaphysique du dualisme, est la *l'industrialisation*. Période durant laquelle la science se dote, en outre, d'un rôle prépondérant.

Aujourd'hui, lorsque nous cherchons à décrire ou présenter des faits sur un événement ou un changement naturel, par exemple, nous employons de manière « naturelle » des outils mathématiques. Plus précisément, la *mathématisation* du fonctionnement de la nature consiste à attribuer un nombre à une *réalité observée* pour la traduire et la décrire en une forme *réduite rationnelle*. Autrement dit, quelque chose peut ainsi être traduit ou décrit comme une somme de ses parties (Federeau, 2016). Ainsi, un phénomène naturel, à l'instar du CC, peut être décrit par un simple

nombre – ou un « climate change-by-numbers » pour reprendre la formulation de Stilgoe (2015). Le taux de CO₂ atmosphérique mesuré en ppm est un exemple bien connu. Ce nombre représente en tout cas deux éléments importants : premièrement, il consiste à résumer un phénomène complexe d'instabilité climatique, doté de processus multiples, en un minimum d'ingrédients (réductionnisme ontologique) et, deuxièmement, traduit les théories complexes de ces interactions et processus en une théorie plus fondamentale (réductionnisme épistémologique).

En somme, c'est un processus de *dé-complexification de la réalité* qui s'opère, menant ainsi à une *abstraction* significative et traduisant une réalité en une forme plus aisée à saisir. Les nombres acquièrent alors un statut ontologique (Eisenstein, 2007) transcendant celui de la réalité à partir de laquelle ils ont été produits. Dans le cas du CC, par exemple, la concentration atmosphérique (le nombre) a pour dessein de faire état du problème climatique actuel : il est nécessaire de diminuer les émissions de carbone, voire éliminer le surplus de carbone dans l'atmosphère.

La Méthode Scientifique et sa mathématisation de la réalité ont également eu un autre effet fondamental ; pour le présenter, un petit détour historique s'avère à nouveau nécessaire. Si la science moderne emploie les mathématiques, c'est notamment grâce aux travaux spectaculaires d'Isaac Newton au XVII^e siècle qui a montré que le « livre de la nature » – en reprenant la belle formule d'Yuval Harari – peut être écrit par les mathématiques. Les théories physiques générales que Newton développe permettent de prédire les mouvements et les changements des entités dans l'univers par le biais des trois fameuses « lois du mouvement ». Car, avant cela, il est établi que les mouvements ne peuvent être amorcés tout seuls : il existe nécessairement un « intervenant » pour expliquer les mouvements de la lune, du soleil, ou encore des corps terrestres. Et cet intervenant est « Dieu », dont lui seul détient un pouvoir suffisamment puissant pour permettre d'enclencher de tels mouvements (Eisenstein, 2007; Harari, 2014). Mais la mise en équations des processus physiques met un terme à un tel état de pensée, contestant directement l'intervention du divin : ce que l'on perçoit comme relevant d'un potentiel « chaos » est *rationalisé* grâce à la Méthode Scientifique. Plus généralement, la *Révolution Scientifique* du XVI^e siècle, qui consiste notamment à objectiver la nature – le fruit de travaux et des pensées d'éminents scientifiques tels qu'Isaac Newton, Galilée, Francis Bacon, René Descartes ou Gottfried Leibniz – (Eisenstein, 2007), permet d'apporter des réponses et des éclaircissements à ce qui s'apparente à un « chaos lugubre » intrinsèque à la vie. Bref, à partir de là, les *mouvements de ne sont plus considérés comme relevant de la magie, ou résultant l'intervention d'un intervenant externe : la Méthode scientifique explique ces mouvements.*

Ces éléments bouleversent les perceptions dominantes antérieures. Premièrement, le « chaos » d'antan, auquel nous avons fait référence plus haut, se transforme en un corps, une réalité observable et dont le fonctionnement peut être étudié et interprété. Le domaine céleste – le divin – n'étant plus primordial pour comprendre les processus et le chaos, *un mouvement de retour sur Terre s'effectue* : l'objet d'attention (littéralement parlant), est ce qui est devant nous, sous nos yeux et nous apprenons à l'apprivoiser par nos méthodes scientifiques. La réalité de la vie – ou notre réalité – est ce qui est projeté devant nous, ou autour de nous, mais que l'on peut saisir, comprendre, découvrir, dans la mesure où elle est conforme à une certaine raison. Comme le soutiennent Charles Eisenstein et Yuval Harari, la science permet à l'humanité, en outre, de s'extraire d'un état d'ignorance vers un *état de compréhension et de connaissances* de la biosphère et de l'univers. Comprendre, c'est l'action de déceler un sens à partir d'une situation donnée qui paraît ontologiquement et métaphysiquement désorientée, et de trouver une satisfaction dans l'explication que nous produisons. Ainsi, nous subordonnons – par les mathématiques – tous les

mystères et notre ignorance en collectant des données sur la vie et en manipulant ces données dans les équations mathématiques que nous élaborons.

Deuxièmement, ce long processus de réductionnisme ontologique et métaphysique nous révèle également un autre élément fascinant : la *Terre est en réalité finie*. En effet, ce réductionnisme fait que nous la voyons, nous apprenons à la connaître, et nos équations mathématiques confèrent un sens à ce que nous décelons et nous interprétons. Nos interprétations – rationnelles – ne s'évertuent donc plus dans un cosmos lointain et impénétrable. Nonobstant, il ne faut pas y percevoir une finitude uniquement au sens de la « bille bleue », cette « petite » terre photographiée de l'espace (voir plus bas) qui nous permet de *percevoir* la finitude biosphérique « globale ». Il faut également comprendre la finitude comme étant la perception de la finitude des processus physiques naturels décrits par les mathématiques. Autrement dit, les mathématiques nous permettent de percevoir les finitudes en posant l'hypothèse qu'un processus peut être décrit de bout en bout, et qu'une solution peut être trouvée aux questionnements et aux manquements potentiels encore présents dans l'analyse de ces desdits processus.

De surcroît, de ces changements émerge un autre élément : le sentiment que la science peut prédire et comprendre avec *certitude* la nature, éclipsant ainsi les contingences inhérentes aux processus naturels (Hamilton, 2011; Harari, 2014; Klein, 2014).

La période d'industrialisation qui succède à la Révolution Industrielle est, peut-on dire, une forme de conséquence de la Révolution Scientifique telle que décrite plus haut et durant laquelle se forge la Méthode Scientifique. Mais cette période d'industrialisation permet également d'ancrer cette Méthode Scientifique dans les univers cognitifs et, par conséquent, dans les pratiques sociétales plus largement. La Révolution Industrielle permet d'atteindre des sommets phénoménaux en termes de développements techniques à partir de connaissances scientifiques (Harari, 2014; McNeill, 2010). Les prouesses scientifiques ne cessent d'instiguer la croyance d'une toute-puissance scientifique capable, par sa méthodologie et ses certitudes, de comprendre la nature voire même de la surpasser (Klein, 2014). C'est en effet à cette époque qu'une relation particulière naît entre l'humain et la nature : la conviction que les connaissances scientifiques permettraient à l'humain de se rendre « comme maître et possesseur de la nature » selon la fameuse assertion de René Descartes (Bensaude-Vincent, 2015; Kintisch, 2010) et qui semble avoir dominé la période moderne. Bref, l'hégémonie scientifique et technique (nous étudierons cela par la suite) instaure, dès cette période, ce que nous proposons d'appeler un *schème de pensée scientifique et technique*, conditionnant le rapport de l'humain à la nature.

Résumons rapidement les points principaux : la Méthode Scientifique permet de *réduire la réalité* en une *réalité réduite rationnelle*. Et cela s'effectue par un double mouvement résultant de la mathématisation de la nature : d'une part, il s'opère une *dé-complexification* de la réalité et, d'autre part, les *mouvements naturels sont expliqués par la science*. Il en résulte une forme *abstraite* de la réalité. C'est cette réalité réduite, objectivable, qui permet de *percevoir les finitudes naturelles*. La période d'industrialisation induira par la suite l'ancrage et la pérennisation de cette Méthode Scientifique et également, *in fine*, la perception des finitudes naturelles.

L'humain comme partie intégrante de la nature

Nous avons défendu l'idée que l'humain se dote d'une position d'extériorité vis-à-vis de la nature, ce qui a notamment permis le développement de la Méthode Scientifique. Dans ce passage, nous défendons l'idée que *l'humain est une partie intégrante de la nature*, qu'il est *intérieur*, mais surtout,

que ce dernier s'en rend compte et cela lui permet de *percevoir*, derechef, les limites planétaires. Nous pouvons distinguer, à notre sens, cette position *ontologique* et *métaphysique d'une intériorité perçue* (que nous allons développer ici), et une position *ontologique* et *métaphysique extérieure* (que nous étayerons dans le chapitre suivant et qui est source d'un esprit d'infinitude).

Lorsque nous affirmons que l'humain *fait partie* de la Terre, nous semblons peut-être réitérer une évidence. Lorsque nous interagissons avec la nature, nous agissons *dans* la nature qui est partout autour de nous ; il y a une « intériorité perçue ». Mais l'essence de ces interactions nous paraît fondamentale à étudier, car nous souhaitons distinguer entre un *sentir physique* et un *sentir cosmique* (nous étudierons ce second type de sentir par la suite). Le premier type de sentir consiste, selon nous, en une transmission d'informations cognitives qui permet de *percevoir l'appartenance au naturel et sa finitude intrinsèque*. Toutefois, peut-être paradoxalement, cela se fait à *partir d'une position extérieure* ; en effet, ce sentir est *perçu* (donc nous sommes extérieurs), mais *n'est pas vécu*, au sens où il n'est pas ressenti d'un point de vue cosmique (nous étudierons cela).

Précisons ce sentir physique : il constitue le *ressenti physique* des processus naturels. Oliver Morton, adepte de la géo-ingénierie, dépeint de manière très éloquente selon nous ce type de sentir :

« What I hope you come to feel, like wind on the skin, or the tremor in the ground from rushing water nearby, or lightning sensed through shut eyelids, is something dynamic. The earthsystem's essence lies not just in rock and water, or in air and plants, but in all the Earth's interplay of energy and matter » (Morton, 2015: 24).

Plus tard, l'auteur écrit :

« This intimacy underlines the importance of looking at the earthsystem not from the outside, but from within. The arrows of the Trenberth diagram do not sit still on the page like a planet seen from airless distance. They reach out of it – and they reach through you. They warm your face as the sun, they buffet your limbs as the wind, they soak your skin as the rain. They fire your metabolism with sunlight, and as the sweat evaporates from your brow they moisten the sky » (Morton, 2015: 79).

Ce sentir physique peut également être décelé dans les écrits de James Lovelock, auteur qui affirme d'ailleurs ne pas s'opposer aux projets d'IC s'ils s'avèrent nécessaires : dans son livre *A Rough Ride to the Future* (2014), Lovelock stipule « we are part of Gaïa » (Lovelock, 2014: 16). De même, David Keith, dans son livre *A Case for Climate Engineering* (2013), décrit brièvement son attachement à l'environnement et la nature sauvage : « Wilderness has shaped my life. From weekend canoe trips to long solo ski expeditions in the high Arctic, I am fortunate to have spent about a year of my life traveling in the big wilds far from roads. » (Keith, 2013: XIII).

Les auteurs décrivent tous, à leur manière, la sensation que vit un individu dans la nature : il est *dans* la nature, et ressent *physiquement* les processus *dynamiques*. L'individu est donc à l'*intérieur* de la nature – s'il sent (physiquement), c'est donc qu'il fait partie de la Terre –, et est ontologiquement et métaphysiquement rattaché à la Terre. Mais si le sentir physique témoigne d'une appartenance à la nature, il n'en demeure pas moins, à notre sens, que ce sentir se *perçoit* : la place allouée à l'individu dans ce spectacle est fondamentalement celle d'un observateur externe qui, par le biais de sa subjectivité, procède à une objectivation de ces processus naturels dynamiques, mais n'y *participe pas consciemment*. Cette posture confère à l'humain une forme de *transcendance* qui le distingue des éléments de la nature (Danowski et Viveiros de Casto, 2014) : nous *percevons* notre appartenance à

cette nature et nous consentons – consciemment ou non – ainsi à une forme de réflexivité supérieure à ces éléments.

De surcroît, la science est le prisme par lequel nous pouvons appréhender et apprécier ce qui nous arrive. Partant, l'humain à la fois *ressent* et *observe* ces processus naturels et les *finitudes naturelles*. La science donc, par les connaissances qu'elle lui confère, lui permet de le démarquer de la nature, de ne pas l'y « réduire » – si l'on ose poser ainsi les choses – aux processus naturels. Nous en faisons partie, mais notre « raison » nous informe de cette appartenance et, ainsi, nous consentons à une forme de supériorité à la nature.

Cette intériorité ontologique et métaphysique perçue relève d'une importance fondamentale, notamment à l'heure de l'Anthropocène. A nouveau, tournons-nous vers Morton qui dépeint très explicitement l'intime relation nature-humains et cette double intériorité :

« The fingers-in-every-arrow idea of the Anthropocene is that human enterprise is now part of most of the earthsystem's flows and cycles, and that more and more of the earthsystem is dependent on the political and economic systems of its human components ; in the earthsytem, world and planet are increasingly indistinguishable » (Morton, 2015: 78).

Cette vision confère l'idée d'un « tout unifié », où se mêle les pratiques humaines et éléments naturels. Mais cette forme précise d'intériorité perçue – ce sentir physique – tend à inculquer l'idée, selon nous, que l'être peut légitimant intervenir dans les processus naturels, étant donné qu'il se perçoit en tant qu'élément constitutif de ceux-ci. C'est cette absence de reconnaissance de l'appartenance, fruit de la position d'extériorité de l'humain qui, à nos yeux, est problématique. En effet, cette extériorité constitue, comme nous l'avons dit, l'un des terreaux de l'esprit infini. Mais gardons à l'esprit le résultat suivant pour l'instant : *l'humain fait partie intégrante de la Terre et perçoit la finitude, le sentir physique peut l'en convaincre, mais il ne fait pas partie consciemment des processus.*

Le retournement de la Frontière – de la Terre plate à la vision de « bille bleue »

Un événement précis a donné une dimension globale à la perception des finitudes naturelles : la photo de la « bille bleue » (Grevsmühl, 2014). Toutefois, cet événement a également précipité l'émergence d'un *nouveau régime scopique*, et a ancré davantage la position d'extériorité participant ainsi, selon nous, à l'éclosion de l'esprit infini (nous verrons cela par la suite). Pour étayer ces propos, nous nous basons sur deux travaux, celui de Sébastien Grevsmühl *La Terre vue d'en haut* (2014) et celui de Frédéric Neyrat *La Part Inconstructible de la Terre* (2016).

Sébastien Grevsmühl offre une étude magnifique de l'évolution du regard de la Terre, passant d'un regard horizontal, cartographié, à la découverte de la Terre depuis « en haut ». L'un des accomplissements de cet ouvrage, c'est de transmettre au lecteur le fait que le regard porté sur la Terre ne se cesse de se transformer. Cela laisse naturellement place à de nombreuses dérives, nous dit l'auteur, notamment en regard de l'IC. Le nouveau régime scopique qui se développe à ce moment, ce décentrement de la vision, accentue voire pousse à l'extrême cette position d'extériorité. En effet, le passage d'une situation où l'humain a littéralement les « pieds sur Terre », réalise – physiquement du moins – une appartenance à cette Terre et porte un regard plus horizontal sur cette dernière, à une situation où le regard sur la Terre s'effectue par le biais d'images et de technologies diverses, extraie l'humain de son ancrage terrestre. Partant, cela pousse à l'extrême les phénomènes d'objectivation et de réductionnisme, et débouche sur une extériorité ontologique et métaphysique nouvelle de l'humain.

Avant d'aller plus loin, regardons de quelle manière ce nouveau regard porté sur la Terre participe également à forger une perception des finitudes planétaires. Les « pieds sur Terre », l'observateur distingue un horizon et peut se résoudre à employer des points de fuite. Mais cette perception change radicalement avec l'introduction de la photographie et les développements de la « Planisphère » (une carte confectionnée à partir d'une projection plane de l'ensemble du globe). Avec l'émergence d'une représentation du monde à partir d'un regard *vertical*, un nouveau régime scopique naît, radicalement novateur, qui s'éloigne des diverses théories des paysages – autant celle holiste de von Humboldt au XIX^e siècle, que celle s'apparentant à des genres artistiques durant le XVII^e siècle (Péaud, 2015) –, bousculant ainsi les notions communes d'horizon et de points de fuite. Outre les phénomènes d'abstraction et distanciation phénoménales que cette nouvelle manière de voir inculque (nous reviendrons là-dessus), ces premières images du globe, par une projection plane, participent à la perception des *finitudes naturelles*. Comment le soutiennent Grevsmühl (2014) et Morton (2015), nous avons sous les yeux les preuves de la finitude terrestre.

Cette vision verticale rend compte des différentes interconnexions entre les différents éléments de la biosphère et, par extension, du fait que cette dernière soit résolument finie. Ce sentiment est exacerbé au moment où la photographie de la Terre atteint son point culminant, à savoir la photo de la Terre entière, permettant le retour du holisme de von Humboldt. En effet, la vision de la Terre entière, qui apparaîtra avec le régime spatial qui se met en place durant le XX^e siècle, revitalise les visions holistes et synoptiques. Cette biosphère, présentée dans une perspective globale, confère, en outre, un sentiment nouveau, celui de la *fragilité* de la biosphère (Morton, 2015). Cette théorie de la fragilité terrestre est l'une des conséquences de cette perception des finitudes : la biosphère est en réalité finie, unique, et nécessite, par conséquent, un soin particulier. La réelle découverte de l'exploration spatiale, selon Grevsmühl (2014), a été, *in fine*, la découverte de notre planète.

Ce regard de la Terre vue d'en haut et la perception des limites planétaires semblent résulter du renversement scopique que Frédéric Neyrat dénomme explicitement – et Sébastien Grevsmühl implicitement – *le retournement de la frontière*. Dans son ouvrage, Neyrat propose d'étudier l'évolution de l'idée de frontière. Cette idée est historiquement ancrée dans l'imaginaire des Etats-Unis d'Amérique, dans lequel le « mythe national de Frontière », dépeint par William Cronon, consiste à rendre compte de l'avancée vers l'ouest des pionniers au XIX^e siècle à travers une nature prétendue sauvage. Cette idée de Frontière prend une tournure singulière avec la conquête de l'espace : la nouvelle Frontière devient l'espace dans son intégralité. Mais, nous dit l'auteur, la Frontière connaît une nouvelle mutation depuis peu : le grand récit de la conquête de l'espace, d'après Neyrat, pourrait être abandonné aux dépens d'un *retournement de la Frontière*. Il s'agirait d'un nouveau grand récit – forgé à partir de celui de la conquête de l'espace – dans lequel la nouvelle Frontière est la *Terre* : c'est le récit des ingénieurs du climat.

La posture de l'humain est ainsi radicalement nouvelle : il observe la Terre, dès cet instant, à partir d'une position littéralement extérieure, abstrayant radicalement la Terre à travers ce geste. Ainsi, Neyrat soutient que la manière de concevoir la Terre résulte d'une représentation de cette dernière comme étant une « exo-planète » ou, autrement dit, « un corps stellaire quelconque, sans qualité spécifique, une sorte de matière sans relation avec notre histoire humaine » (Neyrat, 2016: 95).

Ce retournement de la Frontière, que Neyrat défend de manière très convaincante, a des conséquences épistémologiques, métaphysiques et ontologiques significatives : si précédemment le regard était porté vers ce qui était perçu comme étant l'infini – l'Univers – à partir de la Terre, la

vision radicalement nouvelle, issue du retournement de la Frontière, suppose que l'objet d'étude et de réflexion n'est autre que le corps qui nous sert de base vitale. Et cette analyse se fait par une objectivation et abstraction radicales de ce corps afin qu'il nous paraisse étranger – une exo-planète – et qu'il puisse être intégralement étudié. Ce qui nous extérieur, à présent, ce n'est plus l'espace, cet infini au-delà de la Terre : ce qui extérieur, peut-être paradoxalement, c'est la Terre en elle-même. C'est une position d'extériorité inédite que l'être humain adopte.

Les conséquences épistémologiques sont également intéressantes à étudier. Le retournement de Frontière confère un nouveau défi à la science, celui de l'étude intégrale de l'objet – la Terre – à partir duquel elle s'est elle-même développée. Dans cette veine, la Terre, abstraite et objectivée, est « réduite » à l'extrême dans le dessein de la comprendre jusque dans ses entrailles les plus profondes ; non plus uniquement dans une optique de découverte, à l'instar par exemple des travaux de géologie fondamentale, mais dans une optique de conquête (Neyrat, 2016). C'est-à-dire, afin de fabriquer *quelque chose* à partir des connaissances acquises de ce nouvel objet d'étude. De surcroît, les connaissances issues du système Terre sont celles, à présent, qui alimentent les projets géo-constructivistes auxquels Neyrat fait référence.

En somme, ce que ces quelques réflexions nous amènent à voir est la chose suivante : l'objet d'étude – osons le terme – est la Terre, dont il s'agit d'étudier, exhaustivement, son fonctionnement. Dans cette veine, à travers la position d'extériorité et la Méthode Scientifique, la Terre est perçue comme un système fermé et, donc, qui comporte intrinsèquement des *limites* : c'est une planète *finie*. Le projet scientifique du retournement de la Frontière permet de *percevoir les limites naturelles de la biosphère à l'échelle globale, et ce dans une optique conquérante*.

Pour conclure cette partie, nous pouvons proposer l'affirmation suivante : *à partir d'une position d'extériorité, les projets contemporains d'IC intègrent directement dans leur vision les finitudes biosphériques*.

A présent, ayant établi ces éléments, nous proposons de nous pencher sur cette idée d'extériorité et ses conséquences dans les prochains sous-chapitres. Nous suggérons – comme nous l'avons déjà évoqué – que cette position, en sus du réductionnisme afférent à la science moderne, a pour effet de créer des conditions optimales pour le développement d'un « esprit infini ». L'absence de prise en compte des limites naturelles dans les projets d'IC est l'une des retombées problématiques que nous percevons.

