



La grande fraude climatique

le cas contre la
géoingénierie climatique

Remerciements

Biofuelwatch, la Fondation Heinrich Böll et le Groupe ETC remercient toutes celles et ceux qui ont collaboré à l'écriture et à la relecture de ce rapport, et tout particulièrement Lili Fuhr, Linda Schneider ; Anja Chalmin, Holly Dressel, Joana Chelo, Oliver Munnion et Simon Fischer pour leur aide aux recherches et à la rédaction.

Nous remercions également la Fondation Heinrich Böll, le CS Fund et le Rockefeller Brothers Fund pour le soutien financier alloué à la production du présent rapport. Les opinions qui y sont exprimées n'engagent que Biofuelwatch, la Fondation Heinrich Böll et le Groupe ETC.

Les recherches effectuées pour ce rapport ont été réalisées par le Groupe ETC et Biofuelwatch, avec le soutien financier et la collaboration de la Fondation Heinrich Böll.

Edition : Kathy Jo Wetter, Trudi Zundel

Design : by Stig

Première publication : novembre 2017

Publication français : mai 2018

Toutes nos publications peuvent être téléchargées gratuitement sur les sites suivants:

www.biofuelwatch.org.uk

www.boell.de

www.etcgroup.org



Publié sous la licence Creative Commons : Attribution
– Pas d'utilisation commerciale – Pas de modification 3.0

La grande fraude climatique

le cas contre la géoingénierie climatique



www.etcgroup.org



www.biofuelwatch.org



www.boell.de/en

Table des matières

4 Préface

6 Chapitre 1 – La géoingénierie : le nouveau climat des empereurs

6 Un nouvel empire climatique

6 Les solutions technologiques des empereurs du climat

7 Les empereurs sont-ils nus?

7 Petite histoire de l'empirisme présomptueux

9 Une coalition de partenaires disposés à agir pour le climat?

10 Les empereurs du climat veulent nous refiler un tuyau

12 [Encadré] Solutions sécuritaires, équitables et soutenables à la crise climatique

13 Chapitre 2 – Les techniques de géoingénierie

15 [Encadré] Les trois catégories de techniques de géoingénierie proposées par les géoingénieurs

17 **Terre** : techniques de géoingénierie qui ciblent les écosystèmes terrestres

21 **Mer** : techniques de géoingénierie qui ciblent les écosystèmes océaniques

23 **Air** : techniques de géoingénierie qui ciblent l'atmosphère

25 Chapitre 3 – Études de cas

25 Étude de cas I : bioénergie avec captage et stockage du carbone

29 Étude de cas II : réparer le climat avec des algues?

31 Étude de cas III : fertilisation des océans — les projets LOHAFEX et Planktos-Haida-Oceaneos

32 Étude de cas IV : fertilisation des océans — l'Institut coréen de recherche polaire

33 Étude de cas V : brassage artificiel (de l'océan) en Chine

34 Étude de cas VI : le projet SPICE

36 Étude de cas VII : SCoPEX — expérience d'injection d'aérosols stratosphériques

37 Étude de cas VIII : blanchiment des nuages à Monterey Bay, Californie

39 Chapitre 4 – Raisons de s'opposer à la géoingénierie

39 Échelle mondiale; Manque de fiabilité et risques élevés; Risques environnementaux; Irréversibilité;

40 Exacerbation des déséquilibres et des iniquités en matière de pouvoir mondial; Injustice intergénérationnelle; Motif justifiant l'inaction climatique;

41 Mercantilisme carbonique; Convergence de techniques émergentes à grande échelle; Contrôle mondial; Militarisation;

42 Violation de traités; Détournement de ressources, de fonds et d'efforts de recherche qui auraient pu être consacrés à de véritables solutions

43 Chapitre 5 – Qui tire les ficelles de la géoingénierie?

- 43 Vieux fossiles et nouvelle image
- 43 La géoclique
- 44 Les cliques ne font pas bon ménage avec la démocratie ou la science
- 45 Publications et brevets : qui donc est propriétaire de la géoingénierie?
- 47 Recherche en géoingénierie
- 47 Projets de recherche multinationaux
- 49 Programmes nationaux
- 50 Le GIEC est-il en train de banaliser la géoingénierie?
- 52 Les marchands de climat
- 54 Climat de guerre : utilisations militaires de la géoingénierie
- 56 Protecteurs de la Terre? Foutaises!
- 56 [Encadré] À la défense de la Terre mère : la géoingénierie se bute à la résistance des Autochtones

59 Chapitre 6 – La gouvernance de la géoingénierie

- 59 Est-il possible d’assujettir la géoingénierie à un mécanisme de gouvernance?
- 60 La quête obstinée des « émissions négatives »
- 60 Un point de départ
- 61 Discussions onusiennes sur la géoingénierie
- 62 Une approche qui fait fi des frontières
- 62 Recherche et gouvernance : qui, de la poule ou de l’œuf, vient en premier?
- 63 Un consensus mondial est-il possible?
- 64 Un vaste débat de société doit d’abord avoir lieu
- 64 [Encadré] Afin d’être légitime, une discussion sur la gouvernance de la géoingénierie doit

66 Chapitre 7 – La voie à suivre

- 66 Un réalisme radical
- 66 La raison nous pousse à rejeter la géoingénierie
- 67 Maintenir et renforcer le moratoire
- 68 Mettre fin aux expériences en plein air
- 68 Œuvrer à la mise en place d’une interdiction
- 68 Grands débats de société, grandes structures
- 69 Ne touchez pas à la Terre mère!

71 Annexe 1 – Les Nations unies et la géoingénierie

77 Annexe 2 – Initiatives non gouvernementales en matière de gouvernance de la géoingénierie

80 Notes

96 Glossaire des acronymes des technologies de géoingénierie

97 À propos des auteurs : Groupe ETC, Biofuelwatch et Fondation Heinrich Böll

Préface

Alors que le réchauffement de la planète progresse rapidement et se traduit par des vagues de chaleur, des inondations, des sécheresses et des ouragans, la géoingénierie — soit la manipulation à vaste échelle des systèmes naturels terrestres — est brandie comme une stratégie permettant de contrecarrer, d'atténuer ou de retarder les changements climatiques sans qu'il soit nécessaire de bouleverser nos économies gourmandes en énergie et en ressources. Chose inquiétante, les débats actuels à propos de cette solution technique à vaste échelle sont circonscrits à un petit groupe d'experts autoproclamés qui agit selon des visions antidémocratiques du monde et des perspectives technocratiques à courte vue. Exclus de ces débats, les pays en développement, les peuples autochtones et les communautés locales n'ont pas voix au chapitre.

Comme le montre en détail le présent rapport, chaque technique de géoingénierie proposée menace les populations humaines et les écosystèmes. Par ailleurs, une analyse rigoureuse de ces techniques montre que leur déploiement a de fortes chances d'aggraver les conséquences du réchauffement planétaire plutôt que de les atténuer. En raison de sa nature irréversible, de sa possible utilisation à des fins hostiles et de ses implications sur le plan de la dynamique du pouvoir mondial, la manipulation du climat à grande échelle n'est pas une option envisageable.

En 2010, les gouvernements des pays du Sud ont porté la question à l'attention de la Convention sur la diversité biologique (CDB) des Nations unies, qui a décrété un moratoire de facto sur le déploiement de la géoingénierie et les expériences menées sur le terrain.

Considérant cela, pourquoi assistons-nous actuellement à une intensification des discussions sur la géoingénierie? Parce que la « tyrannie de l'urgence » qu'imposent les changements climatiques est instrumentalisée afin que la géoingénierie quitte les articles scientifiques et les modèles

informatiques pour gagner l'arène des politiques climatiques et — plus grave encore — le stade de l'expérimentation sur le terrain.

Il est évidemment urgent d'agir. Dans cette période qui fait suite à l'accord de Paris, les gouvernements doivent reconnaître que les bonnes vieilles stratégies de réduction des émissions de GES, trop frileuses, sont insuffisantes.

Nous devons considérer avec sérieux des moyens de réduire radicalement nos émissions de gaz à effet de serre (GES) qui transcendent la pensée économique dominante. Nous avons également besoin de stratégies robustes, socialement équitables et culturellement acceptables afin de régler notre dette carbonique et écologique en procédant, avec toute la prudence nécessaire, à la restauration à vaste échelle des écosystèmes naturels.

*Renoncer
à s'attaquer aux
causes profondes des
changements climatiques et
cibler leurs conséquences à
l'aide de techniques de
géoingénierie constitue un
choix politique, non pas
une fatalité.*

Renoncer à s'attaquer aux causes profondes des changements climatiques pour plutôt cibler leurs conséquences à l'aide des techniques de géoingénierie constitue un choix politique, non pas une fatalité. Or, ce choix laisse sous-entendre qu'il est plus acceptable de risquer de causer des torts irréparables à notre planète que de bouleverser le système économique dominant. Il ne s'agit en rien d'une nécessité technique ou scientifique; c'est le réflexe de défense d'un système raté qui refuse de changer et continue de protéger une poignée de riches.

La grande fraude climatique : le cas contre la géoingénierie climatique est la suite enrichie et mise à jour du rapport Géopiraterie dont la version française a été publiée en 2011. Rédigé conjointement par le Groupe ETC, Biofuelwatch et la Fondation Heinrich Böll, le présent rapport propose aux militants d'ONG, aux mouvements sociaux, aux décideurs politiques, aux journalistes et aux autres agents du changement un aperçu complet du monde de la géoingénierie — ses acteurs incontournables, les techniques qu'elle propose et les débats qui s'y rattachent. Il fournit également un historique du débat entourant la géoingénierie, de même qu'une analyse de ce dernier et des intérêts diversifiés qui le façonnent, en plus de présenter des études de cas portant sur les principales techniques et expériences.

Nous avons besoin d'une convergence de mouvements pour rejeter la solution technique que constitue la géoingénierie, faire admettre qu'il s'agit d'une fausse solution à la crise climatique, et nous recentrer sur de véritables changements.