L'ingéniosité humaine et le dépassement des limites

Il est coutume d'entendre des assertions vantant les mérites de la compétence des humains à surmonter les obstacles qui s'érigent devant eux. Le passé industriel, notamment, est considéré comme étant un événement ayant démontré l'ingéniosité et les capacités humaines « impressionnantes » (McNeill, 2010), libérant la société de ses ancrages à la nature – comme le souhaitaient René Descartes ou Francis Bacon – et permettant d'avancer dans une optique de *progrès*. Outre cela, ces caractéristiques humaines auraient également permis aux humains de surpasser les limites imposées par la nature, par un développement accru des technologies (cette idée est d'ailleurs exprimée de manière très explicite dans le *manifeste éco-moderniste* (Asafu-Adjaye et al., 2015)). Nous proposons d'étudier ces deux dimensions, l'*ingéniosité humaine* – ou une conviction que les capacités humaines sont quasi infinies – et le *dépassement des limites* – la conviction que la technologie permet d'outrepasser les limites naturelles intrinsèques de la biosphère. Ce qui découle d'un tel état de fait, c'est une forme de conviction de *transcendance humaine*. Nous proposons de

débuter ainsi car, selon nous, ces aspects décrivent une forme d'esprit infini, qui résulte de cette position d'extériorité et d'un réductionnisme scientifique. Nous cherchons, par la suite, à décortiquer ce qui constitue les fondements de cet esprit : c'est-à-dire, d'une part, les conditions de développement et, d'autre part, son essence.

John McNeill, historien de l'environnement, fait état, tout au long de son ouvrage *Du nouveau sous le soleil* – peut-être de manière inconsciente –, d'une forme d'ingéniosité humaine ; en effet, ce dernier affirme qu'« au XX^e siècle, l'humanité a commencé à jouer aux dés avec la planète sans connaître toutes les règles du jeu » (McNeill, 2010: 37). C'est une *ingéniosité humaine négative*, peut-on suggérer, car le dessein de son livre est, au premier chef, de rendre compte des dégradations environnementales causées par les activités anthropiques. L'Homme s'élève donc, d'après l'auteur, à un rang dévolu par le passé aux éléments divins, en interagissant avec la Terre dans son ensemble de manière incontrôlée. Grâce à son ingéniosité, l'humain atteint un niveau d'interaction avec la biosphère jamais atteint par le passé. Plus tard, dans son livre, l'auteur relève une particularité de l'époque moderne, à savoir le fait que « l'espèce humaine a fait voler en éclats les limites et l'équilibre approximatif des anciens systèmes économiques, démographiques et énergétiques » (McNeill, 2010: 57). L'auteur cherche, certes, à présenter les dégradations environnementales d'origine anthropique, mais il semble également optimiste quant aux solutions pouvant être trouvées grâce à l'ingéniosité humaine. L'auteur ne revendique pas, à notre connaissance, un quelconque soutien à l'IC ; mais ses propos s'inscrivent, à notre sens, dans la même lignée que d'autres auteurs qui soutiennent cette forme d'ingénierie (voir ci-dessous).

Steward Brand, environnementaliste, auteur de plusieurs ouvrages – par exemple *The Whole Earth Catalog* publié entre 1968 et 1972 – et (co-)fondateur de plusieurs organisations – notamment *Global Business Network* –, revendique très clairement son soutien au développement de l'IC. Il ne cesse de vanter les *capacités humaines illimitées*, fruit de l'ingéniosité humaine. Ce que nous entendons par « capacités illimitées », c'est une ontologie qui reconnaît une transcendance humaine par rapport aux éléments naturels et qui, cognitivement, n'intègre aucunement une quelconque idée de limite – qu'elle soit de nature physique ou psychique. Dans son livre *Whole Earth Discipline* (2010), l'auteur tient ces mots très révélateurs quant à l'ingéniosité et les capacités humaines :

« [...] we know a couple of things. We know the worst that can happen. We know that we probably have to extend our repertoire of capabilities to either head it [changement climatique] off or live with it [changement climatique]. The three broad strategies for dealing with climate change are *mitigation*, *adaptation*, and *amelioration*. [...] amelioration is adjusting the nature of the planet itself through large-scale geoengineering » (Brand, 2010: 12-13).

Tout au long de son livre, Brand ne cache pas son attachement à la science, ce qui anime en lui un sentiment que tout – y compris la nature et ses processus – peut être compris, prédit, et manipulé avec certitude. C'est peut-être également cette science qui lui confère un sentiment de *capacités humaines illimitées* (quelques éléments seront traités plus bas). La pensée de Brand s'inscrit dans une conception métaphysique particulière que nous proposons de nommer « pensée ingénieriale » : cette dernière appréhende les enjeux environnementaux comme une série de problèmes auxquels une/des solution(s) technologique(s) peu(ven)t être trouvée(s).

Cette foi ontologique dans l'ingéniosité humaine et de ses capacités illimitées a pour effet de *réduire* le problème climatique à un problème qui relève d'un *choix* : « We know that we probably have to extend our repertoire of capabilities to either head it off or live with it ». Soit nous décidons de contrer le CC, soit nous décidons de vivre avec ; quelle que soit la décision, nous

avons le choix car nous avons les capacités d'en faire autant (Chakrabarty, 2014). Cette conviction illustre, derechef, l'idée de transcendance humaine. Cette idée de choix transparait également chez Goodell (2010) :

« I do believe this is what it comes down to. We can *use our imagination and ingenuity* [nous soulignons] to create something beautiful and sustainable, or we can destroy ourselves with stupidity and greed. It is our *choice* [nous soulignons]. Geoengineering may well turn out to be yet another tool of dominance, a newfangled way for human beings to screw things up even faster. But it doesn't have to be that way » (Goodell, 2010: 220).

L'ingéniosité et les capacités humaines, témoignant d'une transcendance humaine, sont également présentes dans les écrits de Mark Lynas, notamment dans son livre *The God Species* (2011). Lynas dépeint de la façon suivante l'ère particulière dans laquelle nous vivons :

« For the first time since life began, a single animal is utterly dominant: the ape species *Homo sapiens*. Evolution has equipped us with huge brains, stunning adaptability, and brilliantly successful technical prowess. In less than half a million years we have gone from prodding anthills with sticks to constructing a worldwide digital communications network. Who can beat that? [...] Whenever we have appeared on the verge of shortages, either in food production or fuel for our ever-rising energy demands, we have saved ourselves through brainpower and the judicious application of technology » (Lynas, 2011: 20).

Lynas fait état, distinctement, selon nous, mais également selon Chakrabarty (2014), de cette idée de transcendance humaine. Cette dernière, de nature biologique au premier chef, est le fruit de l'évolution ayant doté l'humanité de capacités intrinsèques et supérieures aux autres espèces, à commencer par la taille du cerveau (Harari, 2014; Lovelock, 2014; Lynas, 2011). Nous n'avons pas choisi d'être ainsi supérieurs, mais l'évolution et certains *choix*, par exemple la maîtrise du feu (Eisenstein, 2007 ; Harari, 2014 ; Lovelock, 2014), voire même une certaine nature humaine d'innovation d'après Lovelock (2014), auraient permis à l'humanité de s'élever à un rang supérieur au reste de la biosphère et des entités et processus non humains. Les capacités humaines résultantes ont permis, par la suite, le développement de la technologie qui a ancré cette idée de transcendance humaine. La pensée de Lynas relève également de ce que nous nommons la « pensée ingénieriale » : les problèmes naturels et/ou ceux qui résultent des activités humaines peuvent être résolus, notamment, par le biais de la technologie. Reconnaître cette ingéniosité et cette évolution humaine impressionnantes à l'aune du CC est fondamentale, afin de mesurer notre importance dans la prise en main de l'avenir de la Terre, soutient Lynas. L'ingéniosité humaine et les prouesses technologiques qui en découlent représentent donc une opportunité pour venir à bout du CC.

Ce qui résulte de ces évolutions cognitives, c'est la conviction que les limites imposées par la biosphère – et même l'esprit – sont surmontables (voir par exemple Brand, 2010 ; Asafu-Adjaye et al., 2015 ; Lynas, 2011). Si d'aventure une limite doit exister, celle-ci émane de l'*ignorance* humaine et n'est donc pas fondamentalement réelle (Harari, 2014; Lovelock, 2014; Lynas, 2011). Plus spécifiquement, d'après notre analyse de ces éléments, reconnaître une limite revient, d'une part, à admettre l'idée d'une déficience ontologique qui ne reconnaît/n'accepte pas la nature transcendantale humaine et, d'autre part, une déficience métaphysique – fruit de la première déficience – qui conçoit l'existence de limites naturelles et, par extension, des limites aux capacités humaines, pourtant conçues comme illimitées.

Un exemple fréquemment cité de cette certitude de dépassement des finitudes biosphériques, et qui alimente les récits des ingénieurs du climat, concerne le carbone : « The story of carbon is the story of humans transcending one of the fundamental limits of the biosphere » (Lynas, 2011: 119).

L'ascension spectaculaire de l'humanité est en grande partie liée à l'utilisation massive d'énergies fossiles pourtant limitées (Lynas, 2011). Bonneuil et Fressoz (2016) proposent une analyse intéressante que nous reprenons à notre compte pour expliquer cette idée de possible dépassement des limites biosphériques. Les auteurs lient une confiance retrouvée dans l'exploitation du charbon à l'essor de la géologie. Cette science permet, à l'époque des développements de prospection du charbon, de redéfinir l'image du sous-sol alors dominante – la vision ponctuelle des exploitants des mines –, en la transformant en une vision du sous-sol plus large et continue. En outre, disent les auteurs, des concepts tels que « découverte potentielle » ou de « réserves probables » favorisent un plus grand optimisme quant au potentiel d'exploitation future de cette ressource. Mais, selon nous, l'effet a été également autre : les travaux géologiques d'antan véhiculent l'idée selon laquelle *l'ingéniosité humaine permet d'outrepasser les limites biosphériques*.

L'ingéniosité humaine et l'idée de dépassement des limites illustrent l'esprit infini dans lequel baignent, à notre sens, les projets d'IC. Cette ingéniosité, qui semble presque intrinsèque aux humains à la lecture de différents auteurs et qui nous attribue un rôle supérieur au reste de du monde naturel, alimente la dynamique de *progrès*, cette idée de mouvement constant vers l'avant, de volonté de transcender ce qui a été acquis/atteint jusqu'à présent : un esprit résolument *infini* ou, autrement dit, une *anthropologie de l'infini*. Formulé encore autrement, c'est une particularité anthropologique qui cherche à *dépasser le fini par l'infini*.

Les prochaines parties s'évertuent à décortiquer certaines conditions de développement de cet esprit infini et cherchent à comprendre comment ce dernier s'articule avec la perception des finitudes pour former le *paradoxe de l'IC*.

L'être humain à la fois à l'intérieur et à l'extérieur à la Nature : une ontologie de l'ingénierie du climat.

Précédemment, nous avons défendu l'idée que l'humain *perçoit* les finitudes biosphériques par un double mécanisme simultané : d'une part, à travers un *sentir physique* (l'humain est à l'intérieur de la Terre) et, d'autre part, par la *perception visuelle* de la Terre (le retournement de la Frontière). Mais nous avons également évoqué l'idée que cette perception s'effectue grâce à une position d'extériorité de l'humain vis-à-vis à la nature ; c'est sur ce point que nous désirons revenir dans ce chapitre, c'est-à-dire que nous cherchons à démystifier cette extériorité, source de l'infinitude de l'agir humain.

Nous avons vu, précédemment, que la séparation ontologique Sujet/Objet relègue la nature au second plan : la nature, c'est l'*Autre*, cet objet *devant* nous que nous pouvons saisir. Nous sommes intrinsèquement différents de cet Autre ; notre *intériorité* – pour reprendre les termes de Philippe Descola (2005) – est différente et s'en distingue. Par conséquent, lorsque nous agissons, nous le faisons *dans* la nature mais à partir d'une position qui est *hors* de cette dernière. Ainsi, notre agir est, dans une certaine mesure, détachée de cet Autre et n'est donc pas contraint par ce dernier. En d'autres mots, l'humain, doté d'une position *extra-naturelle* (c'est-à-dire au monde physique ou naturel), et transcendant les éléments naturels (voir plus haut), ne s'identifie donc pas *directement* à cet ensemble physique, et n'y perçoit que ce qui relève du *non-moi*. Partant, la manipulation et le contrôle de cette entité autre n'est pas restreinte puisqu'elle est *hors de moi*.

Cette position d'extériorité subit une mutation ontologique et métaphysique avec l'avènement de la conquête de l'espace. Frédéric Neyrat résume, de manière synthétique, l'impact des clichés de

la Terre *vue d'en haut* : « Ces images ne représentent pas la Terre vue d'en haut, de l'atmosphère terrestre, du bon vieux ciel, *elles représentent la Terre d'un point de vue pour lequel il n'y a plus ni haut ni bas* » (Neyrat, 2016: 78). Et d'ajouter un peu plus loin : « Nous sommes des astronautes qui ont la chance de pouvoir se contempler dans une planète qu'il est possible de recombinaison à volonté » (Neyrat, 2016: 81-82). Ou, dit autrement, selon Emilie Hache, « l'image du globe qui a accompagné toute l'histoire de la cosmologie occidentale traduit bien le 'monde des gens sans monde' que sont les Modernes » (Hache, 2014: 18). Si l'on suit les propos de Neyrat et Hache, cette mutation de la position d'extériorité a des conséquences ontologiques significatives. En effet, cette nouvelle vision *verticale* de la Terre intègre, dans la cosmologie moderne, une abstraction et une distanciation phénoménales de la Terre, *réduisant* métaphysiquement la réalité. Si la position d'extériorité d'antan est forgée à partir d'une position *les pieds sur Terre* – littéralement –, la vue de la Terre *d'en haut* propulse l'humain dans une position *extra-terrestre* ou *extra-territoriale*, pour reprendre l'expression de Neyrat (2016), ou encore comme dit Grevsmühl (2014) : « Il ne s'agit plus d'une vue d'en haut au sens strict, car le regard n'est plus dirigé d'en haut *sur* la surface terrestre, mais plutôt *vers* la Terre » (Grevsmühl, 2014: 193). La cognition est chamboulée en ce sens où l'appartenance est perçue à partir d'une vision *globale* de la biosphère, une version irrémédiablement et métaphysiquement réduite de cette dernière. L'humain est, en quelque sorte, arraché *cognitivement* de son socle biologique et terrestre à travers cette nouvelle vision totalisante et globalisante de la Terre. Dit autrement, en reprenant la pensée de Grevsmühl (2014), on assiste à une soustraction de l'humain de la nature, une sorte de déracinement de l'humain de la Terre, un déracinement de ses origines biologiques et donc une négation des réalités biologiques et de cette appartenance terrestre (ce à quoi semble faire référence Frédéric Neyrat en affirmant que les clichés de la Terre « représente la Terre d'un point de vue pour lequel il n'y a plus ni haut ni bas). Une manière, donc, de *dé-complexifier* le monde, de le rendre *saisissable* à travers une recherche d'*unification* (fruit du réductionnisme scientifique).

Neyrat (2016) et Grevsmühl (2014) ont raison de dire que ce nouveau régime scopique de la Terre, cette vue de l'espace, fait naître une nouvelle relation entre l'humain et la Terre, laissant le champ libre aux dérives potentielles de manipulation et de domination. Dans la lignée de ces propos, et ceci constitue l'une des thèses centrales de ce travail, nous souhaitons souligner que cet esprit infini, auquel les auteurs font indirectement allusion, *résulte d'une position d'extériorité et d'un réductionnisme scientifique*. Cet esprit, par un processus d'objectivation et de distanciation, instillent dans la cognition humaine l'idée d'une Terre *radicalement hors-de-moi*, et fait fomentier l'idée selon laquelle l'humain, pour *être maître de son destin*, doit manipuler et dominer la Terre. Mais nous ajoutons une condition – peut-être paradoxale – au développement de cet esprit : nous suggérons qu'à travers ce processus, l'humain sait qu'il *fait partie intégrante de la biosphère et de ses processus*, c'est-à-dire qu'il perçoit que sa destinée est *intrinsèquement liée à la Terre* et, ainsi, être maître de son destin signifie *maîtriser le devenir de la Terre*. Ce qu'il n'a cependant peut-être pas encore réalisé – paradoxalement peut-être, *derechef* – c'est qu'il *ne sent pas son devenir lié à celui de la Terre* comme le suggérait White (1967). En d'autres mots, l'humain n'a pas développé un *sentir cosmique* qui inscrit l'humain, par essence, à l'intérieur de la Terre et de sa destinée (voir le chapitre suivant). C'est du moins ce que nous estimons être à l'œuvre dans les projets d'IC, et qui constitue une sorte d'*ontologie* de l'IC.

Cette lecture ontologique de l'IC que nous proposons (l'intériorité et l'extériorité) est particulièrement visible, à notre sens, lorsque nous considérons une métaphore employée par les ingénieurs du climat : les « levers » (en français : leviers). Nous l'avons vu au Chapitre 1, l'idée d'«

effet de levier » est ancienne (voir notamment Fleming, 2010) : une intervention entreprise à un endroit stratégique permet d'influencer plus globalement des processus naturels. C'est, du reste, ce que les ingénieurs du climat espèrent : en agissant stratégiquement et *localement* – par exemple en éliminant le CO₂ atmosphérique ou en limitant le rayonnement solaire – il serait possible d'atténuer le CC *global* en cours. Par exemple, Tim Flannery, dans son livre *Atmosphere of Hope* (2015), cite un océanographe – John Martin – qui tient ces mots très forts :

« Give me half a tanker of iron and I will give you another ice age. » (Flannery, 2015: 87).

Oliver Morton décrit également de manière explicite cette idée de levier :

« humans have found two ways of making a difference to the workings of the earthsystem. One requires large, species-wide effort [...] The other requires finding a small thing that makes a big difference, as NOx can in the stratosphere – something that offers leverage. The same will apply, as we shall see, when you want to make such differences deliberately. *Finding a powerful lever is the key to moving the earthsystem* [nous soulignons]. » (Morton, 2015: 51)

L'extériorité de l'humain dans ces citations est très explicite : c'est cette position d'extériorité qui lui permet d'observer la nature et ses processus et d'intervenir pour les manipuler. Par ailleurs, cela démontre également la conviction de la transcendance et de la supériorité sur les éléments naturels. En estimant pouvoir enclencher un nouvel âge glaciaire, Martin affirme la supériorité de l'humain vis-à-vis des éléments naturels et sa faculté à les manipuler selon ses désirs et/ou selon l'objectif souhaité. Mais ne considérer *que* cette extériorité ne rend pas compte de l'esprit infini des ingénieurs du climat ; les propos relayés par Tim Flannery et ceux d'Oliver Morton témoignent – implicitement – également de la réalisation de l'appartenance de l'humain à la nature. L'âge glaciaire, par exemple, est ce que John Martin pense pouvoir déclencher ; mais cet âge est subi directement par l'humain, lequel ne peut se soustraire physiquement à cet environnement. Il est donc bel et bien à l'« intérieur » de cette Terre et agit en conséquence.

L'ontologie de l'IC attribue directement à l'humain le rôle d'un être transcendant, supérieur, qui regarde *vers* la Terre, vers la multitude de leviers potentiellement exploitables (Kintisch, 2010). Cela fait fomentier l'idée d'*infini* : un *choix infini* de leviers se dressent devant l'humain, qui rend *infinies les potentielles interventions* que ce dernier peut envisager. De surcroît, cette idée d'un effort plutôt local, restreint, mais ayant potentiellement des ramifications globales majeures, dressant ainsi une *discontinuité* entre l'agir humain local et le résultat environnemental (climatique dans notre cas) plus global (par exemple la création d'une nouvelle ère glaciaire), a pour effet d'instiller une puissance également *infinie*. Cette puissance, insaisissable et indéchiffrable, est *infinie* dans ses proportions et dans sa manière de l'exercer et représente ainsi un constituant supplémentaire de cet esprit infini.

Le monde ingénierial, le système Terre et la spiritualité

Une autre source d'infinitude peut être décelée à travers la conception du monde forgée par la science et la technologie et cette position d'extériorité. Plus spécifiquement, nous suggérons que la technologie et la science constituent des *grilles de lecture de notre environnement, de la nature* ; c'est-à-dire que notre compréhension de la nature, mais également nos relations avec cette dernière, s'effectuent à travers un prisme scientifique. Nous soutenons également la thèse que cette manière (déjà ancienne) d'appréhender la nature, en particulier en Occident, est la conséquence et le fruit d'un *manque de spiritualité favorisant la transcendance de la Méthode Scientifique*.

Avant d'aller plus loin, il convient de préciser certains termes, notamment celui d'« ingénieur ». Pour cela, nous nous référons à la définition de Steward Brand, dans son livre *Whole Earth Discipline* (2010), qui propose une nette distinction entre trois agents, le *romantique*, le *scientifique* et l'*ingénieur*. Bien que l'auteur lui-même admette qu'il ne s'agisse que de définitions très générales et, de surcroît, simplificatrices, elles font transparaître cette confiance actuelle accordée aux ingénieurs et leur rôle déterminant pour l'avenir de la Terre. La différence fondamentale entre le romantique et le scientifique se situe au niveau de la relation avec les systèmes naturels, nous dit l'auteur : le premier s'*identifie* avec ces systèmes, tandis que le second les *étudie*. De plus, dit Brand, « The romantics are *moralistic* [nous soulignons], rebellious against the perceived dominant power, and dismissive of any who appear to stray from the true path. *They hate to admit mistakes or change direction* [nous soulignons]. The scientists are *ethical* [nous soulignons] rather than moralistic, rebellious against any perceived dominant paradigm, and combative against one another. For them, identifying mistakes is what science *is*, and direction change is the goal » (Brand, 2010: 208). Un troisième agent fait son apparition, l'ingénieur :

« Engineers are arriving who see any environmental problem neither as a romantic tragedy nor as a scientific puzzle but simply as *something to fix* [nous soulignons]. They look to the scientists for data to fix the problem with, and the scientists appreciate the engineers because new technology is what makes science go forward. The romantics distrusts engineers – sometimes correctly – for their hubris and are uncomfortable with the prospect of fixing things because the essence of tragedy is that it can't be fixed. Romantics love problems; scientists discover and analyze problems; engineers solve problems » (Brand, 2010: 208).