Le présent document plaide en outre pour l'interdiction urgente et immédiate du déploiement et de l'expérimentation sur le terrain de la géoingénierie, cette interdiction devant être supervisée par un mécanisme de gouvernance multilatéral, mondial, robuste et transparent. Un débat sur la géoingénierie et sa gouvernance reste nécessaire. Toutefois, celui-ci doit avoir une vaste portée, être mené selon une approche ascendante, participative et transparente, en plus d'être ancré dans le droit international et fondé sur le principe de précaution. Ce débat doit enfin être alimenté par une compréhension rigoureuse des politiques et des pratiques efficaces, transformatrices et équitables qui s'attachent à la question climatique. Nous avons besoin d'une convergence de mouvements pour rejeter la solution technique que constitue la géoingénierie, faire admettre qu'il s'agit d'une fausse solution à la crise climatique, et nous recentrer sur de véritables changements. Une convergence initiée par les communautés et les organisations de la société civile. Une convergence de mouvements qui dit « Ne touchez pas à la Terre mère! »

1^{er} décembre 2017

Barbara Unmüßig,
présidente, Fondation Heinrich Böll

Pat Mooney,
cofondateur, Groupe ETC

Rachel Smolker,
codirectrice, Biofuelwatch

La géoingénierie : le nouveau climat des empereurs

Un nouvel empire climatique

Avec le temps, le terme « géoingénierie » en est venu à désigner la manipulation intentionnelle à vaste échelle du climat ou des systèmes terrestres par l'humain. Bien qu'il en soit question depuis longtemps dans les cercles militaires, la géoingénierie est aujourd'hui moins souvent envisagée à des fins militaires qu'à titre de solution technique risquée, quoique nécessaire, aux changements climatiques — une sorte de police d'assurance qu'il est prudent d'avoir sous la main advenant une crise climatique imminente. Le présent rapport expose en détail les techniques de géoingénierie actuellement proposées, en plus de décrire les acteurs et les forums qui envisagent leur déploiement ou se penchent sur cette question. Les études de cas révèlent clairement l'ampleur des travaux déjà en cours sur plusieurs techniques de géoingénierie, en plus de révéler les impacts et les implications de la gestion du rayonnement solaire (GRS) et des techniques d'absorption du dioxyde de carbone ou CO₂ (ADC), soit les deux principales techniques de géoingénierie. Le présent rapport se penche également sur les propositions actuelles en matière de gouvernance de la géoingénierie, en présentant notamment l'aspect historique de cette question de même que les forces en jeu, pour enfin résumer les arguments en faveur et contre un tel encadrement. Chose peut-être plus importante encore, le présent rapport montre qu'à la suite de l'accord de Paris¹, les études, les conférences et les forums politiques intergouvernementaux portant sur les changements climatiques banalisent la géoingénierie et considèrent celle-ci non plus comme un « plan B », mais de plus en plus comme un outil virtuellement incontournable — malgré l'absence de compréhension de la part de la population, et sans égards aux moratoires pertinemment adoptés par les organes des Nations unies.

Les causes ayant mené la planète Terre sur cette trajectoire funeste et les moyens d'infléchir celle-ci sortent du cadre de la géoingénierie.

Nous croyons que le monde avance tel un somnambule vers un avenir façonné par la géoingénierie, et qu'il demeure urgent de tenir un débat de fond sur la géoingénierie.

Les solutions technologiques des empereurs du climat

Étant jadis l'apanage des conteurs et des auteurs de textes sacrés, les miracles relèvent dorénavant de la compétence des technologues. Il est vrai que nous sommes parvenus à réaliser nombre de petits « miracles » : nous pouvons demander à une boîte posée sur notre bureau comment panser une blessure et commander, toujours à l'aide de celle-ci, les bandages nécessaires qui seront livrés à notre porte. Parfois, nous pouvons rendre la vue à l'aveugle, faire à nouveau marcher les handicapés et ressusciter les morts. Notre capacité à faire des miracles a par ailleurs acquis une portée mondiale : nous avons appris à voler au-dessus des océans, voire dans l'espace. Nous aspirons même à exploiter les ressources minières des astéroïdes et des fonds marins, et certains d'entre nous, tel l'inventeur-investisseur Elon Musk, nous imaginent finir nos jours sur Mars². Cependant, certains des miracles mentionnés dans la Bible — contrôler la pluie et le vent, obscurcir le soleil, séparer les eaux des océans et inverser les marées — ne sont toujours pas à notre portée. Certains technologues et politiciens ne se laissent pourtant pas décourager; ils aspirent à manipuler les systèmes terrestres et à déployer la géoingénierie dans le but, disent-ils, de contrer ou de retarder les changements climatiques.

L'orgueil — tout comme l'espoir et le danger potentiel — ne saurait être plus démesuré. La prémisse sur laquelle se fonde la géoingénierie veut que la planète se soit engagée sur la voie des changements climatiques d'une manière si chaotique, si dévastatrice pour tant d'entre nous, qu'il n'y ait guère d'autre choix que de concevoir des techniques qui permettraient d'atténuer les dommages sur nous-mêmes et nos économies ou, à tout le moins, de nous faire gagner du temps afin de mieux nous défendre. (Les causes ayant mené la planète Terre sur cette trajectoire funeste et les moyens d'infléchir celle-ci sortent du cadre de la géoingénierie.)

Pour la vaste majorité de la population mondiale — qui n'a pas directement participé aux débats sur les changements climatiques et qui n'a jamais entendu parler de géoingénierie —, cette idée semble magique, présomptueuse, stupidement dangereuse et somme toute très mauvaise. Il lui semble inconcevable de voir les gouvernements considérer sérieusement la possibilité d'intervenir sur les systèmes terrestres — systèmes à la fois complexes et interreliés qui ne connaissent aucune frontière géopolitique — et de rendre l'humanité indéfiniment dépendante d'une élite technocratique. Néanmoins, la géoingénierie est dorénavant sur la table de négociation.

Les empereurs sont-ils nus?

Les gouvernements considèrent avec sérieux la solution technique que propose la géoingénierie. Dès le début des années 1990, plusieurs pays (Allemagne, États-Unis, Royaume-Uni, Japon, Canada, Mexique, Inde et Afrique du Sud) ont investi dans des expériences nationales ou internationales portant sur une méthode d'absorption du dioxyde de carbone atmosphérique appelée « fertilisation des océans »³. De plus, au moins trois pays (Chine, Russie et Corée du Sud) ont mené des expériences de géoingénierie ou s'emploient activement à en concevoir⁴. Des établissements scientifiques aux États-Unis, en Chine et en Russie étudient des techniques (regroupées de manière générique sous l'appellation « gestion du rayonnement solaire » ou « modification de l'albédo ») qui permettraient de réduire la température mondiale en bloquant ou en réfléchissant les rayons du soleil. Il a été annoncé que certaines expériences seront menées sur le terrain dès 2018⁵.

Depuis 2008, la plupart des pays membres de l'OCDE ont mené des études publiques ou privées sur le potentiel et les aléas des techniques de géoingénierie. Les gouvernements étasunien, britannique et allemand ont tous publié des rapports sur le sujet. Par ailleurs, depuis 2008, les gouvernements des pays prenant part à trois différents forums sous les auspices des Nations unies ont suspendu ou interdit au moins une technique de géoingénierie, voire la totalité de celles-ci⁶.

Bien que d'aucuns considèrent que les résolutions des Nations unies sont du ressort du « droit souple », celles-ci conservent néanmoins leur importance, car elles ont reçu l'approbation (ou l'assentiment) de toutes les Parties. Deux traités onusiens — nommément, la Convention sur la diversité biologique (CDB) et la Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et

d'autres matières (communément appelée Convention de Londres) encadrent la géoingénierie. Si la géoingénierie fait l'objet de discussions en coulisse des négociations onusiennes sur les changements climatiques depuis au moins 12 ans, elle est manifestement devenue un point de mire depuis l'accord de Paris conclu en 2015. Il est par ailleurs notoire que le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) se concentre intensivement sur la géoingénierie alors qu'il prépare son prochain rapport d'évaluation (RÉ6) prévu pour 2022⁷. Cet organe prépare également un rapport spécial sur la possibilité de circonscrire le réchauffement planétaire à 1,5 °C jusqu'à la fin du présent siècle⁸. La CCNUCC se penchera sur ce rapport spécial lors d'une rencontre prévue en 2018. La géoingénierie se positionne donc pour jouer un rôle central au sein de la géopolitique des changements climatiques.

Petite histoire de l'empirisme présomptueux

L'ambitieuse idée de modifier intentionnellement l'environnement à des fins hostiles n'est pas nouvelle. Au début du 16^e siècle, les Florentins Léonard de Vinci et Nicolas Machiavel unirent leurs forces afin de détourner le fleuve Arno, souhaitant ainsi priver de ses eaux la ville rivale de Pise et offrir à Florence une voie permettant de naviguer jusqu'à la Méditerranée.

Il semble inconcevable de voir les gouvernements considérer sérieusement la possibilité d'intervenir sur les systèmes terrestres, à la fois complexes et interreliés, et de rendre l'humanité indéfiniment dépendante d'une élite technocratique.

Cependant, même les plans les mieux préparés par l'un des plus célèbres inventeurs de la planète et l'un des penseurs politiques plus tristement connus du monde — qui bénéficièrent en outre de la force de travail de 2 000 hommes — finirent par échouer sous l'effet conjugué des conditions météorologiques, des mauvais calculs et de la corruption⁹.

Plus récemment, l'utilisation de la bombe atomique mise au point par les États-Unis en 1945 déclencha une vague d'enthousiasme pour l'utilisation d'explosifs nucléaires afin d'aménager des ports en Alaska, d'élargir et d'approfondir des canaux de navigation, ou encore d'aménager une route navigable libre de glace à travers le passage du Nord-Ouest. Bien que sérieusement envisagés, du moins dans certains cercles, aucun de ces projets n'a été mis en œuvre¹⁰, à l'exception de tests nucléaires atmosphériques qui, force est de le constater, modifient indirectement les systèmes terrestres. Malgré les inquiétudes quant à la possibilité de créer un hiver nucléaire ou d'altérer irrémédiablement le champ magnétique terrestre, et défiant l'opposition manifestée par les pays affectés et les Nations unies, les superpuissances du monde ont mené des milliers de tests nucléaires atmosphériques au cours des années 1950, 1960 et 1970¹¹. Les puissances nucléaires se sont elles-mêmes arrogé l'autorité morale pour décider pour le reste d'entre nous. Elles ont menti à leur propre population au sujet des dangers des émissions radioactives et de l'éventualité qu'une guerre nucléaire annihile la majeure partie de la planète¹². Par l'entremise du programme Atomes pour la paix dont ils ont convenu, la Russie et les États-Unis ont diffusé la technologie nucléaire à travers le monde, même en étant pleinement conscients que la construction de centrales nucléaires pouvait mener à la prolifération des armes nucléaires — ce à quoi elle a effectivement contribué.

Les velléités des années 1950 de recourir à la puissance nucléaire pour modifier la nature ont donné naissance, durant les années 1960 et 1970, à des techniques un peu moins risquées de modification des conditions météorologiques et des écosystèmes. Ayant grandi à une époque où des aviateurs proposaient d'ensemencer les nuages afin d'apporter la pluie aux ranchs texans victimes de la sécheresse, le président étasunien Lyndon Johnson avait hâte de tester la modification artificielle des conditions météorologiques sur une échelle plus vaste et pour une cause plus noble.

Lorsqu'une sécheresse menaçait d'apporter la famine à l'État indien du Bihar au milieu des années 1960, Johnson se servit de l'aide alimentaire comme levier pour contraindre le gouvernement indien à autoriser la Force aérienne des États-Unis à mener des opérations d'ensemencement des nuages afin de tenter de mettre un terme à ce fléau¹³. Aucune preuve ne permit de conclure à la réussite de ces opérations d'ensemencement, mais — comme c'est aussi généralement le cas avec les expériences de géoingénierie — rien ne permit non plus d'avoir la certitude qu'elles n'avaient pas contribué à l'amélioration de la situation, particulièrement en raison du fait que les faiseurs de pluie artificielle omissent d'indiquer quelle quantité de pluie était retombée au sol¹⁴. Armé de ces résultats ambigus, Johnson incita ensuite Ferdinand Marcos, alors dictateur des Philippines, à lui permettre de tenter de modifier les conditions météorologiques de l'archipel philippin entier en 1969¹⁵. Une fois de plus, les résultats furent peu concluants. Cherchant désespérément à remporter la guerre du Vietnam et encouragés par les scientifiques voulant donner une seconde chance à la modification des conditions météorologiques, Johnson puis Richard Nixon firent un usage militaire clandestin de l'ensemencement des nuages afin de rendre la piste Hô Chi Minh impraticable¹⁶. Pour une troisième fois, aucune conclusion ne put être tirée quant à l'efficacité de cette technique.

Lorsqu'un journaliste d'enquête fit état, en 1971, des expériences de manipulation des conditions météorologiques menées au Vietnam sur plusieurs années, un scandale politique explosa. Les États-Unis eurent d'ailleurs beaucoup de mal à persuader leurs amis et leurs alliés aux Nations unies que la modification des conditions météorologiques à des fins militaires constituait une aberration qui jamais plus ne se répéterait. En 1975, l'Union soviétique et les États-Unis soumièrent des canevases identiques aux Nations unies en vue de la rédaction de la Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles (Convention ENMOD), qui prit effet en 1978¹⁷. Les pays signataires de la convention — incluant l'ensemble des grandes puissances mondiales sauf la France — se sont ainsi engagés à ne pas modifier l'environnement à des fins militaires.

Prohibant les modifications environnementales « à des fins militaires ou à toutes autres fins hostiles », la Convention ENMOD constitue une source de déception pour certains pays du Sud depuis son entrée en vigueur il y a une quarantaine d'années. En effet, ces derniers ont constaté que les modifications météorologiques prétendument pacifiques menées en Inde et aux Philippines ont pavé la voie à leur utilisation militaire au Vietnam. Il ne faut pas sous-estimer l'intérêt que peut susciter la manipulation du climat (géoingénierie) à des fins militaires. Nul besoin d'être Machiavel pour comprendre qu'aucun pays ne peut céder le contrôle du climat de la planète à d'autres pays; d'ailleurs, Machiavel n'a probablement pas été le premier à réaliser que la meilleure défense consiste en une offensive féroce. Si les instances militaires des grandes puissances ne faisaient pas de R et D sur les techniques de géoingénierie, leurs dirigeants auraient raison de s'interroger sur leur insouciance.

Personne ne souhaite recourir à la géoingénierie. C'est du moins ce que suggère la rhétorique ambiante.

Une coalition de partenaires disposés à agir pour le climat?

Personne ne souhaite recourir à la géoingénierie. C'est du moins ce que suggère la rhétorique ambiante. Même ceux qui défendent le plus ardemment d'investir dans la recherche en géoingénierie rappellent que dans l'état actuel des choses, la manipulation intentionnelle du climat est trop dangereuse et comporte trop d'inconnus pour être autorisée par les gouvernements. Cependant, un petit groupe de scientifiques influents (provenant majoritairement de l'Europe de l'Ouest et de l'Amérique du Nord) ont ravivé l'idée de modifier le climat de la planète. Surnommé « géoclique¹⁸ » par le journaliste scientifique Eli Kintisch, ce club sélect martèle que les changements climatiques constituent une menace d'une telle importance qu'il est raisonnable de mettre au point un « plan B ». D'autant plus que les gouvernements ont jusqu'à maintenant échoué à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) de manière suffisante, et que, de toute façon, la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone est peut-être déjà trop élevée. Tous ces visionnaires réticents soulignent leur allégeance à la cause environnementale et affirment agir pour le bien collectif. Ils se font un devoir d'exhorter les gouvernements à faire montre de leadership et à sabrer les émissions de GES, en plus de reconnaître les incertitudes scientifiques rattachées à leurs projets.

Néanmoins, ils profitent de toutes les tribunes pour argumenter en faveur de l'investissement dans la recherche en géoingénierie et plaider pour le développement technique et l'expérimentation dans ce domaine. Publié en 2013 par David Keith, professeur à l'Université Harvard, le livre *A Case for Climate Engineering* ne constitue qu'un exemple de ces efforts promotionnels¹⁹.

La géoclique a cherché à obtenir du soutien financier de la part de philanthrocapitalistes notoires — notamment Bill Gates, qui a tôt fait de manifester son intérêt pour la géoingénierie²⁰. Plus récemment, Gates s'est associé à d'autres philanthrocapitalistes pour soutenir le nouveau programme de recherche en géoingénierie solaire de l'Université Harvard à la hauteur de sept millions de dollars²¹. Cependant, ce club de milliardaires n'est pas en mesure d'avancer les sommes dont un programme et des expériences de GRS auraient besoin pour démarrer. Outre les travaux menés en secret par les instances militaires de différents pays, les gouvernements — sauf celui de la Chine et possiblement celui de la Russie — ont jusqu'à présent été peu disposés à aller plus loin que le financement d'études et de conférences sur la question. Au moment de rédiger le présent rapport, et selon les informations accessibles au public, il n'existe aucun fonds pour soutenir la réalisation des objectifs de la géoingénierie. Cela pourrait toutefois changer.

L'accord de Paris conclu en 2015 a permis aux politiciens de gagner du temps. Présenté à maintes reprises comme une décision « charnière », cet accord a en fait permis aux politiciens d'adopter un comportement attentiste jusqu'au prochain cycle électoral. Plutôt que de s'engager à faire des coupes obligatoires et draconiennes dans leurs émissions de GES, ils ont voulu préserver la santé économique de leur pays — et d'épargner la toute puissante industrie des combustibles fossiles et ses avoirs de réserve s'élevant à des milliards de dollars qui, autrement, auraient été gelés. Lorsque viendra le temps de faire les comptes en 2020 ou un peu après, la situation climatique sera encore plus alarmante, et on nous dira que la seule « solution » envisageable reste la géoingénierie.

Les mêmes défenseurs de l'industrie des combustibles fossiles qui ont mis les gouvernements dans ce pétrin batailleront pour la gestion du rayonnement solaire ou des investissements dans leurs techniques spécialisées dites à « émissions négatives », c'est-à-dire la bioénergie de même que le captage et le stockage du carbone²². De leur côté, les militaires resteront en état d'alerte, advenant la nécessité de déclencher une action défensive (ou peut-être une offensive dissimulée). Les philanthropes pourront même décider d'accroître leurs propres contributions. De plus en plus de chercheurs universitaires et d'environnementalistes se feront les chantres des techniques à « émissions négatives » (c.-à-d. des techniques permettant d'absorber du CO₂ atmosphérique)²³ malgré les dangers que celles-ci laissent planer sur les milieux terrestres et aquatiques, la production alimentaire, de même que les communautés rurales et autochtones. Quant aux moyens de réabsorber le CO₂ qui ont fait leurs preuves — tels que la conservation et la restauration des forêts naturelles et des autres écosystèmes avec l'aide des communautés qui habitent ceux-ci ou leurs environs, ou encore le soutien des systèmes alimentaires paysans et agroécologiques —, ils seront abandonnés.

Nous devons garder à l'esprit que nous vivons une époque de profond mécontentement social, où croissent les inégalités sociales et économiques malgré l'essor de certaines économies. Les multinationales n'ont jamais été aussi puissantes, et les gouvernements peinent à suivre la cadence. Pire encore, l'équipe actuellement en place à la Maison-Blanche nous donne l'impression que l'administration de Richard Nixon était un modèle de transparence, et les dirigeants chinois et russes n'hésiteront pas à manipuler le climat si le mercure commence vraiment à monter. Qu'ils unissent leurs forces ou s'allient à d'autres pays, ces aspirants empereurs pourraient même décider de former une « coalition de partenaires disposés à agir pour le climat » qui se sert de la géoingénierie afin de préserver leur portion d'hémisphère Nord en ayant peu d'égards pour le reste du monde.

Qu'ils unissent leurs forces ou s'allient à d'autres partenaires, ces aspirants empereurs pourraient même décider de former une « coalition de partenaires disposés à agir pour le climat » qui se sert de la géoingénierie pour préserver leur portion d'hémisphère Nord et ayant peu d'égards pour le reste du monde.

Les empereurs du climat veulent nous refiler un tuyau

La recherche en géoingénierie reste nécessaire. Tous les camps qui prennent part au débat sur la géoingénierie s'entendent sur le fait que nous devons en savoir plus sur les systèmes terrestres afin de survivre aux changements climatiques. En effet, certains aspects des programmes de recherche s'attachant à des objectifs différents demeurent compatibles. Toutefois, nous ne connaissons pas certaines

choses, sans toutefois avoir conscience de ne pas les connaître, alors qu'il est impératif de les

connaître avant de tripoter le thermostat de la planète. Au milieu de 2017, le

monde a été surpris d'apprendre que le plus vaste réseau de volcans ne se trouve pas en Afrique de l'Est, mais dans la portion occidentale de l'Antarctique, où plus de 90 volcans ont été découverts sous quatre kilomètres de glace²⁴. Alors

que cette couche de glace a déjà commencé à fondre sous l'effet du réchauffement du climat, la pression exercée sur ces volcans s'amenuise, ce qui

pourrait déclencher leur éruption. Si de puissantes éruptions volcaniques survenaient en Antarctique pendant que les empereurs pulvérisent des sulfates dans l'atmosphère par l'entremise d'un volcan artificiel afin de « gérer » le rayonnement solaire (par une technique appelée « l'injection d'aérosols stratosphériques »), nous pourrions alors nous retrouver à craindre davantage les conséquences d'une ère glaciaire que d'un réchauffement planétaire. Nous avons également pris connaissance de l'existence, ignorée jusqu'à récemment, d'une rivière à fort courant qui coule sous l'océan Pacifique²⁵ — celle-ci peut influencer de manière importante le brassage des eaux océaniques ou la fertilisation des océans. Or, y a-t-il d'autres choses qui demeurent inconnues des géoingénieurs?

Il est alarmant de constater que les études et les politiques climatiques ultérieures à la signature de l'accord de Paris considèrent la géoingénierie comme une mesure palliative permettant de retarder les changements climatiques. En l'absence d'une prise de conscience publique et d'un débat intergouvernemental ouvert, la géoingénierie se transforme en une chose banale. Et les politiciens en viennent à croire que le nouveau climat imposé par les empereurs est inévitable.

Il est nécessaire d'affirmer le droit de chaque pays et de chaque personne de débattre des solutions techniques à la crise climatique pour ultimement les rejeter ou les approuver. Alors que les pays sont souverains, la géoingénierie demeure une question d'ampleur mondiale qui exige un débat de la même envergure; ce dernier doit inclure l'Assemblée générale des Nations unies, et doit tenir compte des mesures connues d'atténuation des changements climatiques — même si celles-ci transcendent la pensée économique traditionnelle et nuisent aux intérêts particuliers.