Ce n'est pas le scientifique qui triomphera, nous dit Brand, c'est l'ingénieur : celui qui se munit des aspects « positifs » de chacun des deux autres agents et qui peut réellement être efficace. Ce triomphe est donc dû à la science (moderne) qui se base sur des *certitudes scientifiques* (Brand, 2010) ; les incertitudes pouvant être surmontées à travers des recherches additionnelles (voir par exemple Caldeira et Bala, 2017; Cicerone, 2006).

L'évolution sociétale occidentale, en particulier, permet d'atteindre un type de monde que nous suggérons d'appeler un *monde ingénierial*. L'idée sous-jacente à une telle dénomination est de rendre compte d'une propension à lire scientifiquement le monde, et la manière dont les relations avec la nature se forgent. Illustrons simplement ce propos : *notre* manière de ressentir la chaleur est, par exemple, décrite par un nombre, à savoir la température en degré Celsius ou en degré Fahrenheit. Mon expérience de la biosphère est, dans les faits, largement conditionnée par la *mathématisation* de la nature (Eisenstein, 2007; Harari, 2014) comme nous l'avons vu précédemment. Un monde de mathématiques (un monde ingénierial) a donc été créé à partir de la *modélisation* mathématique et a supplanté le monde « réel ». Autrement dit, ce monde ingénierial/mathématique se confectionne plus précisément par le biais de la *modélisation* mathématique du monde, c'est-à-dire la création d'un monde *abstrait*, mais *similaire* au monde « réel ». Nous ressentons peut-être le monde (sentir physique), mais nous le vivons par le biais de la technologie et nous sommes, au sens figuré, extrait de notre attache terrestre.

Ce monde, c'est le *monde de l'ingénieur* : un monde dans lequel il est possible de *faire*, dans lequel l'ingénieur triomphe et dans lequel, par conséquent, il est potentiellement plus judicieux de parler d'*Homo faber*. C'est un monde dans lequel la science – exclusivement – dirige les décisions prises pour préserver l'environnement (Brand, 2010; Clarke, 2016; Marotzke et al., 2017). Un monde dans lequel la Terre est conçue, grâce à la science, comme ressemblant à une *machine*, où les éléments naturels sont compris comme ayant une fonction spécifique et rationnelle, mais au service d'un

système plus vaste (Descola, 2005) ; dans cette veine, la Terre est donc *repérable*. C'est une vision de la biosphère fondamentalement « paramétrique » que les ingénieurs adoptent (c'est-à-dire une vision développée à partir de paramètres scientifiques comme la stabilité, les boucles de rétroaction, etc.) et qui est aujourd'hui dominante (Grevsmühl, 2014). En d'autres termes, les éléments naturels sont, dans cette veine, vidés de leur substance, de leur substrat, et sont ontologiquement et métaphysiquement extraits de leur attache biosphérique. En outre, aucune valeur spécifique ou intrinsèque n'est reconnue à la nature, outre que celle-ci soit humaine.

Ce réductionnisme ontologique et métaphysique des entités naturelles à des fonctions respectives bien spécifiques – une *opération de dé-complexification* comme nous proposons de le nommer – forme le terreau des activités ingénieriales : comprendre le « système entier » devient ainsi possible – il s'agit d'une série d'éléments interconnectés avec des fonctions particulières – et il apparaît donc plus aisé pour un ingénieur d'intervenir dans un tel système dépourvu de valeur intrinsèque, dé-complexifié, et de détruire, voire d'améliorer et d'optimiser, etc. des parties de cette vaste « machine ». Il y a là ce qu'on peut appeler un *retournement dialectique de la technique* : le monde est appréhendé, au premier chef, par la technologie et la science ; mais dans un second temps, la technologie et la science, ayant des implications dans le CC, deviennent « l'obstacle » à dépasser ; et cela est possible, paradoxalement, par un regain de science et de technologie. L'IC dénote un changement métaphysique dans lequel le sort des humains est intrinsèquement lié, en amont, à celui de la technique et de la science ; ces derniers deviennent des *fins en soi*.

L'une des conséquences qui résulte des analyses entreprises jusqu'ici et du fait qu'un monde ingénierial s'établit c'est, derechef, l'ancrage dans la cognition humaine de l'existence d'une transcendance humaine. Si cette dernière a la possibilité de se développer cela résulte, selon nous, d'une *disparition d'une certaine spiritualité*, celle qui envisage « quelque chose » qui transcende l'humain, inconcevable/insaisissable/immatériel à proprement parler, mais qui se hisse bel et bien « au-dessus » de l'humain. L'*infini relatif* est dans ce cas toujours insaisissable, mais il est *pensable* ; ou, en d'autres termes, le *fini de l'infini est pensable*. L'absence actuelle de transcendance non humaine – en Occident du moins – enclenche un changement conséquent d'ordre métaphysique. L'*infini absolu* s'installe dans la cognition et le psychisme humains. En effet, un Dieu est intrinsèquement infini, immatériel, inobjectivable, sans début ni fin (Pelt, 2008) : mais l'effritement du Dieu dans la conception occidentale *rend l'infini anthropogène et la transcendance humaine pensable*.

Revenons un instant à la conception machiniste que nous venons d'évoquer. Il ne s'agit pas, dans cette conception, de renier la contingence intrinsèque aux processus naturels, mais de la réduire à des processus explicables et maîtrisables. Il s'agit d'une entreprise anthropique de recherche d'*unification*, de réduction de la contingence naturelle à un tout rationnel (Camus, 2003). Pouvoir expliquer l'« irrationalité » perçue dans la nature en la ramenant à un tout cohérent, saisissable, rationnel – unifié –, permet d'apaiser cette tension liée à cette contingence naturelle. Ainsi, l'*altérité* de la nature n'est pas nécessairement reniée, mais elle associée – consciemment ou non – à une vaste conception machiniste (rationnelle). C'est l'une des manières, à notre sens, par lesquelles l'humain, et plus précisément l'ingénieur, s'identifie au monde : il fait partie intégrante de la nature, c'est-à-dire d'un vaste projet naturel doté de processus et d'interconnexions multiples s'apparentant au fonctionnement d'une machine, au sein duquel il peut également agir.

Résumons les points importants de cette partie : ce monde ingénierial, ce « système Terre », appréhendant pourtant un monde fini, laisse éclore l'infinitude dans le fini. C'est un monde mathématisé, abstrait, similaire au réel certes, mais qui arrache l'humain et les éléments naturels de leur substrat biologique, et « invisibilise » la « réalité » des inéluctables limites naturelles. Les

moyens *finis* de la Méthode Scientifique permettent donc d'appréhender la Terre d'une *infinité de manières*. En ce sens, la mathématisation, et par extension la technologie, constituent une *grille de lecture d'un monde qui est dé-complexifié*. Nous n'avons plus une seule manière de lire le monde mais, grâce à la mathématisation, la technique et les sciences, nous pouvons le faire d'une infinité de manières (voir par exemple Bonneuil et Fressoz, 2016). Le programme scientifique et le monde ingénierial, dépourvus de spiritualité transcendante non humaine, permettent, par des moyens finis, d'atteindre/de découvrir un infini : *l'humain conçoit les limites mais dans un esprit infini qui tend à éclipser momentanément ces limites*. Et c'est dans cette lignée que s'inscrivent, à notre sens, les projets d'IC.

Nous avons, jusqu'ici, tenté de dépeindre ce que nous entendons par un esprit infini et les conditions de développement de ce dernier. Dans la dernière partie de ce chapitre, nous présenterons ce qui constitue l'essence de l'esprit infini et comment il se conjugue avec la perception des limites planétaires pour former le paradoxe de l'IC.

Le paradoxe et l'enjeu de l'ingénierie climatique : Une double pulsion, peurs et excitation?

Les progrès scientifiques et technologiques contemporains ont instillé chez l'humain, comme nous l'avons vu, un sentiment de maîtrise et de contrôle de la nature et de ses processus. En outre, la puissance humaine a pris une telle ampleur durant le siècle passé que, pour la première fois de son histoire, l'humain semble capable de détruire la Terre elle-même avec l'arme atomique (Flannery, 2015; Goodell, 2010; Grevsmühl, 2014). A cette époque déjà, le nucléaire a un effet particulier : cette technologie inspire, d'une part, une forme d'*excitation* – elle permettrait notamment de forger la Terre à souhait ou de la détruire selon les désirs humains – traduisant la puissance humaine. Mais, cette technologie a également, d'autre part, un effet radicalement inverse, celui d'instiller la *peur*. Le fait de pouvoir détruire la Terre, socle de la vie humaine, confronte l'humain directement à son devenir et, *in fine*, à sa propre mort. Mais au-delà de ces peurs existentielles, l'humain développe d'autres peurs, notamment celles liées au fait que la décision d'employer l'arme nucléaire est du ressort d'une petite élite qui, par conséquent, se dote d'une puissance supérieure au reste de l'humanité et aux éléments naturels.

L'exemple du nucléaire illustre cette *double pulsion – peur et excitation* – que nous allons tenter de dépeindre dans les lignes qui suivent, car L'IC hérite, semble-t-il, de ce trait anthropologique particulier. Les ingénieurs du climat, tout comme d'autres partisans de cette forme d'ingénierie issus de la société civile, semblent animés par cette double pulsion.

Le paradoxe de l'IC qui nous intéresse dans cette partie émane d'une relation particulière entre un fait, les finitudes naturelles, une nature *perçue* comme étant finie, et un esprit infini qui éclipse momentanément l'idée de finitude, et instille un sentiment cognitif de dépassement, surpassement, des capacités humaines et naturelles réelles. Ici, nous défendons l'idée que ce paradoxe, conjuguant la finitude et l'infinitude, se constitue, par essence, de cette *double pulsion* de *peur* et d'*excitation*. Plus spécifiquement, nous suggérons que les éléments naturels – dont la finitude est centrale – sont une source de peur qui se traduit de multiples manières. A l'opposé, l'esprit d'infinitude est, d'une part, une source d'excitation, mais cette excitation provoque, d'autre part, un « sentiment d'infini » qui se traduit également de manières très diverses.

Débutons par certaines sources de peur que nous estimons être pertinentes. Premièrement, l'humain doit trouver un moyen de conjuguer son existence humaine avec un monde – compris

comme étant un ensemble composé de la Terre et d'un univers, conçu comme un système organisé – qui est, d'une part, le socle de son vécu et, d'autre part, un potentiel destructeur de l'humanité. L'humain se retrouve donc confronté à une situation entre un monde, d'un côté, qu'il ne comprend pas, qui se meut par lui-même – qui bouge sans son aval, qui est silencieux – et, comme le relève Eisenstein (2007), est perçu comme étant constitué de matière intrinsèquement *morte* et, d'un autre côté, sa propre existence, c'est-à-dire sa manière de devoir s'identifier à ce monde. Dans une telle situation, l'humain peut se sentir fondamentalement *étranger* à ce monde insaisissable et qui semble avoir une identité à part entière, indépendante de lui, mais qui *conditionne la propre survie de cet humain* (sans elle, l'humain ne survit pas ; si elle se dégrade, l'humanité est directement atteinte). Or la situation devient encore plus pesante avec un événement tel que le CC, où l'humain est accusé d'être *principalement* et *directement* responsable de ce changement.

Le CC, et de manière plus générale les dégradations environnementales, ne sont pas aisément saisissables pour les humains en raison notamment de leur nouveau *rapport à l'espace* (il s'agit de dégradation *globales* et non plus locales), leur fréquente *invisibilité* (nous ne percevons pas les dégradations des grands cycles biogéochimiques ou la déplétion de la couche d'ozone par exemple), leur *imprévisibilité* (les problèmes environnementaux significatifs des XX^e et XXI^e siècles n'ont pas été anticipés, à l'instar des conséquences de l'usage des pesticides – en particulier le DDT dénoncé par Rachel Carson dans son ouvrage *Silent Spring* (1962) – sur les systèmes reproductifs d'animaux), leur *rapport au temps* (les effets des dégradations environnementales suite à nos activités ne sont pas directement visibles – l'*inertie* des dégradations –, et ces dégradations sont considérées comme étant généralement *irréversibles*) (Bourg et Salerno, 2015).

Bref, le rapport que l'humain entretient avec le monde et la nature relève de ce qu'Albert Camus nomme l'« absurde » : un rapport dans lequel l'humain n'identifie pas le monde comme une demeure mais qui constitue plutôt un univers de choses, qui est étrange, et dans lequel l'humain se sent étranger (d'Arcais, 2013). Une première source de cette absurdité réside dans la *vision du globe* : l'humain, à travers cette expérience, est directement confrontée à une situation qui concilie la finitude perçue et une sorte d'infini qui se mesure à partir de la position décentrée qui est adoptée pour visualiser la Terre. Cela crée directement une tension (Latour, 2014), une dissonance cognitive ou, autrement dit, une situation absurde à travers laquelle l'humain s'identifie difficilement avec le monde devant ses yeux.

Cette absurdité, issue d'un monde étranger dans lequel le mouvement « naturel » semble essentiellement indépendant de l'humain, est exacerbée par cette *perception de la finitude*. Les mouvements de la Terre *paraissent infinis* (c'est-à-dire que les rotations de la Terre, les divers processus naturels, etc. semblent infinis) – c'est ce que nous *pensons* savoir –, mais ils sont directement confrontés à cette *finitude* intrinsèque à la Terre – ce que nous *savons réellement*. Cette particularité – absurde – a pour effet de mélanger ce qui paraît fondamentalement concret – les finitudes naturelles perceptibles – avec ce qui relève de l'ordre de l'irrationnel – les mouvements infinis. Cette confrontation entre l'infini et le fini que Camus semble indiquer par l'idée de l'absurdité du monde, est une source de peur que l'humain tente de surpasser. Et la manière de procéder, nous dit Camus, c'est de tenter d'*unifier* métaphysiquement le monde, lui donner une certaine *cohérence univoque*, permettant ainsi de résorber les contingences multiples d'un monde que nous ne comprenons pas et dans lequel nous sommes *étrangers*.

Il est possible, à notre sens, de déceler cette peur issue de l'absurde chez les partisans de d'IC : cette forme d'ingénierie vise, de manière très générale, à maîtriser et contrôler un système naturel – en l'occurrence le climat – pour tenter de vaincre cette tension absurde entre la finitude et

l'infinitude. Steward Brand, par exemple, s'est notamment illustré avec cette assertion très virulente : « We are as gods and HAVE to get good at it » (Brand, 2010: 1). Tout au long de son livre *Whole Earth Discipline*, Brand cherche à donner un rôle transcendant à la science, et tout particulièrement à l'ingénieur, cet agent capable de résoudre des problèmes et de fournir des solutions. Par ce souhait de rationalité scientifique, de rejet de conceptions « romantiques » de la nature, il semble gésir une volonté d'émancipation de l'absurdité du monde, en le transcendant et en prenant son contrôle.

Cette absurdité peut également être décelée dans l'idée des « tipping points » (points de basculement). Cette idée est fréquemment relayée dans la littérature (voir par exemple Flannery, 2015; Hamilton, 2011; Kintisch, 2010 ; Lynas, 2011 ; Steffen et al., 2015) et a pour ambition de rendre compte que le dépassement de certains seuils, établis scientifiquement, peut entraîner l'humanité dans des conditions d'existence dangereuses. C'est une manière de rendre compte scientifiquement des finitudes naturelles. Mais un tel état de fait ne fait qu'exacerber l'absurdité entre, d'une part, une forme de certitude des finitudes biosphériques et, d'autre part, les activités humaines qui seraient directement responsables de l'atteinte ou non de ces seuils, mais qu'il est malaisé de lier cognitivement entre eux. Cette peur que nous tentons de d'élucider provient de cette étrange relation entre la finitude et les activités anthropiques – infinies – ; ce lien imperceptible, insaisissable, dont seul l'esprit peut tenter de rendre compte implicitement, qui nous paraît fondamentalement absurde, entre nos activités et le dépassement de seuils entraînant un danger sans précédent pour l'humanité.

Deuxièmement, nous suggérons que *la finitude intrinsèque du monde confronte l'humain, dans les faits, à sa propre finitude et fait naître en lui une peur existentielle*. L'humain, face à la finitude *perçue*, se confronte ontologiquement à sa propre finitude (Neyrat, 2016), c'est-à-dire à l'idée que la mortalité est une réalité intrinsèque de la vie humaine. C'est donc de cette finitude que l'humain souhaite pouvoir se délester, de pouvoir l'éclipser de sa subjectivité afin d'apaiser toute tension existentielle. Dans cette veine, c'est *vers l'infini* que l'humain se tourne : un infini qui est conçu comme un *but*, un *objectif anthropogène de surpassement des limites*.

L'IC s'inscrit dans ce mouvement : il rend compte *empiriquement* de l'« impossibilité » de poursuivre le rythme actuel des activités humaines. La finitude biosphérique impose un changement métaphysique et ontologique de la relation humain-nature, afin que les modes de vie humains s'adaptent aux conditions naturelles. Mais un tel geste, un tel « éveil », confronte justement l'humain directement à la finitude de la biosphère, d'une part, mais à sa propre finitude, d'autre part, comme nous l'avons évoqué. La « volonté d'infini », que notamment Descartes a tenté d'éclaircir (Vilmer, 2008), prend racine dans l'ontologie cartésienne et constitue, à notre sens, cet élan, cet « éveil » visant à dépasser la finitude en identifiant l'infini comme dessein anthropogène.

Les projets d'IC représentent ce schème de pensée qui consiste à *penser et prétendre que les limites sont franchissables* ; en effet, par leur existence même, ces techniques instillent l'idée que les limites sont dé-passables, malgré le fait que les indicateurs semblent inculper nos modes de fonctionnement sociétaux. Partant, elles offrent une brèche, une échappatoire par laquelle l'esprit humain peut s'évertuer à penser l'infini pour résorber ses peurs existentielles, comme en témoigne cette citation de *Tao Ti Chang* relayée par Shellenberger et Nordhaus (2004), fondateurs du *Breakthrough Institute* qui soutient incontestablement les projets d'IC : « If you aren't afraid of dying there is nothing you can't achieve » (Shellenberger et Nordhaus, 2004: 10).

Cette volonté de dépassement de la finitude – et la possibilité, du reste, de la penser – est, à notre sens, intrinsèquement liée à un effritement des religions dans les pays Occidentaux, comme

le notent également Farias et al. (2012). La religion offre une idée de transcendance qui outrepassé l'humain et son existence et établit, par conséquent, une forme de finitude à l'existence humaine ; cette dernière est conditionnée par une entité supérieure qui limite ainsi ses agissements. Mais le recul de l'importance de la religion tend à oblitérer cette idée de finitude imposée implicitement par cette même religion, laissant place à la recherche d'infini que nous avons décrite plus haut en plaçant notamment une foi dans la science (Farias et al., 2013).

Dans un même élan, les partisans de l'ingénierie du climat sont animés par ce que nous proposons d'appeler une pulsion d'« excitation ». Cette pulsion traduit, à notre sens, deux phénomènes anthropogènes : d'une part, un *surpassement des peurs* que nous venons de décrire et, d'autre part, une *célébration de l'ingéniosité humaine, du progrès, etc.*, bref, de la supériorité humaine. Ces deux phénomènes sont nécessairement liés et se manifestent souvent conjointement, mais tous les deux méritent d'être soulignés.

Nous venons d'évoquer l'idée selon laquelle l'humain cherche à dépasser la finitude intrinsèque du monde en cherchant à établir l'infini comme dessein anthropogène. Ce dépassement du fini semble ancré dans l'imaginaire de l'IC, source, comme nous l'avons vu, de peur mais également d'excitation :

« This sense of being on the edge of immensity is at the heart of the experience of the sublime, a response to the power and scope of nature which, in the words of Edmund Burke, 'fills the mind with grand ideas, and turns the soul in upon itself'. The stratosphere, then and now, offered the sublime in heady drafts » (Morton, p.41).

Mais comment concevoir l'infini ? Descartes s'est notamment illustré sur ce point en cherchant à apporter une réponse à cette question, en étudiant la *volonté infinie de l'humain*. Ce n'est pas simplement le fruit d'une idée, d'une conception possible de l'infini, mais de la *négation de la finitude*. A partir de quelque chose que l'on peut qualifier de « réel » – la finitude (perçue) –, l'humain construit, par négation de ce réel, quelque chose d'infini, diamétralement opposé à la finitude. Mais l'excitation qui tend à propulser l'humain dans un sentiment d'infini émerge d'un double mouvement selon les travaux sur Descartes de Vilmer (2008) dont nous reprenons certains résultats. Premièrement, l'idée même de nier le fini confère – paradoxalement – un sentiment d'infini, car nier n'est pas unique ; il y a une *infinité de manières de nier la finitude*. Deuxièmement, pour appréhender l'infini – indéfini soulignons-le –, un processus subjectif de conceptualisation de l'infini s'auto-actionne. Mais l'infini n'est pas un objet, n'est pas objectivable, ne peut être identifié matériellement et, partant, est *conceptuellement envisagé d'une infinité de manières*. En effet, l'infini doit donc être *pensé* et *imaginé* à travers des processus cognitifs qui sont *infinis*. Ce double mouvement traduit ce que Vilmer souligne comme étant une *volonté d'infini*, que nous comprenons comme étant un souhait de comprendre, de découvrir, de conquérir un infini. Et cela permet à Vilmer d'énoncer, d'après les écrits de Descartes, que *la volonté d'infini perçue chez l'être humain découle d'une volonté infinie* qui émerge des éléments que nous venons de présenter. Dans la même lignée, Albert Camus (2003) nous dit que l'humain est intrinsèquement fini mais se dote de la capacité de *penser l'infini* et, surtout, de le *désirer*. Penser l'infini, avoir une volonté d'infini, représente ainsi un mécanisme par lequel *l'humain peut se soustraire à l'angoisse/l'anxiété existentielle qui le traverse*.