Malgré la course que nous avons engagée contre la montre, nous devons garder à l'esprit que les peuples et les civilisations peuvent encore avoir la capacité et le temps d'agir. Cela ne remet pas en question le fait que les émissions de CO₂ sont cumulatives, ni que les coupes draconiennes des émissions de GES au cours des prochaines années et décennies se révéleront insuffisantes à la fin du présent siècle. Toutefois, nous avons déjà fait montre d'une extrême flexibilité au cours de l'histoire. Confrontés à l'imminence de la Deuxième Guerre mondiale, les principaux pays industrialisés ont su transformer leurs économies presque du jour au lendemain alors que les populations urbaines nord-américaines se sont retroussé les manches pour cultiver des « Jardins de la victoire » afin d'assurer leurs réserves alimentaires et, par le fait même, de se procurer le régime alimentaire le plus nutritif de tout le 20^e siècle. Pensez également aux changements survenus entre 1920 et 2000 : la plupart des percées technologiques ayant directement contribué à la santé et au bien-être sont survenues au cours des premières décennies du 20^e siècle pour accuser un ralentissement après les années 1970, contrairement à ce qu'affirme le discours autopromotionnel de la Silicon Valley. Bien que les premières discussions sur les changements climatiques aient eu lieu dans les années 1960, il se peut qu'elles ne portent leurs fruits qu'aujourd'hui. Par ailleurs, dans les années 1960, les préoccupations en matière de santé relatives au tabagisme commençaient à peine à surgir alors qu'aujourd'hui, cette habitude accuse un déclin rapide, du moins dans les pays industrialisés.

En l'absence d'une prise de conscience publique et d'un débat intergouvernemental ouvert, la géoingénierie se transforme en une chose banale. Les politiciens en viennent à croire que le nouveau climat imposé par les empereurs est inévitable.

Bien qu'il reste encore beaucoup de chemin à parcourir, les comportements sociaux quant à la question du genre — et plus particulièrement à la communauté LGBTQIA+ — ont profondément changé en dix ans. Les

changements importants peuvent exiger de longues périodes de dormance, mais les transformations peuvent soudainement survenir en quelques années.

Les géoingénieurs — et nombre d'autres personnes concernées — craignent une hausse de l'insécurité alimentaire alors que les conditions climatiques changeantes influencent la menace que laissent planer les ravageurs sur les cultures et les maladies sur les animaux — notamment les animaux d'élevage déjà rendus vulnérables par leur uniformité génétique. (Ces craintes s'accompagnent par ailleurs de préoccupations quant à la santé humaine — incluant l'augmentation de la résistance aux antibiotiques.) Pourtant, l'histoire montre que les agriculteurs peuvent rapidement adapter leurs pratiques lorsque cela devient nécessaire. En moins de 100 ans, les agriculteurs africains ont adopté le maïs originaire de l'Occident, et ont su l'adapter à la presque totalité des conditions climatiques régnant sur leur continent sans le concours de trains, de télégrammes ou de techniciens²⁶. De manière similaire, en moins de 100 ans, et nonobstant les barrières érigées par 600 langues différentes, les agriculteurs de Papouasie-Nouvelle-Guinée ont adapté une nouvelle plante — la patate douce — et l'ont cultivée des forêts de mangroves jusqu'au sommet des montagnes pour nourrir les leurs et leurs animaux²⁷. En une seule génération, des agriculteurs immigrants ont introduit des semences d'Europe en Amérique du Nord et les ont adaptées à sa gamme extrêmement diversifiée de climats et de sols. Les « marrons » d'Afrique de l'Ouest ont clandestinement apporté des semences de leurs pays d'origine et les ont adaptées en une seule saison de croissance aux conditions régnant dans les Caraïbes et en Amérique du Sud. Ainsi, les paysans, les petits agriculteurs et les pêcheurs artisanaux pourraient relever la plupart des défis posés par les changements climatiques au cours du présent siècle. Mais pour cela, ils doivent être soutenus — et non discrédités.

Les décideurs politiques devraient écouter les paysans plutôt que les acteurs de la chaîne alimentaire agro-industrielle; ils devraient également refuser les demandes de financement liées à la bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECSC)²⁸, car celles-ci empêchent les petits agriculteurs de déployer leurs propres stratégies soutenables de lutte contre les changements climatiques. Les systèmes culturels locaux et les écosystèmes doivent être protégés et soutenus. En modifiant les conditions météorologiques locales, en atténuant le rayonnement solaire et en bouleversant le cycle des moussons et le régime des vents — sans compter l'émergence de conflits pour la terre, l'eau et les nutriments nécessaires aux vastes plantations bioénergétiques —, la géoingénierie menace les capacités et les modes de subsistance des paysans.

L'engouement renouvelé pour les énergies éolienne et solaire, sur lesquelles nous comptons évidemment depuis des siècles, a été déclenché dans les années 1970 par l'embargo sur le pétrole imposé aux États-Unis par l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP).

Le plus grand obstacle à ce progrès demeure l'industrie des combustibles fossiles, et la question la plus pressante est celle de savoir comment freiner cette industrie.

Lorsque l'embargo prit fin, l'enthousiasme pour les énergies renouvelables s'évapora. Jusqu'à présent, et plus particulièrement au cours du présent siècle, l'abordabilité et l'efficacité des éoliennes et des panneaux photovoltaïques ont augmenté de manière fulgurante. Il n'y a donc aucune raison sur le plan technique de douter que les sources d'énergies de substitution puissent répondre à nos besoins, et que les combustibles fossiles deviennent obsolètes bien avant le milieu du siècle. Le plus grand obstacle à ce progrès demeure l'industrie des combustibles fossiles, et la question à laquelle il est le plus urgent de répondre consiste à savoir comment freiner celle-ci.

En aucun cas il ne s'agit d'ignorer le fait que les changements climatiques qui surviendront au cours du présent siècle comporteront des impacts négatifs. L'agriculture, par exemple, devra affronter des défis sans précédent. Nous devons renforcer les communautés résilientes qui sont non seulement capables de collaborer, mais également de s'adapter aussi rapidement que nécessaire. Nul besoin, donc, de déposer les armes aux pieds des empereurs.

Solutions sécuritaires, équitables et soutenables à la crise climatique

- Mesures radicales de réduction des émissions de GES intégrées à l'ensemble des secteurs.
- Abandon graduel de l'extraction et de la production de combustibles fossiles (ce qui implique de devancer la fermeture des champs pétrolifères, des mines de charbon et des sites de fracturation hydraulique existants).
- Production énergétique complètement décentralisée à partir de sources renouvelables qui ne comportent aucun danger pour l'environnement, avec l'assentiment des communautés locales.
- Abandon des modes de vie et des chaînes de production caractérisés par une consommation effrénée.
- Réduction absolue de la consommation mondiale de ressources et d'énergie, par l'entremise, par exemple, de systèmes économiques circulaires ou de stratégie zéro-déchet.
- Mise en place de systèmes de transports publics et municipaux efficaces.
- Vaste, mais prudente restauration des écosystèmes mondiaux (y compris forêts, forêts ombrophiles, tourbières et océans), avec la participation active des communautés qui y vivent et qui veillent à leur maintien.
- Transition de la chaîne agro-industrielle, importante productrice de GES et grande consommatrice de fertilisants, vers un mode de production alimentaire basé sur l'agriculture paysanne et les petites exploitations.
- Utilisation des terres et des pratiques agricoles adaptées aux conditions locales et respectueuses de l'environnement, soutien à l'agroécologie et à la production écologique paysanne.
- Soutien aux marchés alimentaires locaux destinés aux produits des paysans et des petits agriculteurs

Les techniques de géoingénierie

Hé, les géoingénieurs, que savez-vous au juste?

Nous ne savons pas comment « trafiquer la planète » à l'aide de la géoingénierie. Nous n'avons aucune idée du coût de la géoingénierie — notamment si elle ne fonctionne pas, si elle bloque des solutions de rechange constructives ou engendre des effets indésirables inattendus. (Ses promoteurs affirment toutefois que les coûts seront peu élevés.²⁹) Une fois lancé un processus dont les effets ont une portée planétaire, nous ne savons pas comment l'arrêter. Du reste, nous n'avons aucune certitude quant aux impacts sur la santé humaine et l'environnement. Les géoingénieurs sous-estiment peut-être gravement la difficulté d'introduire un changement dont les résultats sont prévisibles au sein d'un écosystème — même s'il s'agit d'un changement « léger » et « subtil »³⁰, comme abattre des arbres afin d'exposer le sol enneigé de manière à réfléchir les rayons du soleil, ou saupoudrer le sol de sable capable d'absorber le CO₂. À l'instar des changements climatiques anthropiques induits par la révolution industrielle, les expériences intentionnelles de géoingénierie sont, elles aussi, susceptibles de causer des torts disproportionnés aux populations des régions tropicales et subtropicales du monde.

La géoingénierie n'est pas l'invention de climatologues, d'écologistes ou de sociologues, mais bien d'ingénieurs. Afin de mettre au point des outils suffisamment puissants pour avoir un impact considérable sur le climat, les géoingénieurs n'ont pas d'autres choix que celui d'ignorer partiellement la complexité des systèmes vivants et interconnectés qu'ils entendent modifier. Il fait trop chaud? Tamisons la lumière du soleil! Il y a trop de CO₂ dans l'atmosphère? Enfouissons-le! Dans le club de la géoingénierie, rares sont les océanographes, les géologues, les chimistes de l'atmosphère ou les biologistes.

Les géoingénieurs sous-estiment peut-être gravement la difficulté d'introduire, au sein d'un écosystème, un changement dont les résultats seraient prévisibles.

Le Keith Group à l'Université Harvard, par exemple, est une équipe de plus d'une dizaine de personnes qui travaillent « au croisement de la science climatique et de la technique, et qui se concentrent sur la science et les politiques publiques en matière de gestion du rayonnement solaire³¹ ». Or, une seule personne dans cette équipe détient un baccalauréat en sciences de la Terre.³² David Keith est pour sa part un expert en physique (et, depuis récemment, en politiques publiques).

Que se cache-t-il derrière ce nom?

Considérant l'audace des propositions de géoingénierie, il ne fait aucun doute que les zélés de ce type d'approches ont consacré énormément de temps à penser (et à repenser) à la manière de les rendre attrayantes aux yeux des décideurs politiques et de la population. Les techniques de géoingénierie proposées se répartissent en deux grandes catégories : celles qui visent à réduire les concentrations de GES dans l'atmosphère — il est alors question d'absorption du dioxyde de carbone (ADC) ou d'absorption des gaz à effet de serre (AGES) —, et celles qui visent à modifier la quantité de chaleur dans l'atmosphère — il est alors question de gestion du rayonnement solaire (GRS). Une troisième catégorie, la modification des conditions météorologiques, évoquant des opérations secrètes et des escrocs contrôlant la pluie, est souvent écartée, mais il existe des motifs intellectuels et techniques de la garder à l'esprit. L'historien

James Fleming a montré de manière convaincante que la géoingénierie, qui est caractérisée par sa frénésie « pathologique » et son « débat tronqué » — c.-à-d. par sa nature anhistorique et son manque d'égard envers quelque considération d'ordre social que ce soit — est une descendante directe de la modification des conditions météorologiques³³.

D'ailleurs, lorsque les promoteurs de la géoingénierie affirment que des interventions graduelles et réversibles sur le climat peuvent être menées à des échelles locales ou moindres, la distinction sur le plan technique entre la géoingénierie et la modification des conditions météorologiques devient encore moins évidente (voir l'encadré).

En définitive, ce qui est ou n'est pas du ressort de la géoingénierie demeure une question politique. Rachel Smolker, codirectrice de Biofuelwatch, explique comment il est possible de jouer sur les mots lorsque vient le temps de définir la géoingénierie, de la caractériser ou de communiquer à son sujet³⁴. L'une des manœuvres employées pour que la géoingénierie obtienne le soutien de la population et des décideurs politiques consiste à présenter les techniques d'ADC/AGES et de GRS comme des « mesures d'atténuation » des changements climatiques, ce que fait d'ailleurs le GIEC depuis peu³⁵. Dans le rapport d'évaluation du GIEC paru en 2007 (RÉ4), l'atténuation des changements climatiques est réputée faire référence à des interventions humaines permettant de réduire les concentrations de GES telles que l'augmentation de l'efficacité énergétique ou du rendement des carburants, la gestion améliorée des terres, le compostage et d'autres moyens semblables³⁶. Ainsi, amalgamer les techniques de GRS à ce type d'interventions constitue un écart radical — et alarmant — par rapport aux recommandations du GIEC.

Faire pression afin de restreindre la portée de la définition de la géoingénierie pourrait permettre de soustraire certaines techniques controversées et lourdes de conséquences comme l'afforestation (c.-à-d. l'aménagement de monocultures d'arbres) à la supervision internationale. À l'inverse, une définition de la géoingénierie dont la portée serait vaste — par exemple, qui met le blanchiment des toitures et les techniques de GRS sur un pied d'égalité — pourrait causer un relâchement de la vigilance et de la résistance par rapport à des techniques non testées comptant parmi les plus radicales. Bravant deux moratoires internationaux sur la fertilisation des océans, une récente tentative de déverser du sulfate de fer dans la partie nord-est de l'océan Pacifique a failli échapper à l'attention des chiens de garde de l'environnement, notamment parce que celle-ci n'avait pas été présentée comme une expérience de fertilisation océanique, mais comme une tentative de restaurer la population de saumons. (Voir l'étude de cas III présentée au chapitre 3.)

Des tentatives visant à redorer l'image de la géoingénierie ont permis d'accoucher d'expressions telles que « remédiation climatique », « géoingénierie douce » et même « géothérapie »³⁷. Autant d'expressions qui suggèrent d'inoffensives opérations de réhabilitation ou de restauration du climat, ou encore le recours à des mesures graduelles, locales et « légères ». Lorsque Ken Caldeira inventa l'expression « gestion du rayonnement solaire » il y a plus de dix ans (pour faire un clin d'œil humoristique à la nature bureaucratique du langage gouvernemental, comme l'avoue Caldeira), il crut que ce nom « morne et compliqué » n'éveillerait aucun soupçon. Se ravisant ensuite, il crut bon de substituer l'expression « méthodes de réflexion solaire » à celle plus connotée de « gestion du rayonnement solaire », mais ce fut en vain³⁸.

Alors que les promoteurs de la géoingénierie tentent de redorer son image, nous ne devons pas nous laisser distraire de notre travail de supervision des mécanismes des interventions techniques proposées, de leurs implications et de leurs impacts potentiels.

Le présent chapitre offre un aperçu de quelques-unes des techniques proposées. Nous les avons regroupées selon le milieu (terrestre, océans ou atmosphère) qu'elles ciblent. Le fait que chaque technique cible un milieu particulier ne signifie pas pour autant que ses effets se limitent seulement à celui-ci. Manipuler les océans, par exemple, comportera également des répercussions sur la climatologie des nuages; inversement, manipuler les nuages induira des effets sur les océans³⁹. Au même titre qu'il existe des « rétroactions climatiques », le déploiement de techniques de géoingénierie engendrera des rétroactions qui ne seront connues qu'après leur déploiement.

Les trois catégories de techniques de géoingénierie proposées par les géoingénieurs

Absorption des gaz à effet de serre (AGES) ou absorption du dioxyde de carbone (ADC)

L'AGES et l'ADC sont des techniques qui visent à retirer du CO₂ de l'atmosphère après que celui-ci a été émis lors, par exemple, de la combustion de carburants fossiles, de la combustion de biomasse ou de travaux agricoles industriels. Plusieurs techniques d'AGES/ADC ont été proposées. Certaines d'entre elles visent à modifier l'équilibre chimique des océans afin d'augmenter l'absorption du CO₂. D'autres consistent plutôt en techniques mécaniques permettant de capter le CO₂ à partir de sources industrielles pour ensuite l'enfouir dans le sol. D'autres encore proposent de manipuler le bagage génétique des plantes afin d'accroître leur capacité à fixer du CO₂. Bien que la plupart des propositions impliquent des techniques d'ADC qui ciblent le CO₂ — le GES le plus abondant —, l'expression AGES implique que n'importe quel autre GES peut être ciblé, le méthane et l'oxyde nitreux par exemple.

Afin d'être efficace, l'ADC, en particulier, doit être employée indéfiniment et de manière coordonnée à l'échelle mondiale. Il n'existe aucune certitude quant à la durée et à l'efficacité de l'absorption du CO₂ ou encore, aux conséquences sur les personnes dont le mode de subsistance dépend directement des écosystèmes altérés par cette technique. Malgré une recrudescence des efforts de recherche sur ces techniques au cours des dix dernières années, personne n'est actuellement en mesure de démontrer que l'absorption artificielle et à long terme du carbone est abordable, sécuritaire ou même possible. Du reste, il n'est pas garanti que l'ADC engendrerait, comme escompté, une diminution de la température moyenne terrestre.

Gestion du rayonnement solaire (GRS)

Les techniques de GRS visent à réduire la température de l'atmosphère en réfléchissant les rayons du soleil vers l'espace avant que leur énergie ne soit absorbée par les GES présents dans l'atmosphère terrestre et s'y accumule sous forme de chaleur. À l'instar de l'AGES, la GRS constitue une approche correctrice « en bout de tuyau »; cela signifie que les efforts déployés ne visent pas à réduire les émissions de GES, mais bien à limiter certains effets dommageables découlant de fortes concentrations de GES. Par exemple, certaines techniques de GRS ne régleront en rien le problème de l'acidification des océans — elles pourraient même l'exacerber. Les techniques de GRS proposées ou actuellement à l'étude sont très diversifiées; elles peuvent être simples — peindre en blanc les toitures et les routes afin de réfléchir les rayons du soleil — ou beaucoup plus complexes — comme l'injection d'aérosols dans la stratosphère (IAS) ou l'utilisation de « miroirs spatiaux », qui sont des écrans formés de mailles réfléchissantes extrêmement fines positionnés entre la Terre et le Soleil.

Chaque technique de GRS comporte ses propres conséquences, mais toutes partagent l'objectif de modifier le bilan radiatif de la planète — en réfléchissant l'énergie (sous la forme de rayonnement solaire) atteignant normalement la Terre afin d'éviter qu'elle s'accumule dans l'atmosphère et engendre une hausse de température.



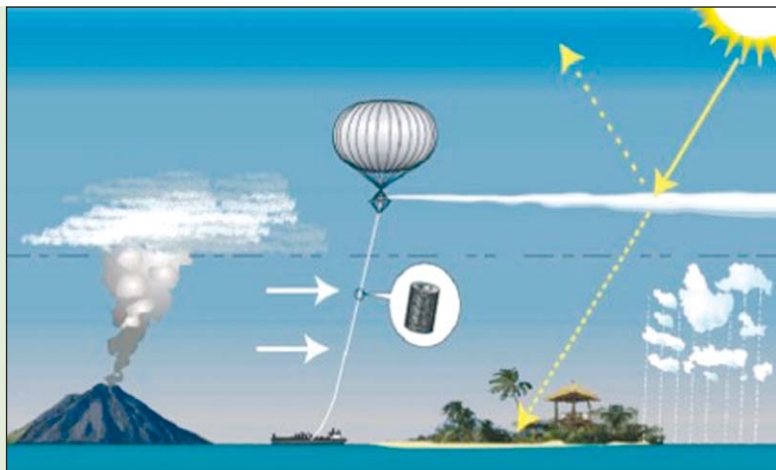
Les techniques d'AGES et d'ADC visent à éliminer le dioxyde de carbone de l'atmosphère après son émission. Photo (cc) Louis Vest

Le déploiement de techniques de GRS a de fortes chances de modifier le cycle hydrologique de la planète (diminution ou augmentation des précipitations causée par la modification des régimes climatiques) et d'induire des effets asymétriques dans les différentes régions du monde, ce qui peut potentiellement menacer les sources d'aliments et d'eau d'un nombre inconnu de personnes⁴⁰. Si le déploiement à grande échelle de techniques de GRS est soudainement interrompu — en raison, par exemple, de changements politiques ou économiques, de conflits armés ou de problèmes techniques — et que cesse alors son effet refroidissant, un réchauffement climatique marqué pourrait survenir.

Ce phénomène est parfois appelé « choc terminal »⁴¹. Certains commentateurs affirment qu'il est possible d'éviter ce choc terminal, et fournissent même une toute autre lecture (qu'ils jugent « exacte ») du problème : « Une fois que vous commencez à mettre en œuvre la GRS et qu'elle engendre un refroidissement substantiel, il ne s'agit pas de l'interrompre soudainement, mais graduellement, sur une longue période⁴². » Cependant, une telle interruption graduelle ne serait envisageable qu'à la condition d'observer simultanément une réduction des concentrations de GES et de mettre un terme à leur émission — sans compter que l'interruption graduelle n'est actuellement qu'hypothétique!

Modification des conditions météorologiques

Les efforts visant à contrôler les conditions météorologiques durant l'époque moderne furent déployés dès 1830, et consistaient à provoquer ou à empêcher les précipitations⁴³ — la suppression des précipitations constitue toujours le moyen privilégié par la Chine pour s'assurer d'un ciel radieux lors des événements officiels importants⁴⁴.



Les technologies de GRS prétendent refroidir l'atmosphère en réfléchissant les rayons solaires vers l'espace avant qu'ils ne soient piégés dans l'atmosphère terrestre.

Illustration (cc) Hugh Hunt

Le déploiement de techniques de GRS a de fortes chances de modifier le cycle hydrologique de la planète (diminution ou augmentation des précipitations causée par la modification des régimes climatiques) et d'induire des effets asymétriques dans les différentes régions du monde, ce qui pourrait menacer les sources d'aliments et d'eau de millions de personnes⁴⁰.

Bien que les conditions météorologiques réfèrent à un phénomène local se déroulant sur une courte période et que le climat réfère aux conditions météorologiques observées en un endroit donné sur une longue période (approximativement 30 ans), les deux phénomènes sont interreliés.

L'engouement pour le contrôle des conditions météorologiques croîtra au fur et à mesure que les changements climatiques exacerberont la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes. De plus, bien que conçues pour avoir des effets sur le climat, les techniques de géoingénierie comportent également des effets sur les conditions météorologiques locales.