Cette anxiété existentielle qui anime l'humain a pour résultat – dans les sociétés occidentales – *d'accroître la croyance dans la science*. C'est, du reste, la thèse de Farias et al. (2013) qui estiment que la science elle-même peut faire l'objet d'attitudes qui s'apparentent à celles d'une croyance religieuse.

Car la science peut être appréhendée de deux manières au moins selon les auteurs ; d'une part, la science consiste en une source de connaissances fiables relatives au monde et, d'autre part, la science peut être assimilée à une forme de croyance religieuse. Pour être plus précis, la science peut être *source de sens* et peut, de surcroît, *générer des sentiments qui s'expriment plus communément dans la religion*, à l'instar des sentiments d'émerveillement (« awe »). C'est cette seconde manière d'appréhender la nature que les auteurs nomment la « croyance scientifique » (« belief in science »).

Cette piste, étudiée par Farias et son équipe, nous semble tout à fait intéressante à reprendre à l'aune de CC et des avancées en matière d'IC. Mais nous proposons d'étendre les résultats de Farias et al. (2013) afin de suggérer que la croyance ne se situe pas seulement au niveau de la science mais surtout, dans notre cas, au niveau de la technologie. Le CC crée une situation d'anxiété¹ qui peut accroître la croyance en la technologie. A cet égard, l'IC peut transmettre des sentiments d'émerveillement, d'apaisement, etc. à la lumière du réchauffement climatique. Car, dans ce cas, la technologie permet, d'un côté, l'oblitération de la confrontation avec la finitude du monde et la finitude humaine – comme nous l'avons évoqué précédemment – et, d'un autre côté, la participation à l'édification d'une sorte de foi incontestée en la technologie qui remplace une foi historiquement dévolue à la religion. C'est dans cette veine que nous suggérons l'idée qu'une *culture de la technologie existe dans les sociétés contemporaines*, dans laquelle des « schèmes de pensée technologique » dominent la relation entre l'humain et le monde. La nature est alors appréhendée, comprise, découverte, etc. par le prisme de la science et de la technologie (ces éléments constituent donc des « grilles de lecture » la nature), qui permet également à l'humain de transcender les éléments naturels. Et cela permet, derechef, de *prétendre que la transcendance des limites est possible jusqu'au point d'atteindre une conscience universelle*, résolument *transcendantale* (Clingerman, 2012).

Cette forme de culture que nous proposons de nommer « culture de la technologie » est encadrée, encouragée, et maintenue par l'édification du « monde ingénierial » que nous avons présenté précédemment. Mais c'est surtout dans une telle culture, flanquée d'un anthropocentrisme et d'un utilitarisme dominants, de mathématisation du monde et de transcendance humaine, que se développe l'*excitation* chez l'humain. Ce monde est réduit, dé-complexifié par la mathématisation et « lu » par la technologie, ce qui permet de simplifier une forme de vie sur Terre, de prétendre pouvoir la comprendre dans sa totalité en considérant toutes les contingences. Mais c'est également une culture dans laquelle le désir de contrôle et de maîtrise est envisageable, ce qui peut être atteint grâce à l'ingéniosité humaine et la puissance technologique humaine constituant un héritage des avancées sur le nucléaire et du contexte guerrier du XIX^e siècle (Grevsmühl, 2014; Neyrat, 2016). Et comme rien ne transcende ces désirs ou cette volonté d'infini, alors l'infini est bel et bien un dessein anthropogène dans lequel l'idée de finitude est – momentanément – éclipsée.

L'IC est une illustration phare d'une telle culture, dans laquelle l'humain s'empare de la nature, l'assimile, afin d'« être vraiment lui-même » (Descola, 2005), de transcender les limites naturelles et de faire fomentier ce désir, cette volonté d'infini. C'est donc, au demeurant, une manière d'esquiver

¹ D'aucuns pourraient vociférer leur incompréhension face à une telle assertion (par exemple ceux issus des courants climato-sceptiques) ; nous estimons toutefois que le changement climatique a pour effet de créer des conditions d'anxiété anthropologiques et, de surcroît, que le déni affiché des climato-sceptiques est une manière de réfuter cette anxiété ; mais cela n'est pas l'objet de ce travail.

momentanément les questions que font naître le CC qui, rappelons-le, nécessite(ra)it une introspection anthropologique et sociétale fondamentale.

Nous avons, à présent, réuni les éléments qui nous permettent de décrire avec plus de précisions ce que nous entendons par le « paradoxe de l'IC ». En réalité, il ne s'agit pas d'un paradoxe spécifique à l'IC, mais plutôt d'un paradoxe de portée plus générale que cette forme d'ingénierie permet de mettre en lumière. Le paradoxe auquel nous faisons référence naît de cette conjugaison entre, d'une part, un sentiment qui paraît à première vue rationnel (du moins dans sa prétention), celui de la perception des limites biosphériques, de la reconnaissance d'une planète finie et, d'autre part, le sentiment qui anime les projets d'IC, celui teinté d'infini, de peur et d'excitation. La finitude est moins perçue comme une contrainte – entendue comme une restriction nécessaire –, mais comme un obstacle qu'il s'agit de surpasser pour accéder à cette chose abstraite qu'est l'infini, résultant d'une volonté d'infini.

En parlant de paradoxe, nous pensons que cela permet de rendre compte d'un autre sentiment également présent dans la littérature : il s'agit d'un sentiment, d'une intuition, de *quelque chose qui cause un souci résultant de l'interférence dans les processus naturels (indépendants des humains) et qui ne devrait pas être ainsi*. Dans cette veine, nous décelons une forte similitude avec l'« *argument par présomption* » (« *presumptive argument* ») de Christopher Preston (2011). Preston suggère que les activités anthropiques devraient être circonscrites, limitées, de telle manière à ce que les processus naturels indépendants de humains puissent être laissés intacts ; cette vision constitue une raison *prima facie*, ou un argument par présomption, selon l'auteur, pour contrer l'IC. C'est cette intuition qui nous paraît fondamentale et qui se dégage avec l'idée de paradoxe : l'idée d'une inadéquation du fini et des désirs incontrôlables – l'infini – qui semble émerger avec les projets d'ingénierie du climat. Ainsi, il nous paraît absolument incongru de parler de « problème technique » lorsque l'on se réfère au CC (voir par exemple Lovelock, 2014 ou Lynas, 2011). Le CC est, par essence, un enjeu anthropogène teinté de peurs et d'excitation qui nécessite, au premier chef, une réponse sur le plan anthropologique (dans laquelle la technologie doit bien sûr jouer un rôle). Cela montre peut-être les limites d'une conception de la Terre comme étant quelque chose d'intégralement mathématisable ; le paradoxe tend à souligner la nécessité de reconsidérer notre place sur la Terre et notre posture vis-à-vis de la nature.



Finalement, quel est l'enjeu de l'IC que nous pouvons relever à la lumière de ce chapitre ? A notre sens, il se situe au niveau du paradoxe que nous avons tenté de décrire jusqu'à présent. L'enjeu est d'ordre ontologique, métaphysique et épistémologique. Il s'agit tout d'abord de rendre compte que l'IC fait émerger des traits anthropologiques particuliers : il confronte l'humain à une réalité naturelle, ainsi qu'à la sienne, en le confrontant directement à la finitude et à une forme d'absurdité du monde. L'une des raisons pour lesquelles, selon nous, la voie technologique se dessine et connaît un soutien toujours croissant, c'est que la technologie – l'IC plus précisément dans notre cas – permet d'apposer un voile sur des questions anthropologiques fondamentales qui émergent avec le CC. Poursuivre sur cette voie, c'est oblitérer les questions essentielles de l'émergence du CC et d'un certain devenir de l'humanité, en risquant de verrouiller la voie dans une optique technologique.

Deuxièmement, l'enjeu se situe au niveau de la combinaison de l'infini et du fini et relève de la dimension ontologique de l'humain. Il s'agit non plus de percevoir et de ressentir le fini comme une frontière ou un obstacle contraignant(e), qu'il faut outrepasser pour atteindre un certain infini en réponse aux désirs et à la volonté d'infini. Le *fini doit devenir la source métaphysique et ontologique de l'infini qui anime l'humain*. Pour cela, il s'agit de trouver les clefs d'une reconsidération de la place de l'humain *sur* (ou *dans*) la Terre, de s'émanciper de cette vision du statut d'un étranger qui doit lutter contre les éléments naturels pour *trouver sa place et se comprendre*.

Finalement, il existe un enjeu épistémologique : le point de vue « extérieur » que la science moderne nous a imposé (voir plus haut) nous apparaît, à présent, dans la lignée des propos d'Emilie Hache (2014), « comme l'une des choses les plus étranges que nous ayons inventé tout en nous laissant complètement démunis devant sa disparition » (Hache, 2014: 12). Le statut et la place de la science et de la technologie sont remis en question à l'aune de l'Anthropocène et de cet élan anthropologique visant à se comprendre et à trouver sa place. Car si la science et la technologie modernes permettent de percevoir le fini, elles contribuent également à pérenniser et stimuler l'esprit infini. Quel rôle doit donc revêtir la science et la technologie ? Comment conjuguer un changement épistémologique avec le renouveau anthropologique d'un retour *sur* (ou *dans* la) Terre pour mieux la connaître/la sentir/l'imaginer/la penser et l'habiter (Hache, 2014) ?

Le prochain et dernier chapitre s'évertue à trouver des ébauches de réponses à ces questions en confrontant le paradoxe de l'ingénierie climatique aux défis de l'Anthropocène. Il s'avère fondamental, selon nous, de considérer les enjeux anthropologiques à l'heure de l'Anthropocène, notamment avec l'émergence de conceptions très distinctes de cette ère. L'une de ces conceptions consiste à présenter l'Anthropocène – ou plus précisément le « Bon Anthropocène » – comme étant une sorte de « libération » des potentialités humaines, l'aboutissement d'un long périple au terme duquel l'humain peut (enfin) exprimer sa supériorité sur le monde. C'est dans une telle conception que les projets d'IC peuvent se développer et c'est cette vision qu'il s'agit de questionner d'un point de vue anthropologique et éthique.

Chapitre 4 – les enjeux du paradoxe à l'aune de l'Anthropocène et une esquisse d'une « anthropologie de l'acceptation »

L'Âge de l'Homme, le Bon Anthropocène et la Responsabilité

Notre dessein n'est pas de remettre en cause la dénomination d'une ère géologique ; il serait incongru et malhonnête – voire immoral – de ne pas reconnaître l'impact que l'humain a eu et ne cesse d'avoir sur la biosphère. De même, il est inconcevable, selon nous, de ne pas reconnaître les prouesses humaines en matière de technologie dont l'objectif est, dans une grande mesure, de limiter les effets d'un potentiel CC néfaste. L'ingéniosité humaine n'est donc pas un tort que nous tentons de dénoncer et de renier. Ce que nous souhaitons transmettre ici, c'est qu'une conception dangereuse de l'Anthropocène est en train de naître dans laquelle l'humanité, d'une part, ne se rend pas compte – délibérément ou non – des impacts délétères de ses activités et, d'autre part, mue par son ingéniosité et par la sacralisation de la technologie, cherche à transcender la nature et atteindre un stade de contrôle et de manipulation complets. Certains auteurs proposent de nommer cette conception le « Bon Anthropocène », une manière de reconnaître cette transcendance humaine et de libérer en quelque sorte tout le potentiel de l'ingéniosité humaine : ce n'est pas uniquement l'ère dans laquelle l'humain domine – car d'aucuns pourraient affirmer que l'humain domine d'ores et déjà la biosphère dans son ensemble – mais durant laquelle *nous reconnaissons cette domination*. Les conséquences ontologique et métaphysique d'une telle proposition, interrogeant directement la place de l'humain et son rôle sur Terre, sont significatives et méritent donc réflexion.

Bref, à notre sens, la lecture de l'Anthropocène joue un rôle déterminant pour l'avenir de la lutte contre le CC et, par conséquent, influe nécessairement le devenir de l'IC. Mais cette lecture engendre également des enjeux éthiques et anthropologiques qui sont tout autant significatifs (Clingerman, 2014; Le Dévédec, 2015). Ainsi, comme nous le verrons, dans l'éventualité d'un Bon Anthropocène dans lequel fleuriraient l'IC et l'esprit infini, la *responsabilité* éthique et anthropologique des ingénieurs du climat est considérable. A notre sens, proposer une voie autre que celle menant à l'IC et au Bon Anthropocène nécessite de lier les dimensions de finitude et d'infinitude – le paradoxe de l'IC – pour envisager une lecture alternative de l'Anthropocène. Ceci, afin de laisser se développer ce que nous proposons de nommer une *anthropologie de l'acceptation*. Nous verrons que cette anthropologie cherche à appréhender l'absurdité du monde (expliquée précédemment) et la finitude pour en faire émerger une nouvelle source de spiritualité afin d'appréhender l'esprit infini.

L'Anthropocène, le prétendu « âge de l'Homme » – terme équivoque nous l'avons compris –, cherche à souligner le fait que l'humain devient une force tellurique à part entière. Cette idée émane de Crutzen et Stoermer qui, en 2000, proposent de nommer une nouvelle ère géologique qui rend compte de l'omniprésence de l'impact anthropique dans la géologie et l'écologie (Crutzen et Stoermer, 2000; Kintisch, 2010; Ruddiman et al., 2015). Nous sortons ainsi de l'Holocène, période géologique durant laquelle les conditions climatiques ont été propices au développement des sociétés humaines. L'une des difficultés actuelles auxquelles les scientifiques font face est de décider à quel moment l'Anthropocène doit débiter. Crutzen et Stoermer proposent le début de la Révolution Industrielle au moment de l'invention de la machine à vapeur de James Watt. D'aucuns

ont proposé de remonter à quelques milliers d'années (*Early Anthropocene*) avec les premiers impacts des humains sur l'environnement. Finalement, certains scientifiques proposent la date de 1945 à partir de laquelle s'établit la *Grande Accélération*, terme employé pour rendre compte de l'augmentation spectaculaire des flux et des activités humaines (par exemple l'augmentation de l'utilisation de voitures privées, du dioxyde de carbone atmosphérique, etc.) (Ruddiman et al., 2015; Steffen et al., 2015; Zalasiewicz et al., 2015).

Nonobstant ces difficultés, et au risque de nous répéter, notre souci se situe plutôt au niveau des lectures possibles de l'Anthropocène. A notre sens, deux lectures dominent actuellement les débats : la première lecture est celle d'un *mauvais Anthropocène*, défendue en grande partie par des auteurs sceptiques sur l'idée de concevoir la technologie comme outil principal de la résolution de l'enjeu climatique, et vitupérant contre les projets de domination de la nature (on peut citer par exemple Hamilton, 2015; Klein, 2014). D'autres, cependant, pensent qu'il peut exister un *Bon Anthropocène*, comme nous l'avons vu avant, reconnaissant (enfin) la puissance et l'ingéniosité humaine, et accordant un rôle prépondérant à la technologie (voir par exemple Asafu-Adjaye et al., 2015; Brand, 2010; Keith, 2013). L'Anthropocène, dans ce cas, représente une *opportunité* : une opportunité d'ancrer la transcendance humaine et une opportunité de rendre la nature intégralement humaine, c'est-à-dire de la subordonner aux activités humaines et de l'approprier (Asafu-Adjaye et al., 2015; Ellis, 2015). Dans cette veine, l'humain s'érige en tant que principal protagoniste pour gérer cette « nouvelle » planète. Bref, il s'agit d'atteindre une symbiose mais qui sied, au premier chef, l'être humain ; et cela, par le biais d'un surcroît de technologies permettant de découpler le développement sociétal et les impacts environnementaux (Asafu-Adjaye et al., 2015; Hamilton, 2015), permettant ainsi de pérenniser modèle sociétal dominant. Toutefois, c'est là que les partisans d'un Bon Anthropocène se leurrent selon Clive Hamilton :

« The Anthropocene is put forward not as a description of the further spread of human impacts on the landscape or ecosystems but as a *new epoch in the Geological Time Scale*, a phase shift in the functioning of the Earth system as a whole. It is not a continuation of the past but a step change in the geological record » (Hamilton, 2015: 237).

Ce Bon Anthropocène, ce prétendu âge de l'Homme, est une *mise en scène* de l'humain dans le spectacle de la Terre ; une dénomination plus adéquate est, partant, l'« *Anthroposcène* »¹. La métaphore du spectacle nous paraît éloquente pour dépeindre ce Bon Anthropocène. En effet, la mise en scène de l'Anthropocène consiste à attribuer un rôle *transcendental total* à l'humain. L'humain joue un spectacle tout comme un acteur sur une scène surplombant une foule qui assiste à une production sans y prendre part. L'ingénieur du climat, plus spécifiquement, similairement à l'acteur sur scène, est le maître de la production et est censé jouer une histoire intrigante, étonnante et palpitante pour le public. Une telle métaphore peut paraître totalement décousue, mais elle relate implicitement les efforts en matière d'IC : l'intrigue de notre histoire est un CC particulièrement menaçant et étonnant pour l'humanité ; mais la technologie, développée grâce à l'ingéniosité humaine, promet un spectacle palpitant et une fin potentiellement heureuse. Cette métaphore sert également à illustrer le statut ontologique et transcendantal de l'IC à l'aune de l'Anthropocène. Seul

¹ Nous empruntons ce terme au géographe Augustin Berque, qui l'a employé lors d'un séminaire organisé à l'Université de Lausanne en septembre 2016.

sur sa scène, l'humain est le centre d'attention, il est le principal protagoniste du spectacle de la Terre. Il décide donc du devenir des spectateurs assistant passivement à la production qui se déroule devant eux. Ainsi se conçoit le Bon Anthropocène à notre sens : il place l'humain au-dessus du reste des éléments naturels, promet d'outrepasser les limites et attaches biosphériques et, *in fine*, promet un avenir florissant (voir notamment Asafu-Adjaye et al., 2015).

En somme, donc, céder à l'appel du Bon Anthropocène, c'est céder, selon nous, au paradoxe de l'IC : c'est négliger les implications anthropologiques et éthiques de l'IC et, par conséquent, propulser humain, certes dans un inconnu, mais dans lequel la maîtrise et le contrôle des éléments naturels servent de fondements. Mais est-ce au fond la seule voie envisageable ? Eli Kintisch (2010) évoque l'idée d'une « tendance naturelle » chez l'humain à vouloir continuellement bricoler (*tinker*) avec ce qu'il y a autour de lui. L'argument que Kintisch développe – mais que d'autres suggèrent implicitement, à l'instar de David Keith (2013) – est convaincant, mais il n'en demeure pas moins que de parler de « tendance naturelle » restreint voire simplifie considérablement le débat. Cela revient à naturaliser un certain comportement humain et à esquiver les réflexions anthropologiques et éthiques sous-jacentes. Nous suggérons que ce n'est pas à proprement parler une « tendance naturelle » qui mue l'être humain et qui rend, *in fine*, la perspective d'un Bon Anthropocène inéluctable ; c'est, selon nous, *le fruit d'une assimilation et d'un développement d'une conception particulière de la relation de l'humain à l'infini*. Concevoir les choses ainsi rend envisageable une introspection anthropologique et suggère que d'autres chemins peuvent (encore) être empruntés. Du reste, une telle conception dénature le rôle de l'humain et interroge directement sa fonction dans la nature et dans le CC.

La *Responsabilité* de l'humain à l'aune de l'Anthropocène et du développement de l'IC est incroyablement complexe. Il ne s'agit pas uniquement de considérer un certain nombre de risques – bien qu'il soit primordial de les aborder, ne nous méprenons pas – qui menacent notre propre survie, celle des non humains ou des générations futures (Stilgoe, 2015). La *Responsabilité*, avec un « R » majuscule, est celle qui contient dans *son essence la reconnaissance de son implication sur le devenir humain*. Car, comme nous l'avons évoqué, l'IC fait éclore une série de réflexions ontologiques, métaphysiques et épistémologiques qui conditionnent directement sa relation avec la nature : la place de l'humain sur la Terre, sa posture, le rôle dévolu à la science, la technologie, etc. En « choisissant » la voie de l'IC, l'humanité accepte de voir s'exacerber la distanciation et l'abstraction de la Terre et de reléguer cette dernière au rang d'artefact (Guillaume, 2015). C'est également entraîner la grande majorité de l'humanité dans une direction qu'elle n'a peut-être pas choisie, qui ne sied pas à l'intégralité des humains et non humains et qui ne rend pas compte des différences intrinsèques entre ces derniers (Bonneuil et Fressoz, 2016). La notion de *Responsabilité* est donc fondamentale à l'heure de l'Anthropocène au point de constituer ce que Eli Kintisch (2010) nomme l'« anxiété de l'Anthropocène ».

Comment peut-on caractériser cette *Responsabilité* ? Certains auteurs ont proposé des pistes de réflexions : Bruno Latour, par exemple, dans son article *Love your Monsters* (2012), propose implicitement une forme de responsabilité : une dévolue directement à nos technologies qui résulte du fait que nous n'aurions pas pris suffisamment soin d'elles. Il faut réaliser et accepter, dit l'auteur, que le projet moderne n'est nullement celui de l'émancipation des humains de la nature, mais est en réalité un projet de connexions et d'attachements entre ces derniers. Notre responsabilité est donc de mieux assister les technologies que nous créons et non de les abandonner, à l'instar du Dr. Frankenstein, nous dit l'auteur, qui a abandonné sa créature. Nous devons donc être, selon Latour, *des compositeurs*.

Galarraga et Szerszynski (2012) proposent d'envisager trois types d'ingénieurs du climat et, par conséquent, implicitement, trois formes de responsabilité : le premier serait un *architecte* du climat. Cet agent peut « imposer une nouvelle forme sur la matière du climat » (Galarraga et Szerszynski, 2012: 228). C'est, d'après les auteurs, l'image qui domine le discours sur l'IC. Le second agent est ce que les auteurs nomment l'*artisan* du climat. Ce dernier construit ses connaissances sur la base des interactions de la matière, et laisse ainsi différentes formes émerger. Ce qui importe dans cette approche est le processus de formation du climat. Finalement, les auteurs imaginent un troisième agent : l'*artiste* du climat. Dans ce cas, le climat relève d'un « acte de création » et, de surcroît, implique des « nouveaux états climatiques » (Galarraga et Szerszynski, 2012: 231). Ce qui distingue cette approche des deux autres, c'est que la fabrication du climat n'est pas uniquement un assemblage de processus climatiques, mais bel et bien *l'actualisation de quelque chose de plus*. L'artiste doit reconnaître que ses projets ont des conséquences irréfutables sur la société, conditionnant le rapport entre cette dernière et le climat. L'approche de l'artiste implique une « rupture historique », tandis que les deux autres approches estiment qu'il peut y avoir une *continuité* et une *cohérence* (« consistency ») dans le système actuel. La responsabilité est donc bien plus lourde dans le cas de l'artiste.

La responsabilité qui incombe à l'artiste nous intéresse tout particulièrement. Contrairement aux autres types d'agents qui ont été dépeints – l'architecte et l'artisan de Galarraga et Szerszynski et le compositeur de Latour –, la responsabilité de l'artiste tient compte des enjeux sociétaux, anthropologiques et éthiques afférents à l'IC. Elle tient également compte du fait des changements d'ordre ontologique et métaphysique peuvent résulter de l'emploi de l'IC et peuvent, en outre, affecter la relation société/humain-nature. Et cette responsabilité est d'autant plus importante, car c'est *intentionnellement* que l'IC est entreprise, en admettant les risques y afférents et les conséquences potentielles pour les générations futures (voir par exemple Preston, 2011 ; Hamilton, 2013a). Mais un défi épistémologique émerge également : celui de rendre compte du statut de la science et de la technologie. Ces dernières sont au service de l'humain pour atteindre un certain objectif sociétal et anthropologique préétabli ; bref, la technologie est un *moyen*.

Cette conception de la responsabilité est, pour nous, fondamentale : elle rend compte de la dimension humaine dans l'enjeu climatique. De surcroît, elle s'extraie de la conception métaphysique de l'enjeu climatique comme relevant, au premier chef, d'un enjeu technologique, contrairement, à notre sens, aux formes de responsabilités de l'architecte, de l'artisan et du compositeur.

Lynas (2011) a raison d'écrire, dans une certaine mesure, qu'il est grand temps d'accepter que la science nous dit que « we are fast approaching the point where our interference in the planet's great biogeochemical cycles is threatening to endanger the Earth system itself, and hence our own survival as a species » (Lynas, 2011: 23). Nous ne contestons pas la nécessité d'agir rapidement, mais nos conceptions divergent avec celles de Lynas et de Latour également sur l'opinion que la « continuité et la cohérence dominantes » jusqu'à présent (pour reprendre les termes de Galarraga et Szerszynski, 2011) ont conduit l'humanité vers des situations environnementales dangereuses, en particulier le CC. Notre responsabilité est de reconnaître cet état de fait et d'accepter que la « survie de notre propre espèce » est intrinsèquement liée à la biosphère.

Pour en revenir à la métaphore de la mise en scène de l'humain durant l'Anthropocène, pour conclure cette partie, nous proposons la lecture suivante : l'humain, en tant qu'acteur, doit être compris comme étant un *artiste*, acceptant qu'il marque/atteint le public (constitué du reste de l'humanité et des éléments naturels qui forment la biosphère) qui se tient devant lui. En outre, cet

artiste doit reconnaître que le spectacle qu'il joue, ainsi que son potentiel succès, sont étroitement liés au public lui-même. Sans un public, sans ses réactions, le spectacle demeure terne et n'atteint peut-être pas le résultat escompté.

Un mythe de la géo-ingénierie : le mythe du sauveur

Comme toute lecture possible d'un événement d'une telle ampleur et aux telles implications, l'idée d'un « Bon Anthropocène » constitue une forme de récit. L'une des particularités de ce récit, cependant, est qu'« il n'est pas certain que nous ayons tous/tes une place » (Hache, 2014: 17). Dans la lignée des propos de Hache (2014) et Neyrat (2016), les récits en anthropologie (critique) sont fondamentaux pour comprendre, mais également transformer et affecter l'humanité et son rapport au monde : ils participent, dans cette veine, à « l'élaboration d'une *représentation générale* de l'Homme et de la Terre qui dépasse largement le cadre scientifique » (Neyrat, 2016: 68). L'Anthropocène, de manière générale, est sujette à de nombreux récits potentiels auxquels nous devons accorder une attention particulière. Raconter et comprendre le(s) récit(s) qui s'écrivent aujourd'hui permet d'observer la trajectoire qu'une société peut prendre ou cherche à emprunter. La plupart des récits actuels de l'Anthropocène reconnaissent la supériorité/transcendance humaine, voire la célèbre. Frédéric Neyrat, par exemple, parle d'un « grand récit géo-constructiviste » :

« Il (le grand récit géo-constructiviste) nous dit : bien entendu, le monde est en proie à des périls écologiques, mais n'oublions pas que ces périls ont été causés par l'humanité et non pas par quelque obscur destin ; loin d'en tirer quelque culpabilité, il nous faut tout au contraire *tirer profit* de cette puissance tellurique. Si nous avons *fait du mal* à la Terre, c'est que nous avons eu le pouvoir de le faire. Nous avons *mal fait* la Terre ? Réparons-la, reprogrammons-la – *reconstruisons-la* ! » (Neyrat, 2016: 12)

Selon notre perception, un récit de l'IC s'écrit actuellement et nous proposons de l'appeler le *mythe du sauveur*. Ce mythe relate également la transcendance humaine mais de manière plus ciblée et restrictive : cette transcendance s'illustre à travers l'idée d'un *sauveur*, c'est-à-dire un humain capable de se placer au-dessus des éléments naturels afin de restaurer un équilibre dans une biosphère malmenée par le CC. Il s'agit d'un humain qui se dote de capacités supérieures tant à celles des autres humains qu'à celles des éléments naturels. C'est le mythe du sauvetage de l'humanité où l'humain – ou plutôt certains humains – s'élève à un rang divin et contrôle l'évolution de la Terre. Précisons, à présent, certains de ces éléments.

Le sauveur perçoit la Terre comme étant *déséquilibrée*, en raison du CC : nos activités anthropogènes ont perturbé les systèmes naturels et c'est, par conséquent, notre rôle de rétablir un équilibre. Ou bien, selon les mots de Mark Lynas :

« playing God (in the sense of being intelligent designers) at a planetary level is essential if creation is not to be irreparably damaged or even destroyed by humans unwittingly deploying our newfound powers in disastrous ways. At this late stage, false humility is a more urgent danger than hubris. *The truth of the Anthropocene is that the Earth is far out of balance, and we must help it regain the stability* [nous soulignons] it needs to function as a self-regulating, highly dynamic, and complex system. It cannot do so alone » (Lynas, 2011: 25).

Cette thèse défendue par Lynas, mais que d'autres auteurs défendent également, implicitement ou explicitement (voir notamment Brand, 2010 ; Flannery, 2015 ; Lovelock, 2014 ; Morton, 2015), recèle un pragmatisme très fort. L'humain doit agir et doit accepter de jouer un rôle prépondérant dans le devenir de la planète et de l'humanité. L'heure n'est plus aux considérations « romantiques » de la nature (Brand, 2010; Lovelock, 2014; Lynas, 2011) ; il est l'heure d'embrasser ce nouveau rôle,

accessible grâce à l'ingénierie et à travers une vision pragmatique, afin de modifier voire d'améliorer l'état déséquilibré du système Terre. Dans cette veine, le sauveur transcende ontologiquement, métaphysiquement et de manière absolue les éléments de la Terre.

Pourquoi ce rôle est-il dévolu à l'humain ? Nous proposons une ébauche de réponse en reprenant une idée présentée précédemment : cette croyance – l'idée que l'humain doit embrasser ce rôle transcendantal – émane du fait que l'humain perçoit son évolution comme étant nettement supérieure aux espèces non humaines (Harari, 2014; Lynas, 2011). Lynas, par exemple, stipule que les êtres humains se dotent des « meilleures composantes » de l'évolution, qu'ils sont les « êtres supérieurs » et que les autres espèces n'ont pas autant évolué. L'humain doit être en quelque sorte le héros, celui qui, d'une part, assume sa supériorité – et par là une forme de responsabilité – mais qui, d'autre part, *ose* affronter une situation qui semble bien au-delà de la puissance humaine.

À notre sens, un tel mythe ne peut s'écrire que dans un contexte particulier : celui dans lequel il y a un *effritement spirituel et religieux*. Cela a pour effet, en sus, d'exacerber la scission nature/culture (Pelt, 2008). Autrement dit, c'est dans une cosmologie moderne qui n'identifie aucune transcendance autre qu'une transcendance humaine que ce mythe peut éclore. Clive Hamilton fait état de cette situation en se référant, notamment, au courant éco-moderniste :

« If in the structure of theodicy man is the creation of God in His image, and therefore always subject to a greater power, in the ecomoderns' anthropodicy man is the creature of Nature as its highest living form. But Nature is no a power that rules over man; the tables are turned, and *man rules over Nature* [nous soulignons] » (Hamilton, 2015: 235).

Le mythe du sauveur, c'est ainsi celui qui légitime le « Bon Anthropocène » et celui, également, dans lequel la Responsabilité que nous avons présentée précédemment n'est pas respectée. Et ce sauveur n'est pas réellement le sauveur de l'humanité et de la Terre ; non, à nos yeux, derrière cette façade se dissimulent les intentions non visibles de l'IC. Celles qui cherchent à prouver que l'ingéniosité humaine triomphe, que la finitude n'est pas une crainte mais une opportunité d'affermir cette supériorité humaine en prouvant que l'humain peut transcender les limites. Bref, le mythe du sauveur est, autrement dit, le récit de l'esprit d'infini, le résultat des visions gestionnaires d'antan (Grevsmühl, 2014). C'est le récit qui, derrière ses allures prétendument respectables et salvatrices, cache des intentions individualistes existentielles, inhérentes au modèle sociétal dominant actuel. En effet, c'est le récit dans lequel l'humain transforme le monde et même potentiellement le cosmos pour s'ériger en « Homme-Univers » – expression empruntée à Danowski et Viveiros de Castros (2014) –, c'est-à-dire un monde/cosmos essentiellement humain.

Mais revenons un instant sur ce qu'il s'agit de sauver. L'objectif affiché, donc, est celui du sauvetage de l'humanité face au dérèglement climatique. Pourtant, nous venons de le dire, le mythe dissimule sous ses atours l'esprit infini et, plus généralement, le paradoxe de l'IC. Ce qui est en train d'être sauvé ce n'est pas la survie *physique* de l'humanité, c'est-à-dire ses conditions d'habitabilité sur Terre ; en réalité, selon nous, ce que l'on cherche à sauver est d'ordre ontologique et métaphysique : *c'est la pérennisation de la non reconnaissance des limites naturelles et de la finitude humaine ; bref, c'est tenter d'esquiver les questions relatives à notre perception de l'absurdité du monde, notre relation avec ce dernier, et de la possible intrusion de ce que nous percevons comme relevant de l'irrationnel*. Ou, en d'autres termes, le mythe du sauveur vise à *transcender ce qui est pensé comme ayant été transcendé* : la nature et la finitude. Pour pousser l'analyse encore plus loin, le sauveur – l'ingénieur du climat dans notre cas – est un *individu qui semble fondamentalement perdu, qui ne (re)connaît pas sa place sur Terre*.

Pourquoi est-il, au demeurant, si important de s'intéresser à ce mythe ? Comme dit plus haut, les récits jouent un rôle significatif en matière de représentation générale de la relation entre l'humain et la nature. Le mythe que nous présentons ne fait pas exception à cette règle : il montre que la résolution du problème climatique, par le biais de la technologie, relève de la compétence de « sauveurs » : les ingénieurs du climat. Dans une telle situation, l'enjeu climatique ne relève plus d'un problème sociétal et humain à proprement parler, mais il est *naturalisé*, c'est-à-dire qu'il est justement transmué en un enjeu *technique* pour lequel une *solution technique* peut être trouvée. Il s'agit de s'en remettre aux prouesses scientifiques et techniques d'une petite *élite technocratique* qui prend la responsabilité de régler – métaphoriquement – le thermostat mondial.

En guise de conclusion de cette partie, reprenons la métaphore du spectacle. Le mythe du sauveteur s'apparente à une situation dans laquelle l'humain est le principal protagoniste du spectacle. Il s'évertue, *seul*, à présenter un spectacle qui est supposé galvaniser le spectateur, créer une fiction dans laquelle ce dernier se sent concerné sans toutefois sentir une réelle attache. C'est le sauveur qui s'occupe du spectacle ; le spectateur ne fait qu'assister au spectacle de la Terre et de son devenir.

Avant de passer à la suite du chapitre, revenons sur quelques éléments-clés. Répondre à l'enjeu climatique nécessite certainement plus qu'une réponse purement technologique. L'Anthropocène offre des possibilités à cet égard : elle peut contribuer à faire accepter le fait que l'humain, par le biais de ses activités, exerce une pression beaucoup trop importante sur la biosphère. Elle offre également la possibilité d'instiguer une réflexion sur le devenir de l'humain ou, autrement dit, sur la voie que l'humanité désire emprunter.

L'idée d'un Bon Anthropocène, dans lequel s'écrit le mythe du sauveur, n'incorpore pas ces réflexions : elle ne fait qu'exacerber une propension anthropogène qui repousse des angoisses liées à la finitude en laissant se développer l'esprit infini.

C'est pour ces quelques raisons que nous estimons que le problème climatique auquel nous sommes confrontés nécessite le développement d'une nouvelle anthropologie dans laquelle il est possible d'inclure les quelques réflexions que nous avons menées jusqu'à présent. L'anthropologie que nous proposons porte le nom d'*anthropologie de l'acceptation* et se fonde sur la conviction de la nécessité d'une réforme épistémologique.

À travers cette anthropologie, nous cherchons à souligner qu'il faut embrasser un nouveau rôle au sein de la nature – fondamentalement différent de celui présenté précédemment –, permettant un « retour sur Terre ». Ou, autrement dit, nous cherchons à écrire un nouveau récit de l'Anthropocène à travers cette anthropologie, un récit qui, simultanément, incorpore les limites naturelles biosphériques ainsi que cette idée d'infinitude. C'est ce que nous allons aborder dans la prochaine partie.

Esquisse d'une anthropologie de l'acceptation : (res)sentir les limites, une nouvelle spiritualité comme source d'infini et une nécessaire réforme épistémologique ?

Voici encore des arbres et je connais leur rugueux, de l'eau et j'éprouve sa saveur. Ces parfums d'herbe et d'étoiles, la nuit, certains soirs où le cœur se détend, comment nierais-je ce monde dont j'éprouve la puissance et les forces ? Pourtant toute la science de cette terre ne me donnera rien qui puisse m'assurer que ce monde est à moi. Vous me le décrivez et vous m'apprenez à le classer. Vous énumérez ses lois et dans ma soif de savoir je consens qu'elles soient vraies. Vous démontez son mécanisme et mon espoir s'accroît. Au terme dernier, vous m'apprenez que et univers prestigieux et bariolé se réduit à l'atome et que l'atome lui-même se réduit à l'électron. Tout ceci est bon et j'attends que vous continuiez. Mais vous me parlez d'un invisible système planétaire où des électrons gravitent autour d'un noyau. Vous m'expliquez ce monde avec une image. Je reconnais alors que vous en êtes venus à la poésie : je ne connaîtrai jamais. Ai-je le temps de m'en indigner ? Vous avez déjà changé de théorie. Ainsi cette science qui devait tout m'apprendre finit dans l'hypothèse, cette lucidité sombre dans la métaphore, cette incertitude se résout en œuvre d'art. Qu'avais-je besoin de tant d'efforts ? Les lignes douces de ces collines et la main du soir sur ce cœur agité m'en apprennent bien plus. Je suis revenu à mon commencement. Je comprends que si je puis par la science saisir les phénomènes et les énumérer, je ne puis pour autant appréhender le monde. Quand j'aurais suivi du doigt son relief tout entier, je n'en saurais pas plus. Et vous me donnez à choisir entre une description qui est certaine, mais qui ne m'apprend rien, et des hypothèses qui prétendent m'enseigner, mais qui ne sont point certaines. Etranger à moi-même et à ce monde, armé pour tout secours d'une pensée qui se nie elle-même dès qu'elle affirme, quelle est cette condition où je ne puis avoir la paix qu'en refusant de savoir et de vivre, où l'appétit de conquête se heurte à mes murs qui défient ses assauts ? Vouloir, c'est susciter des paradoxes. Tout est ordonné pour que prenne naissance cette paix empoisonnée que donnent l'insouciance, le sommeil du cœur ou les renoncements mortels.

Albert Camus
Le mythe de Sisyphe
Editions Gallimard, 2003, pp. 37-38

Le dessein de cette partie est, dans une veine similaire au reste de ce travail, de nature *heuristique* et *prospective*. Nous espérons que les éléments proposés pour l'édification d'une nouvelle anthropologie écologique susciteront des discussions plus générales sur, d'une part, la place du l'humain dans la nature à l'heure de l'Anthropocène et, d'autre part, la place de la science et de la technologie. Nous défendons l'idée qu'actuellement le spectre des réponses possibles au CC est restreint dû à l'enracinement dans nos mentalités d'une vision technologique. Nous pensons qu'une anthropologie alternative pourrait contribuer à remédier à cette situation.

Tout d'abord, débutons par les raisons du choix du nom « acceptation ». Nous l'avons choisi pour une raison fondamentale : nous vivons à une époque où il n'est plus possible de dissocier notre vécu sur cette Terre et les dégradations infligées à l'environnement. Nous vivons sur une Terre sujette à une pollution que nous ne pouvons plus extérioriser, un réchauffement climatique dont nous commençons à sentir/nous sentons – physiquement – les effets, etc. Bref, nous assistons à une véritable *intrusion de Gaïa* (Stengers, 2014) dans l'histoire humaine, l'intrusion d'une transcendance que nous pensions avoir transcendé (Danowski et Viveriros De Castro, 2014). *Le temps est venu d'accepter de composer notre existence avec ces nouvelles certitudes, d'accepter ces nouveaux enchevêtrements et intrications.*

C'est sur ce point que nous nous distinguons de l'anthropologie proposée par Frédéric Neyrat (2016), celle qui émane de la théorie de l'*écologie de la séparation*. A travers cette écologie, l'auteur cherche à traduire une existence de la nature en l'absence d'humains, tout en reconnaissant la dépendance de ces derniers à la Terre. C'est ainsi, dit l'auteur, que l'on peut concevoir une *altérité* à

la Terre, indépendante des activités anthropiques et *indépassable*. Il y a donc une *part inconstructible* de la Terre, transcendant au projet de « constructibilité intégrale » que l'auteur théorise à partir de l'idée de « nature dénaturante », c'est-à-dire une nature « retirée » de notre être, une nature hors d'atteinte et que la science ne peut nous dévoiler. L'auteur en déduit ainsi l'existence d'une nature qui ne sera jamais intégralement anthropisée. Toutefois, Neyrat ne présente nullement, à notre sens, les moyens par lesquels l'humain en vient à *accepter* cette vision de la nature, d'accepter l'*altérité* que l'auteur cherche à rendre « perceptible ». En d'autres mots, la proposition de Neyrat n'offre aucun moyen à l'humain de s'identifier à cette « nouvelle » nature et de (re-)connaître sa place. Pour cela, il nous paraît opportun de procéder à une réflexion plus en amont. Parvenir à reconnaître une certaine altérité à la nature, une part inconstructible, nécessite au préalable *l'acceptation des conditions d'existence actuelles délétères pour l'environnement et l'acceptation d'un besoin de reconfigurer notre rapport à la nature*. En outre, comment instaurer cette écologie de la séparation ? Cela n'est peut-être pas le dessein de l'auteur qui se prête plutôt à un exercice philosophique, mais cette dimension plus pragmatique nous paraît intéressante à creuser. En d'autres mots, et c'est l'une des thèses que nous défendons dans cette partie : *il manque un certain sentir de l'humain, un sentir entendu comme une acceptation ontologique et métaphysique d'un devenir commun entre la Terre et l'humain : un sentir cosmique* qui permettrait un « *éveil environnemental* ».

Nous n'employons pas la notion d'éveil environnemental comme le font Bonneuil et Fressoz (2016) dans le but de fustiger l'idée selon laquelle l'être humain s'est enfin « éveillé » pour constater que l'agir humain impacte significativement et irrémédiablement la biosphère. La lecture politique et historique que les auteurs proposent permet de constater que l'état actuel de la planète est le résultat de décisions politiques et sociales prises à l'encontre de l'environnement *en tout état de conscience*. Mais notre dessein est tout autre lorsque nous parlons d'éveil : par là, et dans esprit similaire à celui de l'anthropologue Christian Arnsperger (2016), nous souhaitons souligner l'importance d'une *prise de conscience* de l'état de la planète, un événement qui va *au-delà du psychosomatique*, de *l'acceptation* des difficultés que l'humanité et la biosphère encourent et leur étroite relation. Ceci, dans l'optique de favoriser une *transition* vers – nous l'espérons – une nouvelle anthropologie et un nouveau mode de fonctionnement sociétal. C'est cet éveil qui nous paraît fondamental d'accomplir, celui d'une « expérience d'un Tout cosmique » (Arnsperger, 2016: 198) qui permet à l'humain d'adopter un nouveau statut au sein de la Terre, et qui arrime *consciencieusement* ses activités aux réalités naturelles de la biosphère. Mais cet éveil, c'est également une quête de sens qui permet de donner un *sens psychique* à cet arrimage en dépassant l'absurdité de Camus.