Par exemple, si le blanchiment des nuages marins (une technique de GRS qui vise à augmenter la réflectance des nuages) et l'ensemencement des nuages (une technique de modification des conditions météorologiques qui vise à augmenter les précipitations) sont déployés simultanément, les risques de bouleversement des conditions météorologiques augmentent. En outre, il existe des préoccupations d'ordre géopolitique. Si les gouvernements parvenaient à contrôler la trajectoire de tempêtes potentiellement dévastatrices, les faire dévier en direction d'autres pays pourrait être perçu comme un geste belliqueux.

Terre : techniques de géoingénierie qui ciblent les écosystèmes terrestres

Captage et stockage du carbone (CSC)

Suscitant beaucoup d'intérêt et ayant jusqu'à présent fait l'objet d'un déploiement restreint, le CSC constitue un ambitieux défi. Selon ce qui est projeté, le CSC permettrait de capter en continu le CO₂ émanant des cheminées industrielles et même des tuyaux d'échappement à l'aide de dispositifs faisant vraisemblablement usage d'absorbants chimiques. Il serait ensuite liquéfié avant d'être transporté par gazoducs sur une courte distance pour être injecté dans des aquifères salins souterrains, des réservoirs de gaz ou de pétrole, voire dans le fond des océans, où il serait stocké, du moins en théorie, durant une longue période⁴⁵.

À l'origine, le CSC n'a pas été conçu pour lutter contre les changements climatiques, mais à titre de technique de récupération assistée du pétrole (RAP). L'injection sous pression de CO₂ dans les réservoirs naturels afin d'accroître le volume de pétrole récupéré est utilisée depuis plus de 40 ans, notamment aux États-Unis où elle a été mise au point pour stimuler la production nationale de pétrole. Un récent rapport préparé par le service de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) responsable du CSC définit la « RAP+ avancée » (« EOR+ Advanced » en anglais) comme un moyen « de mener parallèlement deux activités commerciales », soit la récupération du pétrole et le stockage du CO₂ à des fins lucratives.⁴⁶



*La centrale à charbon du comté de Kemper, promue comme la première installation américaine de « charbon propre ». Le projet a été abandonné en juin 2017 et ses promoteurs font actuellement l'objet d'une enquête pour fraude.
Photo (cc) Wikipedia*

Cependant, ce rapport de l'AIE souligne qu'il est nécessaire que les gouvernements créent « un cadre politique comprenant plusieurs outils économiques complémentaires », incluant des incitations fiscales, afin que le CSC devienne économiquement rentable⁴⁷. Le procédé de CSC est coûteux et pose certains défis techniques (notamment les étapes de captage et de compression du CO₂, qui représentent jusqu'à 90 % des coûts totaux du CSC)⁴⁸.

Cependant, le couplage du CSC et de la RAP affaiblit le potentiel (même théorique) de ce tandem à titre de solution contre les changements climatiques. En effet, la seule centrale électrique (fonctionnant au charbon) des États-Unis à être dotée d'un système de CSC est celle du projet Petra Nova au Texas. Tout le carbone capté à partir de cette centrale électrique est transporté par gazoduc sur 132 kilomètres jusqu'à un champ pétrolifère où il est utilisé pour la RAP⁴⁹. Rien ne permet toutefois de savoir si le CO₂ injecté restera stocké de manière sécuritaire et pour combien de temps. Les fuites et le dégazage vers l'atmosphère sont considérés comme les risques les plus importants⁵⁰.

Variations sur le thème du CSC (CSC+)

Captage, utilisation et stockage du carbone (CUSC)

Le captage, l'utilisation et le stockage du carbone est une technique qui cherche à augmenter la rentabilité du CSC et à le dissocier de la RAP. Le CUSC implique la marchandisation du CO₂ capté, qui pourrait servir de matière première industrielle pour être « stocké » de manière efficace dans les produits fabriqués, bien que les possibilités envisagées demeurent largement spéculatives. L'une d'elles consiste à alimenter des algues à partir du CO₂ capté afin de produire des biocarburants (qui [re]mettront ce gaz en circulation dans l'atmosphère lors de sa combustion)⁵¹. Une autre proposition consiste à faire réagir le gaz capté avec des minéraux à base de calcium pour produire du ciment. Le bilan énergétique net de ces procédés soulève toutefois des questions lorsque la totalité des coûts énergétique de fabrication est prise en compte. Du reste, certaines considérations quant à la fin de vie utile des produits fabriqués et des biocarburants demeurent sans réponse — ce qui signifie qu'ils peuvent engendrer une hausse nette des émissions de GES.

Bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECSC)

Cette technique consiste à capter et à stocker le CO₂ émis lors de l'utilisation de biomasse. Puisqu'elle se sert de combustibles fabriqués à partir de plantes et que celles-ci⁵¹ sont considérées comme « carboneutres », la BECSC est présentée en grande pompe comme une technique ayant un « bilan carbone négatif ». (Les plantes, qui « captent » et « stockent » du carbone au cours de leur croissance, sont utilisées pour produire du carburant dont les émissions carbonées sont, à leur tour, captées et stockées par les plantes.) Les climatologues dénoncent les attentes irréalistes envers la BECSC, qui de façon compréhensible, représente aux yeux des décideurs politiques la technique à « bilan carbone négatif » rêvée. Par exemple, « presque tous les scénarios considérés par le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) qui ont de bonnes chances de maintenir la hausse de la température en dessous de 2 °C supposent que le déploiement à vaste échelle de techniques à bilan carbone négatif est réalisable et économiquement viable⁵² ». D'autres intervenants soulignent que les cultures énergétiques nécessitent une réaffectation de l'utilisation des terres qui délogera les cultures alimentaires, les pâturages, les forêts et les populations humaines⁵³, et que la BECSC ne sera en mesure de maintenir la hausse de la température de la planète en dessous de 2 °C qu'à la condition d'utiliser entre 500 millions et 6 milliards d'hectares de terres⁵⁴. (Voir l'étude de cas I présentée au chapitre 3.)

Afforestation

Les forêts procurent une variété de bénéfices (par ex., aliments, habitats, modes de subsistance), en plus de constituer des puits de carbone in situ. L'afforestation, toutefois, réfère à la plantation d'arbres sur des terres qui n'étaient pas boisées⁵⁵. En raison de sa capacité à fixer le carbone, certains considèrent qu'il s'agit d'une technique d'ADC — l'une des trois catégories de techniques de géoingénierie⁵⁶. L'afforestation est promue par les gouvernements et le secteur privé comme un moyen hautement sécuritaire et économiquement rentable de fixer du carbone. Toutefois, les « forêts plantées », comme les appelle l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)⁵⁷, ne procurent pas les bénéfices des forêts naturelles.



Les plantations d'eucalyptus, qui détruisent les écosystèmes, seraient un élément clé des stratégies de BECSC de mitigation climatique.

Photo (cc) Chris Lang

Implantées sur de vastes superficies et constituées de conifères ou d'espèces à feuilles persistantes à croissance rapide souvent exotiques tels que le palmier, le pin ou l'eucalyptus, les monocultures exigent d'importantes quantités d'eau et peuvent souvent mener à la création de « déserts verts », en plus de dégrader les sols. Les espèces d'arbres invasives peuvent se propager aux régions avoisinantes, où les espèces indigènes risquent de ne pas supporter la compétition. Les infestations de ravageurs, les sécheresses et les tempêtes, qui sont par ailleurs exacerbées par les changements climatiques, peuvent affecter la capacité de fixation du carbone des forêts naturelles comme des plantations. Au cours des dernières années, des pays pourvus de monocultures d'arbres extensives tels que le Chili, le Portugal⁵⁸ et l'Afrique du Sud⁵⁹ ont été frappés par des incendies dévastateurs.

Ceux qui promeuvent les plantations d'arbres affirment que celles-ci permettent de faire bon usage des terres « marginales »⁶⁰, mais les terres dites marginales sont souvent utilisées par des communautés qui y cultivent des aliments et y font paître leur bétail. Même à titre de sources d'emplois, les plantations d'arbres déçoivent en raison des piètres conditions de travail et de l'utilisation intensive de pesticides et de fertilisants. L'expansion des monocultures d'arbres est liée à l'augmentation de la pauvreté⁶¹, et nombre de communautés et de peuples autochtones ont été déplacés, se sont vu restreindre l'accès à la terre et ont subi des violences.

Captage direct dans l'air (CDA)

Encore à l'étape conceptuelle, le captage direct dans l'air est une technique par laquelle le CO₂ et les autres GES sont captés directement dans l'atmosphère après leur émission. Certains prototypes de CDA utilisent d'énormes ventilateurs afin de faire circuler l'air ambiant à travers un filtre qui contient un absorbant chimique capable de concentrer le gaz de manière à pouvoir le stocker, comme le fait le CSC. D'ailleurs, comme c'est le cas pour cette dernière méthode, l'industrie des carburants fossiles s'intéresse au CDA parce que le CO₂ capté peut être employé pour la RAP, notamment là où l'accès local au CO₂ commercial est limité. Les systèmes de CDA ne sont actuellement pas commercialement viables, car cette technique ne peut capter que de faibles concentrations de CO₂, en plus d'exiger de grandes quantités d'énergie, bien que certains considèrent que ces systèmes pourraient être approvisionnés par des centrales nucléaires⁶². Une installation de démonstration appartenant à l'entreprise Climeworks a été installée près de Zurich⁶³. Cette entreprise entend vendre le CO₂ capté à des clients du secteur des aliments et des boissons et du secteur énergétique.

Altération accélérée (milieu terrestre)

Pour cette technique, de l'olivine (silicate de magnésium et de fer), qui provient de mines et absorbe naturellement le CO₂, est finement pulvérisée et épandue sur le sol afin de contrôler la concentration de CO₂ atmosphérique⁶⁴. L'olivine pulvérisée pourrait simplement être épandue sur les plages où en théorie, l'action des vagues la disperserait et provoquerait son altération. La quantité de poudre d'olivine qui serait absorbée par les organismes vivants est toutefois inconnue, tout comme le sont les effets d'un épandage à grande échelle sur les écosystèmes marins, dulcicoles et terrestres. Les importants travaux miniers nécessaires à l'extraction de l'olivine exacerberaient les effets déjà désastreux de cette industrie sur les écosystèmes et les populations locales. Les effets chimiques de l'addition de ce minéral à d'autres écosystèmes sont également inconnus.

Biocharbon

Le biocharbon est du charbon obtenu à partir de la combustion de biomasse qui est ensuite enfoui dans le sol afin d'y stocker le carbone qu'il contient. Les promoteurs du biocharbon aiment rappeler la longue histoire et les vertus écologiques des terres noires (*terra preta do índio*) retrouvées en Amazonie, que des communautés autochtones ont créées en enfouissant du charbon et d'autres formes de matière organique dans le but d'augmenter la fertilité des sols. Cependant, la capacité du biocharbon à augmenter la productivité des cultures n'a pas été démontrée de manière convaincante dans le cadre d'une utilisation contemporaine. Certains proposent d'utiliser les déchets municipaux comme source de biocharbon, mais pour avoir un effet tangible sur l'atténuation des changements climatiques, la production industrielle de biocharbon nécessiterait des plantations pour générer une quantité de biomasse suffisante. Dans la publication révisée par les pairs portant sur les premiers tests menés sur le terrain avec le biocharbon, les chercheurs ont été surpris de constater que les sols amendés au biocharbon séquestraient moins de carbone que les autres sols — en fait, l'addition de carbone avait stimulé la production de CO₂ par les microorganismes⁶⁵.