Parvenir à cet éveil nécessite donc, selon nous, le développement d'un *sentir cosmique*. Ce que nous entendons par là, de la manière la plus simple possible, c'est le développement d'une participation au monde qui va au-delà d'un ressenti physique ou un ressentir dans la chair (Latour, 2014) : c'est une participation au monde qui, par un processus *psychique* et *cognitif*, a pour effet de *relativiser* la position de l'humain dans la nature et d'apporter un remède psychosomatique à l'absurdité (cf. Camus) et aux peurs existentielles individuelles. Ce sentir cosmique, c'est le processus cognitif et psychique par lequel l'humain *accepte* sa propre existence – c'est-à-dire son existence comme corps matériel dont le dessein est de durer – comme étant une condition *sine qua non* de sa propre durabilité et celle de la biosphère. Ce type de sentir invite, de surcroît, à repenser la relation entre la nature et l'humain par l'acceptation de la *complexité* inhérente à la vie et la biosphère et, ainsi, va au-delà du réductionnisme mathématique de systématisation de la Terre. Dans cette veine, nous défendons l'idée que l'humain devient ainsi *acteur par le sentir (cosmique)*, c'est-

à-dire qu'il conçoit et accepte sa participation au monde comme un rôle *déterminant* mais *non nécessaire* ou, autrement dit, comme un corps *constituant* de la biosphère dont l'agir affecte et modifie incontestablement la biosphère, mais dont la *non existence* ne saurait entraver le processus et le devenir de cette dernière. C'est en quelque sorte, *in fine*, l'acceptation d'une « part inconstructible de la Terre » (cf. Neyrat, 2016), la reconnaissance de l'existence d'une *altérité* naturelle indépendante des humains.

Notre sentir cosmique s'apparente à l'idée de « conscience cosmique » proposée par le philosophe Gérard Hess. L'auteur suggère que cette forme de conscience « donne à comprendre une relation humaine à l'environnement par-delà une réduction de l'homme à la nature (relation d'identité radicale) ou de l'homme à l'esprit (relation de différence radicale) » (Hess, 2016: 170-171). En soit, le philosophe suggère également l'existence d'une altérité de la nature « à laquelle je participe grâce à ce que je partage avec elle, mon corps propre » (Hess, 2016: 171). C'est une idée que nous partageons également. En revanche, là où nos conceptions divergent, semblent-ils, a trait à la *mise en place*/de la *prise de conscience* de cette conscience. Si nous comprenons correctement les propos de l'auteur, la conscience cosmique se déroule à partir d'une expérience *par participation* avec la nature à travers lequel l'humain conçoit ou conscientise son unité avec cette dernière, que le corps et la conscience, en somme, ne font qu'un par un processus de « dépossession de soi » et de l'« identité personnelle ». Par là, il s'agit d'un processus d'objectivation de la nature mais à travers une expérience, semble-t-il, indépendante de la volition humaine, comme celui d'un *spectateur* uniquement.

Par sentir cosmique, nous désirons justement reconsidérer cette idée de *participation* au monde qui, dans le cas de la conscience cosmique, ne semble pas pouvoir tout à fait appréhender l'absurdité du monde. A travers l'idée de sentir, nous pensons pouvoir mettre un accent sur l'*agir humain*, c'est-à-dire la prise en considération d'une certaine propension de l'humain à agir *avec* la nature dans l'identification du soi, de la découverte des éléments naturels qui l'entoure, de conjuguer entre un globe unifié et indifférencié et un niveau local qui révèle toute la complexité et la diversité de la nature, etc. L'idée de sentir permet d'ajouter une dimension *physique* et *intérieure* à la participation – nous sommes tout de même loin de l'idée de sentir physique – : c'est-à-dire que la science (de la découverte ; voir plus bas) permet à un individu de développer, au préalable, un ressenti physique – qui mène, *in fine*, à la conscience cosmique de Hess (2016). Car ce ressenti physique, la pratique de la science, permet à l'individu d'explorer la complexité de la Terre et de ressentir physiquement et psychiquement cette complexité. Cela permet également d'intérioriser cette participation, par l'identification – scientifique – de la continuité entre l'individu et la Terre. Ainsi, l'individu découvre non seulement son étroite relation avec la nature – le partage du corps avec la nature –, mais la ressent également par la découverte de la complexité des systèmes naturels. Bref, un agir destiné à démythifier et/ou à oblitérer l'absurdité inhérente perçue du monde. Sentir ce vécu – dans un sens cosmique – permet, à notre sens, d'appréhender directement ces éléments.

Mais comment développer ce sentir cosmique ? Nous pensons que deux voies sont envisageables – toutefois étroitement liées – : la première, une réforme épistémologique, ou un retour à la « science de la découverte », permet de redécouvrir et de reconsidérer notre relation au monde. La deuxième voie, dans le sillage de la première, consiste à imaginer une nouvelle spiritualité pour amener l'humain à sentir la finitude et appréhender l'esprit infini.

Débutons par cette idée de « réforme épistémologique ». Nous sommes désormais largement entrés dans l'ère de la *technoscience*, un néologisme et mot-valise qui définit l'application concrète et

précise des connaissances scientifiques et techniques (Guchet, 2011). A travers ce processus d'hybridation, l'humain considère qu'il est capable de *s'améliorer* (tant ses attributs physiques, intellectuels, etc.) et d'accéder à un *stade supérieur de son évolution*, mais également d'*améliorer la nature*. De par sa nature réductrice, cette vision technoscientifique amène à « oublier » ce qu'il y a autour d'elle, participant ainsi à bâtir un monde abstrait, sans attaches naturelles, comme en témoigne implicitement cette citation de Stewart Brand :

« Technology emerges from science. Then we do science on the technology. Then we know what we know. The whole process works on a necessary blend of both hubris and humility » (Brand, 2010: 166).

Le paradigme de la technoscience peut être résumé par l'idée de « recherche de progrès ». Mais ces aspirations au progrès semblent témoigner de la croyance d'une *imperfectibilité* humaine : l'humain serait imparfait et sujet aux contingences naturelles (Le Dévédec, 2015). En reprenant cette idée d'imperfectibilité de Le Dévédec (2015), nous suggérons que l'humain se sent imparfait du fait qu'il ne semble pas trouver sa place *sur* la Terre : les projets d'IC peuvent ainsi être interprétés comme étant une recherche de « réintégration » de l'humain dans l'environnement global. Et cela en apprivoisant la Terre afin qu'elle devienne un « partenaire domestique » (Clingerman, 2014).

Par conséquent, nous défendons l'idée qu'il est nécessaire de s'émanciper de la technoscience afin d'atteindre un sentir cosmique. Car cette hybridation occulte les spécificités ontologiques de la science et de la technologie. Il n'est nullement question de retracer l'histoire de la science et de la technologie, mais de proposer deux lectures ontologiques distinctes : la première consiste à comprendre la science comme étant un *ensemble de connaissances et d'expériences permettant de découvrir la vie, la biosphère, etc. dans tous leurs états*. C'est la « science de la découverte » qui nous importe et que nous souhaitons défendre dans cette partie. C'est une science de la découverte au sens où la *contingence*, la *spontanéité* et la *surprise* sont centrales et enrichissent, dirigent, l'expérimentation et les connaissances scientifiques. Mais cette lecture de la science s'effrite dû à une lecture bien différente, celle de la « science de l'expérimentation », résultant notamment de l'ontologie cartésienne dont l'objectif premier est l'amélioration de la condition humaine. Cette science se base sur la « méthode empirique » et la « certitude » scientifique, et permet à la technologie de se développer ; c'est une forme de science qui participe au projet d'augmenter l'empire humain (Pelt, 2008).

Une science de la découverte est une science *dépourvue d'objectif anthropocentré en bout de course*. Il est clair, comme le note Descola en citant Merleau-Ponty sur le sujet de l'idée de nature, que « ce ne sont pas les découvertes scientifiques qui ont provoqué le changement de l'idée de Nature. C'est le changement de l'idée de Nature qui a permis ces découvertes. » (Descola, 2005: 133) En ce sens, il y a bel et bien toujours un regard subjectif qui dicte – consciemment ou non – les découvertes scientifiques. Mais ce que nous soutenons, ce sont les projets dont l'objectif reste contingent, à la merci de la surprise, ce qui implique un *désengagement volontaire* de tout projet d'interférence avec les processus naturels. Dans une telle conception, la science devient une grille de lecture subjectivement objective, c'est-à-dire dans une *intention subjective de découverte* mais dans une *entreprise d'objectivité* souhaitée en acceptant la part de contingence, de spontanéité et de surprise qui peut en découler : une science intrinsèquement *incertaine*. Un scientifique – de la découverte – adopte ainsi une posture radicalement différente de celle de l'ingénieur. Mais cela relève néanmoins de la science : car la découverte enrichit, construit, modifie, etc. les hypothèses scientifiques et participe à observer le monde différemment mais *à travers les connaissances et savoirs scientifiques qui résultent des processus scientifiques de découverte*. Nous n'avons plus un observateur qui participe *extérieurement* à

l'expérience de la nature, mais un observateur qui participe *intérieurement* – dans le sens d'une *continuité ontologique* – grâce à la science.

C'est ainsi que l'humain – en commençant par le scientifique – parvient à *sentir la nature* au sens où nous l'entendons. En observant, en participant *scientifiquement* à la découverte de la nature, et en adoptant ainsi une intériorité ontologique avec elle permet d'atteindre, à notre sens, la conscience cosmique que Hess décrit comme étant l'« expérience de cette unité avec la nature » qui est à la fois « une épreuve vécue de l'identité et de l'altérité, du corps senti et du corps sentant » (Hess, 2016: 166). A travers ce sentir, l'humain accepte sa participation au monde et une altérité inhérente à la nature qui ne peut être découverte sans la conception d'une science de la découverte. C'est cette forme de science qui nous permet d'entrevoir cette fameuse potentielle part inconstructible de la Terre que Neyrat défend. Notre objectif n'est pas de valider cette thèse ou non. Toutefois, sans la conception de la science que nous défendons, cette part ne peut être découverte et, de surcroît, ne peut permettre à l'humain de s'identifier à ce Tout cosmique ni de reconnaître cette altérité.

Bref, la science de la découverte nous permet d'*accepter* notre rôle et notre situation au sein d'un Tout qui nous dépasse. Elle permet de faire l'expérience du dépassement de soi, de sa propre identité – nous observons des phénomènes indépendants de notre volonté, de notre être – mais, dans un même élan, permet à l'humain d'accepter son implication par sa propre participation qui se fait à travers l'exercice de cette science.

Il y a donc bel et bien une intériorité et une extériorité, mais dans un sens bien différent de ce qui a pu être présenté précédemment. L'extériorité est vécue « de l'intérieur » des processus : elle permet au participant d'observer mais à partir d'une situation où l'humain se *sent* rattaché – directement ou indirectement. L'extériorité n'est plus pensée comme une transcendance anthropologique, mais comme une *relativisation* de la position de l'humain dans la nature. Nous ressentons notre appartenance au cosmos par le biais de l'exercice d'une science qui relativise notre position. Cette nouvelle posture permet de confronter cette absurdité du monde de Camus : l'acceptation d'un processus intrinsèquement indépendant de la volition humaine et de son évolution s'offre à nous, donne un sens et favorise une nouvelle cosmologie contemporaine. Si l'humain accepte cette position relativisée, c'est qu'il peut concevoir une cosmologie dotée de différents niveaux d'interactions, d'interconnexions, d'intrications et d'enchevêtrements entre les humains et systèmes naturels et entre les systèmes naturels eux-mêmes.

Cette science de la découverte constitue également, à notre sens, les assises d'une nouvelle *spiritualité*, ce qui est la deuxième voie qui mène au sentir cosmique. L'importance de la dimension spirituelle ou religieuse a été brillamment décrite par Lynn White en 1967 :

« Since the roots of our trouble are so largely religious, the remedy must also be essentially religious, whether we call it that or not. We must rethink and refeel our nature and destiny » (White, 1967: 1207).

C'est justement par le prisme de la science que nous estimons qu'il est possible de « repenser et ressentir notre nature et notre destinée » (White, 1967: 1207). Plus spécifiquement, nous suggérons que la science de la découverte permet d'appréhender le paradoxe de l'IC – la conjugaison de l'infini et du fini –, c'est-à-dire d'appréhender la finitude et, dans un même geste, de (ré)instaurer une transcendance non humaine menant potentiellement, *in fine*, à une canalisation des aspirations infinies humaines. Bref, ce changement épistémologique incite, selon nous, à une *prise de conscience/acceptation* de l'unité ontologique et métaphysique de l'humain et de la nature, et du devenir commun – à la fois dépendant et indépendant – de ces derniers. Pour définir ce que nous

entendons par « spiritualité », nous nous référons à une définition proposée par Christian Arnsperger : « Par “spiritualité”, j’entends un état d’être où la conscience d’un être humain “s’éveille” en mettant la matérialité du monde à une distance suffisante pour ne plus la haïr, la craindre ou s’y abîmer – ce qui requiert, dans le même geste d’«*éveil*», la mise à distance, par cette personne, de sa propre complexité psychosomatique ». Et l’anthropologue poursuit : « Par la “prise de conscience”, l’être humain qui se spiritualise devient *observateur par participation* – sans rien nier ni refouler – tant des fragilités que des beautés de ses propres méandres psychosomatiques et de la matérialité cosmique » (Arnsperger, 2016: 189). Bien que nous préférons l’idée que l’humain se spiritualise pour devenir *acteur par sentir (cosmique)* – au lieu d’*observateur par participation* –, comme nous l’avons dit précédemment, la définition reste tout à fait pertinente pour nos analyses.

L’éveil de la conscience, atteint par la spiritualité, peut donc être amorcé grâce à ce sentir cosmique qui, lui, peut être atteint grâce à la science de la découverte. En outre, toujours grâce à cette science, la finitude est *perçue* et *ressentie* conjointement, ce qui permet de découvrir des cycles naturels de *production* et d’*antiproduction* (Neyrat, 2016), de *mort* et de *vie*. En effet, une chose matérielle vivante est indubitablement marquée du sceau de la vie – de la croissance, de la durée – mais également du sceau de la mort – et doit ainsi inévitablement se confronter à une finitude. Mais la science de la découverte nous permet également de découvrir la *complexité* intrinsèque de la nature comme nous l’avons évoqué précédemment : tout est interconnexion, enchevêtrement, indépendance, dépendance, dans une veine perçue comme systémique mais soumise inlassablement à des contingences. Les liens des systèmes découverts sont certes infinis – nous étudierons cela plus bas – mais également *finis*, dans le sens où, pour que la vie prenne forme, des conditions propices doivent être réunies à partir de quantités précises et déterminées de substances requises – sans l’apport vital nécessaire, la mort guette à chaque coin. Immanquablement, cette *perception* et ce *ressenti* de la finitude – à travers la subjectivité du sujet observant – inscrit directement le sujet dans une réflexion sur sa propre finitude. Nonobstant les angoisses existentielles liées à cette confrontation avec la finitude, cette forme de découverte de la finitude permet de dissiper une part de spontanéité, d’incertitude – d’absurde – intrinsèque à la perception de la mort, en l’inscrivant dans un processus *naturel* de vie et de mort inhérent à la Terre et à la vie. Ce double mouvement d’observation et de participation – au sens d’un acteur qui prend part *directement* à ce qu’il observe –, ce *sentir cosmique*, par l’objectivation subjective de l’observateur lui-même permet, à notre sens, l’*acceptation* d’une finitude qui n’est pas perçue comme une source d’angoisse et serait reléguée, par conséquent, à l’extérieur de la vie humaine, mais bel et bien comme une *composante cosmique essentielle, vitale, et intrinsèque de la vie humaine et de la Terre*.

A travers la découverte de la finitude et son acceptation, la science de la découverte permet également d’appréhender l’infinitude : elle nous permet de puiser nos sources infinies ailleurs que dans le projet de maîtrise et de contrôle en jouant un rôle anxiolytique majeur. Nous décelons la complexité naturelle dans un milieu fini mais dont les *potentialités sont infinies* – aucune connexion n’est nécessairement la même d’un épisode à l’autre, les intrications peuvent être différentes selon les contextes, etc. Bref, il existe une *infinité de manières d’imaginer, de voir s’exécuter des liens entre les éléments naturels, toutes sujettes, de surcroît, à des contingences infinies*. Dans cette veine, l’*idée d’anticipation, de certitudes, etc. ne fait plus sens : il faut accepter la contingence, la spontanéité, et l’incertitude*.

Autre chose peut être découvert à travers ces « réalités » observées, cette vision « rationnelle » de l’observation des processus naturels : la nature observée se mue *seule*, indépendamment de l’observateur, se *dévoile* dans cette configuration que nous choisissons peut-être d’occulter. C’est peut-être justement la « part inconstructible » de Neyrat qui se dévoile à nos yeux. Et ce

mouvement est *infini dans ses possibilités et dans sa nature*, changeant de trajectoire, de nature, d'intensité, d'échelle, etc. à chaque épisode. Il y a dans cette conception quelque chose qui *transcende ce que nous pensions avoir toujours transcendé*, une *altérité indépendante de nous, de notre volition, de notre existence même*. Elle est *insaisissable, indescriptible, incompréhensible peut-être : mais elle est là, elle demeure et (ré)apparaît malgré nous*. La science moderne pourrait envisager les processus qui se déroulent, les conditions initiales qui ont permis d'entamer ce que l'observateur observe ; mais aucunement ne semble-t-elle en mesure de déterminer le *pourquoi initial fondamental, le pourquoi de cette forme, ce moment-précis ; le point de départ, l'incitation fondamentale est indéfinissable par la méthode scientifique*. Ce que la science de la découverte permet, dans une tentative d'humilité nécessaire, c'est de *dévoiler ces processus infiniment infinis qui se déroulent à partir du fini*.

C'est également par ce biais que l'esprit infini peut être canalisé : nous pouvons distinguer, comme nous l'avons dit, « quelque chose de naturel » qui nous transcende. Il y a donc quelque chose « *supérieur* » à *mon existence, à mon être, à mon devenir*. C'est la conception spirituelle d'une « existence » *infinie* qui nous transcende et sans qui notre existence propre ne ferait sens. Nous faisons ontologiquement partie intégrante de la complexité naturelle, mais cette dernière n'a pas besoin de nous pour survivre. Nous sommes objectivement dépendants de quelque chose qui survit avec ou sans nous. La *cosmologie* qui s'en dégage est à proprement bouleversante : elle reconnaît une transcendance naturelle supérieure à la transcendance anthropologique.

La science de la découverte nous invite à assister à un spectacle de la vie dans lequel elle expose les processus naturels dans toute leur complexité pour nous permettre l'acceptation de nos conditions. Elle est également un miroir par lequel l'humain s'observe : la subjectivité même d'un individu devient un objet d'observation permettant à l'individu d'*accepter* sa place au sein de cette complexité. Car l'humain perçoit et ressent, ainsi, que sa chair est la chair également de la Terre, que les observations qu'il conduit sont le fruit d'éléments de la Terre même qu'il observe et que les éléments sont eux-mêmes les constituants de sa propre existence, de son propre corps.

Ce sentir cosmique permet de constater la complexité du cosmos qui survit « sans nous » mais sans qui *nous ne sommes – littéralement – rien*. C'est une posture novatrice que nous adoptons : peut-être non plus celle d'« humains » mais de « Terriens » (Latour, 2014), les êtres qui apprennent à revenir *sur Terre* (ou *dans la terre*) et l'habiter selon les conditions possibles d'habilité et d'agir ou, autrement dit, *en acceptant de tenir compte des finitudes de la Terre*. Voilà, dans les grandes lignes, l'essence de cette nouvelle spiritualité que nous pourrions développer à partir de la science de la découverte.

Cette spiritualité nécessite toutefois une forme d'*autonomie* individuelle, que nous opposons à l'idée d'hétéronomie, comprise comme étant un processus de « production de subjectivations » (de Jouvancourt et Bonneuil, 2014: 60). Plus spécifiquement, Jouvancourt et Bonneuil (2014) se demande si le récit de l'Anthropocène passe par « nouveaux traits subjectivants, c'est-à-dire des traits capables d'imposer la définition de certaines “composantes de subjectivation” » faisant languir la question « qui est le sujet de l'Anthropocène » (de Jouvancourt et Bonneuil, 2014: 60). Ce n'est pas un *anthropos indifférencié* (terme emprunté à Bonneuil et Fressoz, 2016) subsumé au sein d'un système hégémonique dans lequel ses choix sont fondamentalement restreints ; cette nouvelle spiritualité que nous suggérons passe par la réappropriation d'une forme d'autonomie, comprise comme étant la possibilité de *choisir sa propre hétéronomie*. C'est redonner la possibilité aux individus d'accéder à ce « sentir cosmique » pour rendre compte de l'unité formée avec la nature (Hess, 2016), en employant la science de la découverte comme moyen de s'émanciper de la culture technologique.

Finalement, quelle posture adopter dans cette nouvelle spiritualité et cette nouvelle manière de percevoir et d'habiter le monde comme des *Terriens* ? Comment répondre à la nouvelle cosmologie qui se dessine devant nous ? Nos réflexions suggèrent que des postures de type éco- ou bio-centrées seraient les plus légitimes pour répondre à changement de paradigme. Les deux postures soutiennent que les considérations morales doivent aller au-delà de la seule communauté humaine et être élargies aux êtres vivants individuels (biocentrisme) ou aux communautés biotiques, plus largement, dans une veine holiste (écocentrisme) (Hess, 2013). Ces deux postures éthiques traduisent une volonté d'aller également au-delà de l'anthropocentrisme dominant actuellement. Les arguments théoriques ne manquent pas d'être convaincants mais, dans ces quelques lignes, nous adoptons une approche pragmatiste, c'est-à-dire une approche qui se veut politique, et défendons l'idée d'un *anthropocentrisme relativisé*. D'aucuns pourrait y voir une erreur significative, prétéritant les efforts qui doivent être entrepris dans l'anthropologie de l'acceptation. Et pourtant, un argument simple nous amène à cette conclusion de préférer une forme d'anthropocentrisme et cette approche pragmatiste : dans des situations extrêmes dans lesquelles un choix oppose l'humain et un élément naturel ou une espèce non humaine par exemple, hormis certaines situations, nous en viendrons à trancher quasi systématiquement, selon nous, en faveur de l'humain. Certes, les entités non humaines peuvent faire l'objet de considération morale, mais nous estimons que cette approche n'est pas suffisante pour amorcer un changement paradigmatique suffisamment conséquent. Ce que nous pensons être nécessaire, c'est le développement d'une éthique qui reconnaît une attitude anthropocentrique – les intérêts humains sont considérés au premier chef – mais *relativisé*, c'est-à-dire qui, à travers la mise en place de débats, cherche à y associer certaines valeurs chères aux éthiques bio- et éco-centrées, notamment la reconnaissance de la *valeur intrinsèque* des espèces non humaines et des processus et cycles naturels (Hess, 2013). C'est une forme d'idéal que l'on souhaite atteindre et qui débute par une opération cognitive et psychique de relativisation, à partir du développement du « sentir cosmique » et à travers lequel le sujet est amené à considérer ses intérêts propres à l'aune des « réalités » naturelles. C'est le processus par lequel l'agir humain stimulé par des intérêts propres se mêle aux intérêts de la nature, permettant ainsi de cadrer cet agir humain et de le rendre conciliable avec les caractéristiques biosphériques. C'est une relativisation également au sens où l'humain perçoit qu'il *est* nature – que sa chair est également la chair naturelle – et que le schème de pensée qui cadre ses décisions incorpore les intérêts naturels. Cette approche est, pour nous, nécessaire pour tendre vers une forme d'éthique idéale qui s'arroge des qualités bio- ou éco-centrées.

Conclusion

Nous arrivons au terme de ce travail. Apporter une conclusion à tout ce qui a été présenté semble être une tâche complexe, tant les ramifications des enjeux liés à l'ingénierie du climat sont nombreuses. En entreprenant un travail initialement censé se concentrer sur des techniques d'ingénieur très spécifiques, nous avons très vite compris que ces dernières dissimulaient des enjeux anthropologiques et éthiques beaucoup plus vastes. Mais un élément que nous pensons être central et dont nous sommes convaincus, c'est que l'enjeu climatique et les projets d'IC nécessitent une réflexion profonde sur la dimension anthropologique des activités humaines, et de la place de l'homme sur Terre. Ou, pour préciser ce point, c'est justement un *retour sur Terre* (ou *dans la terre*) qui s'avère nécessaire dans un contexte où Gaïa fait *intrusion* (Stengers, 2014) dans la vie humaine et ses activités. Il convient donc, à notre sens, d'être précis dans les définitions des techniques d'IC. Mais cette précision est également requise vis-à-vis des mesures d'adaptation et de réduction qui font partie du portfolio de mesures de lutte contre le CC. Nous avons tenté de montrer que l'emploi du terme « géo-ingénierie » n'est pas suffisamment précis et englobe un nombre significatif de méthodes et de techniques alors même que des différences fondamentales d'ordre ontologique, métaphysique ou encore éthique existent. C'est pour cela que nous estimons que l'emploi de la dénomination *ingénierie climatique* est plus éloquente pour désigner des techniques de grande envergure (par exemple les techniques visant à réduire le rayonnement solaire en plaçant des miroirs dans la stratosphère), dont l'objectif est de modifier directement et intentionnellement le climat et, surtout, celles qui ont des potentielles conséquences anthropologique et éthique majeures. Nous avons proposé, en conséquence, une définition qui a pour dessein de rendre compte de ces éléments et, de surcroît, transmettre que les techniques d'IC ne sont pas nouvelles, mais s'inscrivent dans une longue histoire de volonté de manipulation du climat et de la météo : *une idée historique qui vise à manipuler et contrôler le climat dans l'optique de contrer les effets délétères d'un changement climatique anthropique dangereux pour l'humanité, comportant une anthropologie implicite, affectant potentiellement la relation qu'entretient l'humain avec le milieu naturel et ayant des implications sur le devenir humain et celui de la biosphère.*

Nous avons également proposé d'ajouter trois critères *qualitatifs* pour classer les techniques d'IC en sus des critères proposés par Boucher et al. (2014) : un premier critère *ontologique* (sentiment de transcendance ontologique ou humilité ontologique relatifs aux intentions des projets), un second critère relatif aux *perturbations des systèmes naturels* (si des dommages globaux, irrémédiables, etc. sont occasionnés), et finalement un critère basé sur les *risques* (liés aux techniques directement – que nous établissons à partir des travaux de la Royal Society – et au verrouillage technique potentiel – les générations futures pourraient être obligées de poursuivre le projet technologique que nous aurions amorcé). Cela nous a permis de proposer six catégories de mesures de lutte contre le CC : *la réduction anthropique des émissions de CO₂, l'élimination des émissions de CO₂ avec une interaction humain-nature dominante ou interaction technologie-nature dominante, les mesures d'adaptation contextuelles ou technologiques, et l'ingénierie climatique.* Dans cette dernière catégorie, nous proposons de placer les techniques/projets suivants : « Injection of stratospheric aerosols, marine cloud brightening, cirrus suppression, desert brightening on a large scale, ocean heat mixing, modification to Arctic sea ice, Ocean alkalinity, enhanced weathering (with input of by-products into rivers or the oceans), iron fertilization, injection of CO₂ into the ocean, direct air capture ». Le dessein de cette approche est

d'ajouter une réflexion issue des sciences sociales – l'anthropologie critique et l'éthique – aux approches des sciences dures.

Nous avons également présenté ce que nous proposons d'appeler le *paradoxe de l'IC* et qui s'articule de la manière suivante : dans un même élan, l'ingénieur du climat *perçoit* la finitude, c'est-à-dire tant au niveau des limites physiques de la Terre que les limites en termes de ressources et de capacités de charge, et fait une sorte d'abstraction cognitive et psychique de ces finitudes que nous avons proposé de nommer « l'esprit infini ».

Nous avons tenté de montrer en quoi la finitude est *perçue* : elle est premièrement issue de la séparation ontologique cartésienne – le corps et l'âme – qui crée les conditions initiales d'une position d'extériorité qui est centrale pour le développement des éléments qui s'ensuivent. Une conséquence de cette séparation ontologique, mais qui a également permis d'ancrer cette ontologie, est le développement progressif de ce qu'Eisenstein (2007) a proposé de nommer la « Méthode Scientifique ». Ou, autrement dit, une manière d'appréhender « rationnellement » la Terre par la mathématisation et donc l'objectivation et la dé-complexification de cette dernière, effritant la part de responsabilité divine dans la contingence naturelle et menant, *in fine*, à une vision réductrice de la réalité. Mais cette méthode scientifique a également permis d'appréhender le monde comme étant *fini* : la modélisation mathématique part de l'hypothèse d'un système fermé et réduit la Terre à une somme de parties qui forme un tout. C'est cette pensée d'un monde radicalement fini et mathématique qui s'est ancrée dans la pensée moderne. La perception de cette finitude biosphérique s'effectue également par le biais de ce que nous avons proposé d'appeler un « sentir physique », un ressenti physique de la Terre et de notre appartenance à cette dernière (ressentir le vent, la chaleur, etc.), mais à travers le prisme de la science ou, plus précisément, de ce que cette discipline nous enseigne. Finalement, la finitude perçue est également le fruit de ce que nous avons appelé le « retournement de la Frontière » (expression empruntée à Frédéric Neyrat), qui a pour vocation de rendre compte d'un changement de perspective : si l'attention était portée il y a peu *vers le haut*, c'est-à-dire vers l'espace infini au-dessus de nous, un « retournement » s'est effectué qui a pour effet de considérer la Terre comme objet d'étude. Cette Terre, abstraite et objectivée, réduite et dé-complexifiée, est perçue, globalement, comme étant fondamentalement finie.

Dans un même geste, un esprit d'infinitude appréhende cognitivement et psychiquement ces considérations de la finitude ; cet esprit est également le fruit de la position d'extériorité et du réductionnisme scientifique. La finitude est réelle, nous dit-on, mais l'ingéniosité humaine – qui traduit une forme de cet esprit infini – permet de faire éclore les capacités illimitées humaines et de transcender ces limites imposées par la biosphère. Cet esprit s'est développé à partir d'un certain nombre d'éléments : premièrement, à travers le fait que l'humain se sente à la fois intérieur et extérieur à la Terre. C'est-à-dire que la Méthode Scientifique et l'héritage de la conquête de l'espace – la vision verticale de la Terre – instaurent une perception de la Terre extérieure – l'humain est un observateur externe tout en ayant des attaches directes à la Terre –, une entité *bors de moi*, une image observée, qui laisse libre cours aux fantasmes de domination et de contrôle. L'humain ne se sent plus attaché à la Terre et la finitude est réduite à un obstacle à transcender. Ces considérations et ces conceptions du monde résultent du fait que le monde est pensé comme un monde résolument *ingénieurial*, un *système* : la nature est donc lue par le prisme de la science et de la technologie, ancrant, derechef, l'idée de transcendance anthropologique et oblitérant toute considération de transcendance non humaine. L'*infini anthropologique* est dans cette veine pensable. Finalement, l'esprit infini se forge à partir d'un double mouvement de peur – de l'absurdité ressenti de l'humain qui se sent étranger dans un monde incompréhensible et des peurs existentielles suite à

la confrontation avec sa propre finitude – et d’excitation – de possibilités de dépassement des peurs susnommées et de l’ingéniosité humaine et l’infini progrès. Cette excitation, cette sorte de négation de la finitude, fait fomentier cet esprit d’infinitude.

Le paradoxe de l’IC joue un rôle déterminant à l’aune de l’Anthropocène. Prétendre surmonter l’enjeu climatique par un surcroît de technologie, c’est se résoudre à laisser évoluer le paradoxe de l’IC. C’est céder à un « Bon Anthropocène » dans lequel sont dépeints les promesses et fantasmes de dépassement de la finitude. Et c’est une lecture qui masque la Responsabilité qui émerge avec les avancées de la technologie climatique : la responsabilité qui permet de reconnaître qu’un surcroît de technologie conditionnerait notre relation à la nature et celle des générations futures, mais qui permet également de rendre compte que le devenir humain est étroitement lié à celui de la biosphère. De surcroît, c’est une lecture de l’Anthropocène dans lequel il est possible de faire émerger, à notre sens, un « mythe du sauveur » : le sauveur – l’ingénieur du climat –, animé par l’esprit d’infinitude, permettra de mettre fin aux peurs de la finitude. C’est un mythe qui masque fondamentalement la dimension anthropologique de l’enjeu climatique.

Finalement, nous déduisons de ces réflexions le besoin du développement d’une nouvelle anthropologie grâce, notamment, à une réforme épistémologique – que nous appelons la *science de la découverte*. L’anthropologie de l’acceptation, animée par la science de la découverte, permet de développer un *sentir cosmique* et, ainsi, de développer une nouvelle forme de spiritualité en acceptant l’existence d’une transcendance résolument non humaine – permettant ainsi d’accepter et de penser l’infini autrement et d’accepter la finitude intrinsèque de la biosphère – par un processus de relativisation de la position de l’être humain. C’est un réel *éveil environnemental* qui nous semble nécessaire, car le devenir humain est ontologiquement et métaphysiquement lié à celui de la biosphère. La science permet de découvrir cette biosphère, mais ne me permet pas de la comprendre à l’aune de mon existence. Accepter cela, c’est s’inscrire dans une vision proche de celle d’Albert Camus (voir la citation de la seconde partie), dotée d’une épistémologie nouvelle, et dont l’ontologie humaine n’est pas définie uniquement à partir de la science, mais à partir d’une existence – ou d’un sentir cosmique et, *in fine*, d’une nouvelle spiritualité.

La cosmologie et l’ontologie de l’anthropologie de l’acceptation permettent d’appréhender l’enjeu climatique d’une manière radicalement différente : il ne s’agit aucunement de ne pas reconnaître l’importance et le besoin de la technologie, mais simplement d’ouvrir le spectre des possibilités en matière de réponses au CC. C’est non seulement un moyen de nous donner un choix quant à l’avenir de notre planète mais également quant à *notre avenir* : dans quelle planète désirons-nous vivre ? Quelle relation doit-on entretenir avec cette dernière ? La voie technologique est-elle la seule viable ? Les implications liées à cette nouvelle anthropologie sont multiples. Et, peut-être plus important encore, l’épistémologie fait émerger de nombreuses questions ; car si la science et la technologie modernes permettent de percevoir le fini, elles contribuent également à pérenniser et à stimuler l’esprit infini. De surcroît, l’épistémologie moderne ne cesse de creuser un fossé entre l’agir humain et son lien à l’environnement. Pourtant, face au CC, l’épistémologie revêt une importance cruciale. Partant, quel rôle doit donc adopter la science et la technologie ? Et comment conjuguer un changement épistémologique avec le renouveau anthropologique d’un retour *sur* (ou *dans* la) Terre pour mieux la connaître/sentir/l’imaginer/la penser et l’habiter (Hache, 2014) ?

Bibliographie

1. American Meteorological Society (AMS) (2009) *Policy statement on geoengineering the climate system*, [Online], Available: ametsoc.org/policy/2009geoengineeringclimate_amsstatement.pdf [30 Mai 2017].
2. Angel, R. (2006) 'Feasibility of cooling the Earth with a cloud of small spacecraft near the inner Lagrange point (L1)', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, vol. 103, no. 46, Novembre. DOI : 10.1073/pnas.0608163103
3. Anshelm, J. et Hansson, A. (2014a) 'The Last Chance to Save the Planet? An Analysis of the Geoengineering Advocacy Discourse in the Public Debate', *Environmental Humanities*, vol. 5, pp. 101-123. DOI: 10.1215/22011919-3615433
4. Anshelm, J. et Hansson, A. (2014b) 'Battling Promethean dreams and Trojan horses: Revealing the critical discourses of geoengineering', *Energy Research & Social Science*, vol. 2, pp. 135-144. DOI: 10.1016/j.erss.2014.04.001
5. Arias-Maldonado, M. (2015) 'The Socionatural Entanglement', dans Arias-Maldonado, M. *Environment and Society: Socionatural Relations in the Anthropocene*, Springer International Publishing.
6. Arnsperger, C. (2016) 'Progrès et conscience: Éléments pour une anthropologie économique non réductionniste de la durabilité', dans Hess, G. et Bourg, D. (ed.) *Science, conscience et environnement: Penser le monde complexe*, Presses Universitaires de France.
7. Asafu-Adjaye, J., Blomqvist, L., Brand, S., Brook, B., Defries, R., Ellis, E., Foreman, C., Keith, D., Lewis, M., Lynas, M., Nordhaus, T., Pielke JR, R., Pritzker, R., Roy, J., Sagoff, M., Shellenberger, M., Stone, R. et Teague, P. (2015) *An Ecomodernist Manifesto*, Avril, [Online], Available: <http://www.ecomodernism.org> [14 Mai 2017].
8. Bahn, O., Chesney, M., Gheysens, J., Knutti, R. et Pana, A.C. (2015) 'Is there room for geoengineering in the optimal climate policy mix?', *Environmental Science & Policy*, vol. 48, Avril, pp. 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.12.014>
9. Barrett, S. (2008) 'The incredible economics of geoengineering', *Environmental and Resource Economics*, vol. 39, Décembre, pp. 45-54. DOI: 10.1007/s10640-007-9174-8
10. Basta (2012) *Quand un riche « voyou du climat » veut manipuler les océans*, 23 Octobre, [Online], Available: <https://www.bastamag.net/Quand-un-riche-voyou-du-climat> [5 Juin 2017].
11. Bellamy, R. (2013) 'Opening up' geoengineering appraisal: Deliberative Mapping of options for tackling climate change (PhD thesis Project)', *University of East Anglia, School of Environmental Sciences*, UK, Novembre.
12. Bellamy, R., Chilvers, J., Vaughan, N. et Lenton, T. (2012) 'A review of climategeoengineering appraisals', *WIREs Climate Change*, vol. 3, pp. 597-615. DOI: 10.1002/wcc.197
13. Bellamy, R., Chilvers, J., Vaughan, N.E. et Lenton, T.M. (2013) 'Opening up' geoengineering appraisal: Multi-Criteria Mapping of options for tackling climate change', *Global Environmental Change*, vol. 23, pp. 926-937. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.07.011>
14. Bennett, S.J., Schroeder, D.J. et McCoy, S.T. (2014) 'Towards a framework for discussing and assessing CO2 utilisation in a climate context', *Energy Procedia*, vol. 63, pp. 7976-7992. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.11.835>
15. Bensaude-Vincent, B. (2015) 'Artifice/Artefact', dans Bourg, D. et Papaux, A. (ed.) *Dictionnaire de la pensée écologique*, Paris: PUF.
16. Benson, S.M. et Friedmann, S.J. (2014) 'Emerging issues in earth resources engineering. Carbon Dioxide Capture, Utilization, and Storage: An Important Part of a Response to Climate Change', *The BRIDGE. National academy of engineering. Linking engineering and society*, vol. 44, no. 1, pp. 42-51.
17. Bodansky, D. (1996) 'May We Engineer the Climate?', *Climatic Change*, vol. 33, pp. 309-321. <https://doi.org/10.1007/BF00142579>
18. Bonneuil, C. et Fressoz, J.-B. (2016) *L'événement Anthropocène. La Terre, l'histoire et nous.*, Poche edition, Seuil.
19. Boucher, O., Forster, P.M., Gruber, N., Ha-Duong, M., Lawrence, M.G., Lenton, T.M., Maas, A. et Vaughan, N.E. (2014) 'Rethinking climate engineering categorization in the context of climate change mitigation and adaptation', *WIREs Clim Change*, vol. 5, pp. 23-35. DOI: 10.1002/wcc.261

20. Bourg, D. et Hess, G. (2010) 'La géo-ingénierie : réduction, adaptation et scénario du désespoir ', *Natures Sciences Sociétés*, vol. 18, pp. 298–304. DOI: 10.1051/nss/2010037
21. Bourg, D. et Salerno, G. (2015) *Les scénarios de la durabilité*, Londres: Bookboon.com (livre électronique).
22. Boyd, P.W. (2008) 'Ranking geo-engineering schemes ', *Nature Geoscience Commentaire*, vol. 1, Novembre, pp. 722-724. DOI: 10.1038/ngeo348
23. Boyd, P.W. (2013) 'Ocean Fertilization for Sequestration of Carbon Dioxide from the Atmosphere', dans Lenton, T.M. et Vaughan, N.E. (ed.) *Geoengineering Responses to Climate Change: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, New York: Springer Science + Business Media.
24. Brand, S. (2010) *Whole Earth Discipline: Why dense cities, nuclear power, genetically modified crops, restored wildlands, radical science and geoengineering are essential*, London: Atlantic Books.
25. Briday, R. (2014) 'Qui alimente les études sur la géo-ingénierie? Une perspective d'historien des sciences', *Natures Sciences Sociétés*, vol. 22, no. 2, pp. 124 - 131. DOI: 10.1051/nss/2014026
26. Caldeira, K. et Bala, G. (2017) 'Reflecting on 50 years of geoengineering research', *Earth's Future*, vol. 5, pp. 10-17. DOI: 10.1002/2016EF000454
27. Caldeira, K., Bala, G. et Cao, L. (2013) 'The Science of Geoengineering', *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, vol. 41, pp. 231-256. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-042711-105548>
28. Caldeira, K. et Keith, D.W. (2010) 'The Need for Climate Engineering Research', *Issues in Science and Technology*, vol. 27, no. 1.
29. Camus, A. (2003) *Le mythe de Sisyphe*, Folio essais.
30. Chakrabarty, D. (2014) 'Quelques failles dans la pensée sur le changement climatique', dans Hache, E. (ed.) *De l'univers clos au monde infini*, Editions Dehors.
31. Cicerone, R.J. (2006) 'Geoengineering: Encouraging Research and Overseeing Implementation', *Climatic Change*, vol. 77, pp. 221-226. DOI: 10.1007/s10584-006-9102-x
32. Clarke, K. (2016) 'Views & Comments. Can Engineers Lead Again', *Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 19-20. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.01.005>
33. Clingerman, F. (2012) 'Between Babel and Pelagius: Religion, Theology, and Geoengineering', dans Preston, C.J. (ed.) *Engineering the Climate: The Ethics of Solar Radiation Management*, Plymouth: Lexington Books.
34. Clingerman, F. (2014) 'Geoengineering, Theology, and the Meaning of Being Human', *Zygon*, vol. 49, no. 1, Mars, pp. 6-21. DOI: 10.1111/zygo.12072
35. Convention-Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCUNCC (2014) *La Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)*, [Online], Available: http://unfccc.int/portal_francophone/essential_background/convention/items/3270.php [31 Mai 2017].
36. Crutzen, P.J. (2006) 'Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma?', *Climatic Change*, vol. 77, pp. 211-219. DOI: 10.1007/s10584-006-9101-y
37. Crutzen, P.J. et Stoermer, E.F. (2000) 'The Anthropocene', *Global Change Newsletter*, vol. 41, pp. 17-18.
38. Danowski, D. et Viveiros de Casto, E. (2014) 'L'arrêt du monde', dans Hache, E. (ed.) *De l'univers clos au monde infini*, Editions Dehors.
39. d'Arcais, P.F. (2013) *L'absurde et la révolte : Albert Camus, philosophe de la finitude*, 28 Octobre, [Online], Available: <http://esprit.presse.fr/news/frontpage/news.php?code=287> [12 Juillet 2017].
40. de Jouvaucourt, P. et Bonneuil, C. (2014) 'En finir avec l'Épopée. Récit, géopouvoir et sujets de l'Anthropocène', dans Hache, E. (ed.) *De l'univers clos au monde infini*, Editions Dehors.
41. Descola, P. (2005) *Par-delà nature et culture*, Paris: Gallimard.
42. Early, J.T. (1989) 'Space-based solar shield to offset greenhouse effect', *Journal British Interplanetary Society*, vol. 42, Décembre, pp. 567-569.
43. Eisenstein, C. (2007) *The Ascent of Humanity*, Panentheia Press.
44. Ellis, E. (2015) 'Ecology in an anthropogenic biosphere', *Ecological Monographs*, vol. 85, no. 3, pp. 287-331. DOI: 10.1890/14-2274.1