Amélioration de la photosynthèse

Cette technique entend modifier génétiquement des plants de riz afin qu'ils expriment les propriétés des voies photosynthétiques « plus efficaces » de plantes telles que le maïs et la canne à sucre. Le riz est considéré comme une plante « C3 » en raison de la structure de la molécule intermédiaire impliquée dans la conversion du CO₂ en glucides; si, toutefois, le riz est transformé en une plante « C4 », il est attendu qu'il fixe le carbone plus rapidement, ce qui permettrait une utilisation plus efficace de l'eau et de l'azote, de même qu'une meilleure capacité d'adaptation aux climats chauds et secs. En 2008, le C4 Rice Project, auquel s'est ensuite associé le projet européen 3to4, a bénéficié d'une subvention initiale de 11 millions de dollars de la part de la Fondation Bill et Melinda Gates. Certains critiques demandent toutefois s'il est prudent de miser sur le riz en période de pénurie d'eau, car ils entrevoient un haut risque d'échec — il est en effet attendu que la première culture de riz C4 ne sera pas viable avant une dizaine d'années⁶⁶.

Cultures à albédo élevé

Des chercheurs proposent de modifier génétiquement les cultures poussant dans les principales régions agricoles afin de rendre leurs feuilles plus réfléchives⁶⁷. Les effets d'une telle modification sur la teneur en éléments nutritifs et la capacité photosynthétique des plantes ou sur le sol avoisinant sont peu connus. Ces plantes génétiquement modifiées pourraient en outre transmettre leur caractère « réfléchissant » à leur descendance, avec des conséquences inconnues⁶⁸.

Blanchiment : modification de l'albédo de la surface terrestre

- Recouvrir les déserts : Il y a plus de dix ans, l'entrepreneur Alvia Gaskill conçut un plan pour recouvrir une importante surface des déserts du monde avec des feuilles de polyéthylène blanc afin de réfléchir les rayons du soleil et d'ainsi réduire la température à la surface de la planète⁶⁹. Des plantes, des animaux et des humains vivent dans les déserts, et il est difficile d'imaginer ceux-ci poursuivre leur vie dans un écosystème recouvert de plastique. Abaisser la température des déserts peut également induire des changements inattendus. Comme de nombreux géoingénieurs, Gaskill suggère de donner des proportions locales à ce type de projets dans l'éventualité où ceux-ci devaient affronter trop de défis politiques, écologiques ou météorologiques (par exemple, si les feuilles de plastique devaient être laissées en place durant des centaines d'années). Toutefois, de tels projets d'envergure locale n'auraient qu'un effet minime sur le climat, et ne justifieraient conséquemment pas les investissements nécessaires ni les inconvénients qu'ils engendreraient.
- Recouvrir le manteau neigeux et les glaciers : Comme pour les déserts, des emballages (probablement un film de nanoparticules ou de petites billes de verre) protégeraient le paysage enneigé arctique en agissant comme un « bandage réfléchissant » qui isolerait le manteau neigeux et les glaciers qui fondent rapidement⁷⁰.

Leslie Field, une ingénieure rattachée à l'Université de Californie à Berkeley ayant auparavant travaillé pour Chevron et Hewlett Packard, a mené ce genre d'expérience au Canada et en Californie à l'aide de différents matériaux, dont des sacs à déchets ordinaires faits de plastique. Elle a de plus créé une plateforme de sociofinancement afin d'agrandir le projet⁷¹. Toutefois, les effets négatifs potentiels — incluant ceux qui affectent les conditions météorologiques, la température de l'eau et la biodiversité — ne semblent pas avoir été pris en compte.

- Peindre en blanc les toitures, les revêtements de sol et le sommet des montagnes : En 2010, la Banque mondiale a remis en grande pompe une petite bourse de recherche au gagnant du concours « 100 idées pour sauver la planète » afin qu'il puisse peindre le sommet d'une montagne péruvienne en blanc⁷². Du côté des universitaires, Hashem Akbari, un ingénieur civil rattaché à l'Université Concordia située à Montréal, a promu l'idée que des subventions gouvernementales soient octroyées afin de peindre en blanc les toitures et les tarmacs des aéroports⁷³. Si peindre en blanc les toitures peut avoir certains effets locaux, peindre des sommets de montagnes pourrait affecter les écosystèmes fragiles, la faune et la flore — il est toutefois peu probable que ce genre de projets se concrétise.
- Abattage complet de la forêt boréale : Une autre idée, elle aussi inspirée de modèles d'ingénierie, consiste à abattre les parties de forêt boréale encore debout sur la planète (principalement retrouvée en Russie et au Canada) afin d'augmenter la réflectance du sol. Des études menées par l'école de foresterie de l'Université Yale et partiellement financées par le département de l'Énergie des États-Unis ont rapporté des refroidissements au moins locaux, mais ces « déserts blancs » sont susceptibles de réduire à néant la productivité de l'écosystème subarctique, ce qui pourrait affecter le caribou, les oiseaux migrateurs et d'autres animaux, de même que les plantes et les populations humaines qui dépendent de cette faune et de cette flore⁷⁴. Les promoteurs de cette idée admettent que plusieurs difficultés subsistent. Cependant, les entreprises forestières pourraient y voir une chance unique (quoiqu'ultime)⁷⁵.

Mer : techniques de géoingénierie qui ciblent les écosystèmes océaniques

Fertilisation des océans

Il serait théoriquement possible de « séquestrer » du CO₂ dans l'océan, qui constitue déjà le plus important réservoir de carbone sur la planète. La fertilisation des océans consiste à déverser du fer ou d'autres nutriments (par ex., de l'urée) dans l'eau des océans afin de stimuler la croissance du phytoplancton dans les zones où la production photosynthétique est faible. De la sorte, le nouveau phytoplancton soutiendra du CO₂ de l'atmosphère et le fixera, puis, lorsqu'il mourra, le carbone ainsi assimilé à leur biomasse sera « séquestré » au fond des océans. Des études scientifiques ont cependant démontré que la majeure partie de ce carbone est réémis vers l'atmosphère par la respiration des différents maillons de la chaîne alimentaire. De plus, la prolifération excessive de phytoplancton (un phénomène appelé « efflorescence algale ») peut perturber le réseau alimentaire marin et se révéler toxique⁷⁶. Par ailleurs, l'ajout de fer ou d'urée peut causer un déséquilibre des concentrations de minéraux et de nutriments au sein d'un océan déjà malade et acidifié. (Voir les études de cas III et IV présentées au chapitre 3.)

Altération accélérée (milieu océanique)

Semblable au traitement à la chaux des terres agricoles acides, cette technique consiste à ajouter des carbonates à l'océan afin d'accroître son alcalinité et conséquemment sa capacité à absorber le CO₂ comme le prévoit la théorie. Le taux de dissolution de ces sels minéraux ainsi que les coûts qu'impliquent leur récolte et leur épandage en quantité suffisante pour engendrer un effet constituent d'importantes préoccupations d'ordre pratique, sans compter leur effet sur le très complexe écosystème marin⁷⁷. En outre, la demande accrue pour ces sels minéraux se traduirait par une recrudescence des activités minières⁷⁸, ce qui causerait des effets néfastes sur les écosystèmes terrestres et la biodiversité qui, ultimement, se répercuteraient sur le climat.



*La prolifération d'algues est proposée comme technologie d'élimination du dioxyde de carbone car elle augmente l'absorption de carbone dans les océans.
Photo (cc) NOAA Great Lakes Environmental Research Laboratory.*

Brassage artificiel

Cette proposition repose sur la possibilité de mettre au point une technique permettant de faire remonter, à l'aide d'une pompe, des eaux froides riches en nutriments des profondeurs océaniques vers la surface. De cette manière, il est théoriquement prévu de stimuler l'activité phytoplanctonique et le captage de CO₂, comme avec la fertilisation des océans. Elle partage d'ailleurs plusieurs des problèmes associés à cette dernière, incluant la perturbation de la chaîne alimentaire et une efficacité incertaine à long terme. Du reste, toujours à l'instar de la fertilisation des océans, elle présume erronément que le brassage artificiel de la colonne d'eau est comparable à la version naturelle de ce phénomène complexe. Sans compter que, de manière plutôt ironique, cette méthode peut également faire remonter des profondeurs du CO₂ déjà « séquestré » sous la forme de créatures marines mortes ou vivantes, lui permettant de s'échapper vers l'atmosphère. Enfin, les changements de température de l'eau peuvent influencer les conditions météorologiques⁷⁹.

Séquestration permanente de résidus agricoles dans les océans

Reposant sur une base théorique simpliste, cette méthode consiste à jeter des troncs d'arbres ou toute autre forme de biomasse (des résidus agricoles, par exemple) dans l'océan dans l'espoir qu'ils coulent au fond et y restent, ce qui permettrait en théorie de « séquestrer » le carbone qu'ils contiennent dans les profondeurs océaniques⁸⁰. Il est toutefois possible que la biomasse immergée soit dégradée par les organismes marins et que le carbone soit ainsi [ré]émis vers l'atmosphère. Il existe également certaines préoccupations quant aux effets inconnus de cette pratique sur les écosystèmes marins, et aux impacts liés à l'approvisionnement et au transport de quantités suffisantes de biomasse.

Microbulles et écume marine

Un autre physicien en géoingénierie, Russell Seitz de l'Université Harvard, s'est fait remarquer⁸¹ pour ses propositions sur l'albédo des « eaux brillantes ». Seitz croit que le moyen de refroidir la planète réside dans les bulles : produire des microbulles dans les océans permettrait, du moins en théorie, d'augmenter la réflectance de leur surface par un épaississement de la couche d'écume marine naturelle⁸². D'autres suggestions similaires concernent l'utilisation d'agents chimiques moussants dont la flottaison serait assurée par du latex ou d'autres matériaux, qui seraient épandus à la surface des océans ou d'autres vastes plans d'eau de la planète. Certains critiques soulignent que le déploiement d'une telle technique à une échelle suffisante pour influencer le climat pourrait contribuer à l'acidification des océans, en plus de perturber l'ensemble des organismes océaniques et dulcicoles — du phytoplancton aux dauphins — qui dépendent de la lumière⁸³. Elle réduirait également la quantité d'oxygène présente dans les couches supérieures des eaux océaniques, là où vivent la plupart des poissons et des autres espèces vivantes. Seitz a lancé une entreprise en démarrage qui se spécialise dans la fabrication de microbulles, et les discussions portant sur cette technique se sont davantage attardées aux aspects techniques (par ex., comment générer les bulles et les faire durer plus longtemps, comparer le latex et le polystyrène) qu'aux implications biologiques ou systémiques.