45. ETC Group (2012) *The World of Geoengineering. ETC Group Maps Earth System Experimentation*, 19 Juin, [Online], Available: <http://www.etcgroup.org/content/world-geoengineering> [5 Juin 2017].
46. Farias, M., Newheiser, A.-K., Kahane, G. et de Toledo, Z. (2013) 'Scientific faith: Belief in science increases in the face of stress and existential anxiety', *Journal of Experimental Social Psychology*, vol. 49, pp. 1210-1213. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2013.05.008>
47. Federeau, A. (2016) 'L'auto-organisation comme antidote au réductionnisme', dans *Science, conscience et environnement: Penser le monde complexe*, Presses Universitaires de France.
48. Flannery, T. (2015) *Atmosphere of Hope: Searching for solutions to the climate crisis*, HarperCollins Publishers Ltd.
49. Fleming, J.R. (2010) *Fixing the Sky. The Checkered History of Weather and Climate Control*, New York, NY: Columbia University Press.
50. Foley, J. (2017) 'Living by the lessons of the planet: How can human societies thrive within Earth's physical and biological limits?', *Science*, vol. 356, no. 6335, Avril, pp. 251-252. DOI: 10.1126/science.aal4863
51. Fragnière, A. et Gardiner, S.M. (2016) 'Why Geoengineering Is Not "Plan B"', dans Preston, C.J. (ed.) *Climate Justice and Geoengineering: Ethics and Policy in the Atmospheric Anthropocene*, London, UK: Rowman & Littlefield International, Ltd.
52. Galarraga, M. et Szerszynski, B. (2012) 'Making Climate: Solar Radiation Management and the Ethics of Fabrication', dans Preston, C.J. (ed.) *Engineering the Climate: The Ethics of Solar Radiation Management*, Plymouth: Lexington Books.
53. Gardiner, S.M. (2011) *A perfect moral storm: the ethical tragedy of climate change*, New York: Oxford University Press.
54. GIEC (2013) 'Glossaire [Planton, S. (coord.)]', dans Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. et Midgley, P.M. (ed.) *Changements climatiques 2013: Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis d'Amérique: Cambridge University Press.
55. Goodell, J. (2010) *How to Cool the Planet: Geoengineering and the Audacious Quest to Fix Earth's Climate*, Boston and New York: Mariner Books Houghton Mifflin Harcourt.
56. Govindasamy, B. et Caldeira, K. (2000) 'Geoengineering Earth's radiation balance to mitigate CO₂-induced climate change', *Geophysical Research Letters*, no. 14, pp. 2141-2144. DOI: 10.1029/1999GL006086
57. Grevsmühl, S.V. (2014) *La Terre vue d'en haut - L'invention de l'environnement global*, Paris: Seuil, collection Anthropocène.
58. Guchet, X. (2011) 'Les technosciences: essai de définition', *Philonsorbonne*, no. 5, Mai, pp. 83-95, Available: <http://philonsorbonne.revues.org/348> ; DOI : 10.4000/philonsorbonne.348.
59. Guillaume, B. (2015) 'Géoingénierie', dans Bourg, D. et Papaux, A. (ed.) *Dictionnaire de la pensée écologique*, Paris: PUF.
60. Hache, E. (ed.) (2014) *De l'univers clos au monde infini*, Editions Dehors.
61. Hache, E. (2014) 'Introduction: Retour sur Terre', dans Hache, E. (ed.) *De l'univers clos au monde infini*, Editions Dehors.
62. Hamilton, C. (2011) 'Ethical Anxieties About Geoengineering: Moral hazard, slippery slope and playing God', Paper presented to a conference of the Australian Academy of Science, Canberra, 1-18.
63. Hamilton, C. (2013a) 'The Ethical Foundations of Climate Engineering', dans Burns, W.C.G. et Strauss, A.L. (ed.) *Climate Change Geoengineering: Philosophical Perspectives, Legal Issues, and Governance Frameworks*, Cambridge: Cambridge University Press.
64. Hamilton, C. (2013b) *Les apprentis sorciers du climat: Raisons et déraison de la géo-ingénierie*, Paris: Seuil, collection Anthropocène.
65. Hamilton, C. (2015) 'The Theodicy of the "Good Anthropocene"', *Environmental Humanities*, vol. 7, pp. 233-238. ISSN: 2201-1919
66. Hansen, J. (2006) 'Global temperature change', *PNAS*, vol. 103, no. 39, Septembre, pp. 14288-14293. DOI: 10.1073/pnas.0606291103

67. Hansen, J., Sato, M., Kharecha, P., Beerling, D., Berner, R., Masson-Delmotte, V., Pagani, M., Raymo, M., Royer, D.L. et Zachos, J.C. (2008) 'Target Atmospheric CO₂: Where Should Humanity Aim? ', *Open Atmospheric Science Journal*, vol. 2, pp. 217-231. DOI: 10.2174/1874282300802010217
68. Harari, Y.N. (2014) *Sapiens: A Brief History of Humankind*, Vintage Books.
69. Harrison, R.M. et Hester, R.E. (ed.) (2014) 'Geoengineering of the Climate System', dans *Issues in Environmental Science and Technology*, The Royal Society of Chemistry.
70. Haszeldine, R.S. et Scott, V. (2014) 'Storing Carbon for Geologically Long Timescales to Engineer Climate ', dans Harrison, R.M. et Hester, R.E. (ed.) *Geoengineering the Climate System. Issues in Environmental Science and Technology*, The Royal Society of Chemistry.
71. Hess, G. (2013) *Ethiques de la nature*, Paris: PUF.
72. Hess, G. (2016) 'La conscience cosmique: Esquisse pour une conception non réductrice de la relation de l'homme à la nature', dans Hess, G. et Bourg, D. (ed.) *Science, conscience et environnement: Penser le monde complexe*, Presses Universitaires de France.
73. Heyward, C. (2013) 'Situating and Abandoning Geoengineering: A Typology of Five Responses to Dangerous Climate Change ', *PS: Political Science and Politics*, vol. 46, pp. 23-27. DOI: 10.1017/S1049096512001436
74. Horton, J. et Keith, D. (2016) 'Solar Geoengineering and Obligations to the Global Poor', dans *Climate Justice and Geoengineering Ethics and Policy in the Atmospheric Anthropocene*, London, UK: Rowman & Littlefield International, Ltd.
75. Hulme, M. (2014) *Can science fix climate change? A case against climate engineering*, Polity.
76. IPCC (2013) 'Summary for Policymakers', dans Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M.M.B., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. et Midgley, P.M. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
77. Keith, D. (2000) 'Geoengineering the Climate: History and Prospect', *Annual Review of Energy and the Environment*, vol. 25, pp. 245-284. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.245>
78. Keith, D. (2013) *A Case for Climate Engineering*, A Boston Review Book, MIT Press.
79. Keller, D.P., Feng, E.Y. et Oschlies, A. (2014) 'Potential climate engineering effectiveness and side effects during a high carbon dioxide-emission scenario', *Nature Communications*, vol. 5, no. 3304. DOI: 10.1038/ncomms4304
80. Kintisch, E. (2010) *Hack the Planet: Science's Best Hope - or Worst Nightmare - for Averting Climate Catastrophe*, John Wiley & Sons.
81. Klein, N. (2014) *This Changes Everything: Capitalism vs. The Climate*, New York: Simon & Schuster.
82. Kravitz, B. (2013) 'Stratospheric Aerosols for Solar Radiation Management ', dans Lenton, T.M. et Vaughan, R.E. (ed.) *Geoengineering Responses to Climate Change: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, New York: Springer Science + Business Media.
83. Latour, B. (2012) *Love your Monsters. Why we must care for our technologies as we do our children*, [Online], Available: <https://thebreakthrough.org/index.php/journal/past-issues/issue-2/love-your-monsters> [3 Juillet 2017].
84. Latour, B. (2014) 'L'Anthropocène et la destruction de l'image du Globe', dans Hache, E. (ed.) *De l'univers clos au monde infini*, Editions Dehors.
85. Le Dévédec, N. (2015) 'Retour vers le Futur Transhumaniste', *Esprit*, vol. 11, Novembre, pp. 89-100. DOI: 10.3917/espri.1511.0089
86. Le Nouvel Observateur (2013) *Les projets fous des géo-ingénieurs pour réparer le climat*, 19 Juillet, [Online], Available: <http://tempsreel.nouvelobs.com/rue89/rue89-planete/20130719.RUE7796/les-projets-fous-des-geo-ingenieurs-pour-reparer-le-climat.html> [5 Juin 2017].
87. Lenton, T.M. (2014) 'The Global Potential for Carbon Dioxide Removal', dans Harrison, R.M. et Hester, R.E. (ed.) *Technology, Geoengineering of the Climate System. Issues in Environmental Science and*, The Royal Society of Chemistry.
88. Lenton, T.M. et Vaughan, N.E. (2013) 'Introduction', dans Lenton, T.M. et Vaughan, N.E. (ed.) *Geoengineering Responses to Climate Change: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, New York: Springer Science + Business Media.
89. Levy, A. (2015) 'Les apprentis sorciers à l'oeuvre', *Erudit*, no. 777, pp. 22-23. <http://id.erudit.org/iderudit/73702ac>

90. Liao, S.M., Sandberg, A. et Roache, R. (2012) 'Human Engineering and Climate Change', *Ethics, Policy and the Environment*, vol. 15, no. 2, pp. 206-221. <http://dx.doi.org/10.1080/21550085.2012.685574>
91. Lovelock, J. (2014) *A Rough Ride to the Future*, Allen Lane.
92. Lunt, D.J. (2013) 'Sunshades for Solar Radiation Management', dans Lenton, T.M. et Vaughan, R.E. (ed.) *Geoengineering Responses to Climate Change: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, New York: Springer Science + Business Media.
93. Lynas, M. (2011) *The God Species: Saving the Planet in the Age of Humans*, Washington, D.C.: National Geographic Society.
94. Marchetti, C. (1977) 'On Geoengineering and the CO₂ Problem', *Climatic Change*, vol. 1, pp. 59-68. <https://doi.org/10.1007/BF00162777>
95. Marotzke, J., Jakob, C., Bony, S., Dirmeyer, P.A., O'Gorman, P.A., Hawkins, E., Perkins-Kirkpatrick, S., Le Quéré, C., Nowicki, S., Paulavets, K., Seneviratne, S.I., Stevens, B. et Tuma, M. (2017) 'Commentary: Climate research must sharpen its view', *Nature Climate Change*, vol. 7, Février, pp. 89-91. DOI: 10.1038/nclimate3206
96. McInnes, C.R., Bewick, R. et Sanchez, J.P. (2013) 'Space-Based Geoengineering Solutions', dans Lenton, T.M. et Vaughan, R.E. (ed.) *Geoengineering Responses to Climate Change: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, New York: Springer Science + Business Media.
97. McLaren, D. (2016) 'Framing Out Justice: The Post-politics of CLimate Engineering Discourses', dans Preston, C.J. (ed.) *Climate Justice and Geoengineering: Ethics and Policy in the Atmospheric Anthropocene*, London, UK: Rowman & Littlefield International, Ltd.
98. McNeill, J.R. (2010) *Du nouveau sous le soleil: Une histoire de l'environnement mondial au XXe siècle*, Seyssel: Champ Vallon, collection "L'environnement a une histoire".
99. Morton, O. (2015) *The Planet Remade: How Geoengineering Could Change the World*, London, UK: Granta.
100. National Academy of Sciences (NAS) (1992) *Policy implications of greenhouse warming: mitigation, adaptation, and the science base.*, Washington: National Academy press.
101. National Academy of Sciences Panel on Policy Implications of Greenhouse Warming (NAS) (1992) *Policy Implications of Greenhouse Warming: Mitigation, Adaptation, and the Science Base*, Washington DC: National Academy of Sciences Press.
102. Neyrat, F. (2016) *La Part Inconstructible de la Terre*, Paris: Seuil, collection Anthropocène.
103. Péaud, L. (2015) « Voir le monde » : les images dans l'œuvre d'Alexander von Humboldt ', *L'Information géographique* , vol. 79, no. 4, pp. 13-36. DOI: 10.3917/lig.794.0013
104. Pearson, J., Oldson, J. et Levin, E. (2006) 'Earth rings for planetary environment control', *Acta Astronautica*, vol. 58, no. 1, Janvier, pp. 44-57. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2005.03.071>
105. Pelt, J.-M. (2008) *Nature et Spiritualité*, Fayard.
106. Preston, C.J. (2011) 'Re-Thinking the Unthinkable: Environmental Ethics and the Presumptive Argument Against Geoengineering', *Environmental Values*, vol. 20, no. 4, Novembre, pp. 457-479. DOI: 10.3197/096327111X13150367351212
107. Preston, C.J. (ed.) (2012) *Engineering the Climate: The Ethics of Solar Radiation Management*, Plymouth: Lexington Books.
108. Preston, C.J. (ed.) (2016) *Climate Justice and Geoengineering: Ethics and Policy in the Atmospheric Anthropocene*, London, UK: Rowman & Littlefield International, Ltd.
109. Preston, C.J. (2016) 'Introduction: Climate Justice and Geoengineering', dans Preston, C.J. (ed.) *Climate Justice and Geoengineering: Ethics and Policy in the Atmospheric Anthropocene*, London, UK: Rowman & Littlefield International, Ltd.
110. Rasch, P.J., Crutzen, P.J. et Coleman, D.B. (2008) 'Exploring the geoengineering of climate using stratospheric sulfate aerosols: The role of particle size ', *Geophysical Research Letters*, vol. 35. DOI: :10.1029/ 2007GL032179
111. Rasch, P.J., Tilmes, S., Turco, R.P., Robock, A., Oman, L., Chen, C.-C., Stenchikov, G.L. et Garcia, R.R. (2008) 'An overview of geoengineering of climate using stratospheric sulphate aerosols', *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 366, pp. 4007-4037. DOI: 10.1098/rsta.2008.0131
112. Rebetez, M. (2011) *La Suisse se réchauffe. Effet de serre et changement climatique*, 4th edition, Lausanne: PPUR.

113. Ritimo (2016) *Les projets fous de la géoingénierie*, 23 Novembre, [Online], Available: <http://www.ritimo.org/Les-projets-fous-de-la-geoingenierie> [5 Juin 2017].
114. Robock, A. (2014) 'Stratospheric Aerosol Geoengineering', dans Harrison, R.M. et Hester, R.E. (ed.) *Geoengineering of the Climate System. Issues in Environmental Science and Technology*, The Royal Society of Chemistry.
115. Robock, A., Bunzl, M., Kravitz, B. et Stenchikov, G.L. (2010) 'A Test for Geoengineering?', *Science*, vol. 327, no. 5965, pp. 530-531. DOI: 10.1126/science.1186237
116. Robock, A., Jerch, K. et Bunzl, M. (2008) '20 reasons why geoengineering may be a bad idea', *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 62, no. 2, pp. 14-59. DOI: 10.2968/064002006
117. Robock, A., Oman, L. et Stenchikov, G.L. (2008) 'Regional climate responses to geoengineering with tropical and Arctic SO₂ injections', *Journal of Geophysical Research*, vol. 113. DOI: 10.1029/2008JD010050
118. Rockström et al., J. (2009) 'A Safe Operating Space for Humanity', *Nature*, vol. 461, no. 7263, Septembre, pp. 472-475. DOI: 10.1038/461472a
119. Rockström, J., Gaffney, O., Rogelj, J., Meinshausen, M., Nakicenovic, N. et Schellnhuber, H.J. (2017) 'A roadmap for rapid decarbonization', *Science*, vol. 355, no. 6331, Mars, pp. 1269-1271. DOI: 10.1126/science.aah3443
120. Ruddiman, W.F., Ellis, E.C., Kaplan, J.O. et Fuller, D.Q. (2015) 'Defining the epoch we live in: Is a formally designated "Anthropocene" a good idea?', *Science*, vol. 348, no. 6230, Avril, pp. 38-39. DOI: 10.1126/science.aaa7297
121. Salter, S. (2013) 'Solar Radiation Management, Cloud Albedo Enhancement', dans Lenton, T.M. et Vaughan, R.E. (ed.) *Geoengineering Responses to Climate Change: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, New York: Springer Science + Business Media.
122. Salter, S.H., Stevenson, T. et Tsiamis, A. (2014) 'Engineering Ideas for Brighter Clouds', dans Harrison, R.M. et Hester, R.E. (ed.) *Geoengineering of the Climate system. Issues in Environmental Science and Technology*, The Royal Society of Chemistry.
123. Schelling, T.C. (1996) 'The Economic Diplomacy of Geoengineering', *Climatic Change*, vol. 33, pp. 303-307. <https://doi.org/10.1007/BF00142578>
124. Schneider, S.S. (1996) 'Geoengineering: Could - or should - we do it?', *Climatic Change*, vol. 33, pp. 291-302. <https://doi.org/10.1007/BF00142577>
125. Schuiling, R.D. (2013) 'Carbon Dioxide Sequestration, Weathering Approaches to', dans Lenton, T.M. et Vaughan, N.E. (ed.) *Geoengineering Responses to Climate Change: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, New York: Springer Science + Business Media.
126. Science (2017) *In Switzerland, a giant new machine is sucking carbon directly from the air*, 1 Juin, [Online], Available: <http://www.sciencemag.org/news/2017/06/switzerland-giant-new-machine-sucking-carbon-directly-air> [5 Juin 2017].
127. ScienceAlert (2015) *A Canadian Start-Up Is Removing CO₂ From The Air And Turning It Into Pellets*, 12 Octobre, [Online], Available: <https://www.sciencealert.com/a-canadian-start-up-is-removing-co2-from-the-air-and-turning-it-into-pellets> [5 Juin 2017].
128. Shackley, S., Sohi, S., Ibarrola, R., Hammond, J., Masek, O., Brownsort, P., Cross, A., Prendergast-Miller, M. et Haszeldine, S. (2013) 'Biochar, Tool for Climate Change Mitigation and Soil Management', dans Lenton, T.M. et Vaughan, N.E. (ed.) *Geoengineering Responses to Climate Change: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, New York: Springer Science + Business Media.
129. Shellenberger, M. et Nordhaus, T. (2004) *The Death of Environmentalism: Global Warming Politics in a Post-Environmental World*, Juin, [Online], Available: https://www.thebreakthrough.org/images/Death_of_Environmentalism.pdf [17 Juillet 2017].
130. Shepherd et al., J. (2009) *Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty*, London, UK: Royal Society Policy document.
131. Sikka, T. (2012) 'A critical discourse analysis of geoengineering advocacy', *Critical Discourse Studies*, vol. 9, no. 2, pp. 163-175. <http://dx.doi.org/10.1080/17405904.2012.656377>
132. Socolow, R. (2016) 'Views & Comments. Fitting on the Earth: Challenges of Carbon and Nitrogen Cycle to Preserve the Habitability of the Planet.', *Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 21-22. DOI: 10.1016/J.ENG.2016.01.012
133. Steffen, W., Richardson, K.R.J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V. et Reyers, B.S.S. (2015)

- 'Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet', *Science*, vol. 347, no. 6223, Février. DOI: 10.1126/science.1259855
134. Stengers, I. (2014) 'Penser à partir du ravage écologique', dans *De l'univers clos au monde infini*, Editions Dehors.
135. Stilgoe, J. (2015) *Experiment Earth: Responsible Innovation In Geoengineering*, New York: Routledge.
136. The Guardian (2015) *Startups have figured out how to remove carbon from the air. Will anyone pay them to do it?*, 14 Juillet, [Online], Available: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2015/jul/14/carbon-direct-air-capture-startups-tech-climate> [5 Juin 2017].
137. The Guardian (2015) *World's biggest geoengineering experiment 'violates' UN rules*, 15 Octobre, [Online], Available: <https://www.theguardian.com/environment/2012/oct/15/pacific-iron-fertilisation-geoengineering> [5 Juin 2017].
138. The Guardian (2016) *Paris climate deal a 'turning point' in global warming fight, Obama says*, 5 Octobre, [Online], Available: <https://www.theguardian.com/environment/2016/oct/05/obama-paris-climate-deal-ratification> [24 Juillet 2017].
139. The Guardian (2017) *US scientists launch world's biggest solar geoengineering study*, 24 Mars, [Online], Available: <https://www.theguardian.com/environment/2017/mar/24/us-scientists-launch-worlds-biggest-solar-geoengineering-study> [5 Juin 2017].
140. The National Academies Press (2015) 'Climate Intervention: Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration Reflecting Sunlight to Cool Earth. Report in Brief', p. 154.
141. Thornes, J.E. et Pope, F.D. (2014) 'Why do we need Solutions to Global Warming?', dans Harrison, R.M. et Hester, R.E. (ed.) *Geoengineering of the Climate System. Issues in Environmental Science and TEchnology*, The Royal Society of Chemistry.
142. Vaughan, N.E. et Lenton M., T. (2011) 'A review of climate geoengineering proposals', *Climatic Change*, vol. 109, Mars, pp. 745-790. DOI 10.1007/s10584-011-0027-7
143. Vilmer, J.-B.J. (2008) 'Descartes: L'infinitude de ma volonté. Ou comment dieu m'a fait à son image.', *Revue des sciences philosophiques et théologiques*, vol. 2, no. 92, pp. 287-312. ISSN 0035-2209
144. White, L. (1967) 'The Historical Roots of Our Ecologic Crisis', *Science*, vol. 155, no. 3767, Mars, pp. 1203-1207. DOI: 10.1126/science.155.3767.1203
145. Wigley, T.M.L. (2006) 'A Combined Mitigation/Geoengineering Approach to Climate Stabilization', *Science*, vol. 314, Octobre, pp. 452-454. DOI: 10.1126/science.1131728
146. Woolf, D., Amonette, J.E., Street-Perrott, F.A., Lehmann, J. et Joseph, S. (2010) 'Sustainable biochar to mitigate global climate change', *Nature Communications*, vol. 1, no. 56, Août, pp. 1-9. DOI: 10.1038/ncomms1053
147. Zalasiewicz et al., J. (2015) 'When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal', *Quaternary International*, vol. 383, Octobre, pp. 196-203. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.045>
148. Zhang, Z., Moore, J.C., Huisingh, D. et Zhao, Y. (2015) 'Review of geoengineering approaches to mitigating climate change', *Journal of Cleaner Production*, vol. 103, Septembre, pp. 898-907. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.076>