Modification à l'échelle mondiale des flux de chaleur

Les courants océaniques tels que celui de Humboldt ou du Golfe sont en train de changer — devenant plus froids à cause de la fonte des glaciers, ou plus chauds à cause du réchauffement climatique. C'est pourquoi les ingénieurs, en particulier, s'intéressent à la modification intentionnelle des courants océaniques, du cours des fleuves et des rivières, ou des eaux provenant de la fonte des glaciers afin de refroidir la température de la Terre. À l'aide de moyens mécaniques permettant les échanges de chaleur, le pompage d'importants volumes d'eau océanique ou l'inversion des cours d'eau à l'aide de barrages, il s'agit de refaçonner la Terre d'une manière encore plus radicale et irréversible que ne l'ont fait les humains jusqu'à présent. De nombreux projets de ce type attirent actuellement l'attention. À titre d'exemple, deux ingénieurs mécaniques rattachés à l'Université de l'Alberta au Canada ont examiné plusieurs propositions de techniques permettant de modifier la plongée des eaux océaniques, pour ensuite conclure que « la formation d'une couche de glace plus épaisse en pompant de l'eau de mer sur la surface de la couche de glace est la moins coûteuse des méthodes répertoriées pour améliorer la plongée des eaux dans les océans⁸⁴ ». Ces ingénieurs se sont penchés sur le type de moteurs requis, le carburant alimentant ces moteurs, les quantités de carbone et de glace, de même que sur différentes méthodes mécaniques; ils n'ont toutefois pas examiné sérieusement les effets sur les conditions météorologiques, les écosystèmes, la survie des espèces, les pêcheries et les terres émergées (continents, îles). Cependant, ils admettent eux-mêmes qu'« il y a très peu de chances que la modification des courants plongeants d'eau océanique devienne un jour un moyen compétitif de séquestrer du carbone dans les profondeurs océaniques », mais que cette technique « pourrait trouver des usages futurs pour modifier le climat⁸⁵ ».

Air : techniques de géoingénierie qui ciblent l'atmosphère

Injection d'aérosols stratosphériques (IAS)

La technique de GRS qui prédomine, l'IAS, implique la libération, à l'aide de canons ou d'avions, de particules de produits chimiques inorganiques comme du dioxyde de soufre dans les couches supérieures de l'atmosphère. Ces particules agissent comme une barrière réfléchissante qui réduit la quantité de rayonnement solaire atteignant la surface de la Terre. L'injection de sels sulfatés est la méthode qui jouit de la plus grande attention, mais elle comporte encore beaucoup d'effets inconnus, incluant la possibilité d'appauvrir la couche d'ozone et d'induire d'importants changements dans le régime météorologique. (Voir les études de cas VI et VII présentées au chapitre 3.)

Blanchiment des nuages marins (BNM) ou augmentation du couvert nuageux

Les techniques d'ensemencement des nuages, telles que la pulvérisation de produits chimiques comme l'iode d'argent dans les nuages, sont employées depuis des décennies, à tout le moins par les États-Unis et la Chine, pour tenter d'augmenter les précipitations — même si l'incertitude persiste quant à l'efficacité réelle de cette méthode pour modifier les conditions météorologiques. Manipuler la couverture nuageuse afin d'augmenter la quantité de rayonnement solaire réfléchi vers l'espace constitue une nouvelle technique de GRS. Ses promoteurs cherchent à créer des nuages plus blancs en favorisant la formation de noyaux de condensation nuageuse (soit de petites particules à partir desquelles se forment les nuages) par l'injection de particules (des bactéries ou du sel provenant de gouttelettes d'eau de mer) dans l'atmosphère. L'une des méthodes les plus connues pour augmenter le couvert nuageux consiste à pulvériser de l'eau de mer au sein des nuages marins à partir de la terre ferme ou d'une flotte constituée de plusieurs milliers de petits bateaux-robots⁸⁶. Cependant, à l'instar de toutes les techniques de GRS, le BNM aura un impact sur les régimes météorologiques — des nuages plus denses ne rendront pas nécessairement plus prévisible le régime de précipitations —, de même que sur les organismes qui vivent dans les écosystèmes côtiers et marins.



L'éclaircissement des nuages marins consiste à pulvériser des gouttelettes d'eau de mer pour créer des « nuages plus blancs » qui réfléchiront davantage de lumière solaire dans l'espace. Photo (cc) NASA

Du reste, qui décidera de l'endroit où positionner ces nuages, ce qui aura potentiellement des conséquences sur la distribution des sécheresses ou des inondations? (Voir l'étude de cas VIII présentée au chapitre 3.)

Amincissement des cirrus

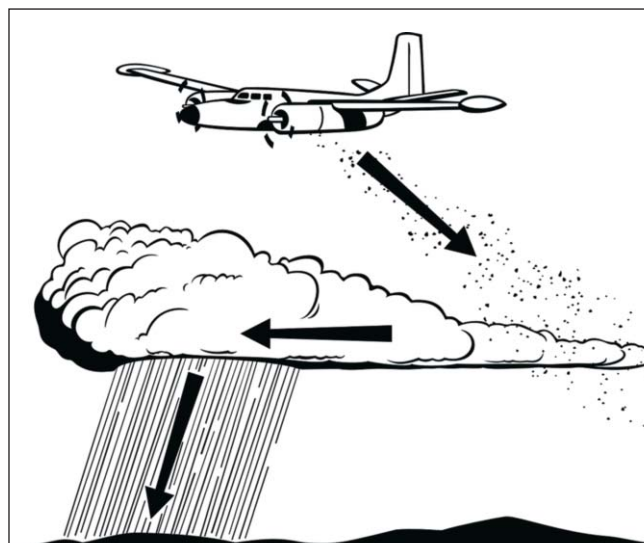
Contrairement au BNM, cette technique faisant partie de la famille de la GRS ne cherche pas à accroître la densité ou la quantité de nuages afin d'augmenter la réflectance du couvert nuageux. Elle vise plutôt à amincir les cirrus, ces nuages filamenteux et allongés retrouvés en haute altitude. Selon les chercheurs Ulrike Lohmann et Blaž Gasparini rattachés à l'École polytechnique fédérale de Zurich, la dissipation de ces nuages permet à davantage de chaleur de s'échapper vers l'espace et d'ainsi refroidir la planète⁸⁷. Ces chercheurs admettent que les particules qu'il est prévu d'épandre dans les nuages en haute altitude pour servir de noyaux glaçogènes pourraient engendrer l'effet inverse (c.-à-d. qu'elles pourraient rendre les nuages plus denses, faisant ainsi en sorte d'emprisonner davantage de chaleur). Dans un article publié dans le *Journal of Geophysical Research: Atmosphere*, d'autres chercheurs soulignent que l'amincissement des cirrus risque d'engendrer des effets secondaires imprévisibles⁸⁸.

Modification et suppression des tempêtes

Les tentatives de modifier les événements météorologiques extrêmes se traduisent également par des efforts visant à dévier la trajectoire ou à supprimer les tempêtes telles que les ouragans et les typhons. Cela implique notamment de modifier la surface et la température des océans à l'aide de pellicules de nanomatériaux qui retarderaient la convection de chaleur, ou de tenter de changer la composition des nuages. La modification des tempêtes vise à dévier celles-ci ou à réduire leur intensité. Cependant, divers aspects géopolitiques — dont l'existence de la Convention ENMOD, qui interdit les modifications des conditions météorologiques à des fins hostiles — et la difficulté de déterminer avec certitude les résultats de ce genre d'intervention font en sorte que les recherches sont menées avec une certaine discrétion (voir le chapitre 1). Bien que ce domaine de recherche soit controversé, il laisse miroiter d'énormes profits potentiels⁸⁹. Intellectual Ventures, qui compte Bill Gates parmi ses investisseurs, a déposé quelques brevets rattachés à des techniques de modification des tempêtes⁹⁰.

Pare-soleils spatiaux

Cette proposition, sur laquelle travaillent la NASA et le MIT, prévoit de disperser des milliards de petits engins spatiaux volant librement à 1,6 million de kilomètres au-dessus de la planète afin de former une nuée de forme cylindrique. En théorie, un « nuage » d'environ 96 560 km de long constituerait 10 % de la dose de rayonnement solaire actuellement reçue par la planète vers l'espace. Toutefois, la conception, la fabrication, l'opération et le suivi des engins spatiaux envisagés représentent un défi pour le moins colossal. Ces pare-soleils spatiaux réduiraient littéralement l'intensité du rayonnement solaire. Bien qu'il soit difficile de considérer cette technique avec sérieux, son inventeur, l'astronome nobélisé Roger Angel, propose également de recourir, de manière similaire, à des miroirs spatiaux (voir ci-dessous). Mieux connu pour avoir révolutionné les télescopes à miroir, Angel travaille également à l'amélioration du captage de l'énergie solaire à l'aide de télescopes spatiaux⁹¹.



L'ensemencement des nuages est un type de modification du climat qui consiste à injecter de petites particules dans le ciel pour augmenter les précipitations

Miroirs spatiaux

Une fois positionnés au bon endroit entre la Terre et le Soleil, des miroirs spatiaux pourraient bloquer entre 1 et 2 % du rayonnement solaire reçu par la Terre pour ainsi la refroidir substantiellement. Initialement lancée par Lowell Wood du Lawrence Livermore National Laboratory au début des années 2000, cette idée a inspiré les graphistes. Cependant, même les simulations informatiques d'un monde protégé par des miroirs spatiaux suggèrent des résultats mitigés⁹². Même refroidie, la planète n'échapperait pas à la hausse du niveau des océans alors que les pôles continueraient de fondre; la moitié de celle-ci pourrait également subir une augmentation des sécheresses. Par ailleurs, les effets sur la biodiversité ainsi que la santé humaine et animale dans le contexte d'une planète ainsi ombragée n'ont fait l'objet d'aucune analyse. Bien qu'étant extrêmement coûteux et encore aujourd'hui techniquement infaisable, ce genre de projet suscite un intérêt enthousiaste chez les médias⁹³.

Études de cas

Étude de cas I : bioénergie avec captage et stockage du carbone

De toutes les techniques d'absorption du dioxyde de carbone (ADC) actuellement proposées, c'est la bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECSC) qui retient le plus l'attention — autant à titre de mesure d'atténuation des changements climatiques que de technique à « émissions négatives »⁹⁴.

La BECSC incarne le rêve des décideurs en matière de politiques climatiques : presque tous les scénarios plausibles envisageant de maintenir l'augmentation de la température moyenne terrestre en deçà de 2 °C considérés par le GIEC dans son plus récent rapport d'évaluation supposent que, quelque part au milieu du 21^e siècle, une technique à « émissions négatives » deviendra réalisable et économiquement viable, et pourra être déployée à grande échelle (voir ci-dessous)⁹⁵.

Malheureusement, la BECSC demeure actuellement une idée ambitieuse, et a peu de chances d'être techniquement ou économiquement réalisable. Par ailleurs, en raison de suppositions erronées quant à l'empreinte carbone des processus bioénergétiques, la BECSC pourrait ne jamais être en mesure de réduire efficacement la concentration de GES dans l'atmosphère. En fait, le recours à la BECSC à très grande échelle empirerait le chaos climatique⁹⁶.

La BECSC implique d'abord de produire de la bioénergie — qu'il s'agisse, par exemple, de produire de l'éthanol-maïs ou de brûler du bois ou un mélange de charbon et de bois — pour générer de l'électricité et de la chaleur.

Les émissions de GES découlant de cette production sont captées et compressées pour être transformées en un liquide qui est ensuite injecté dans des réservoirs géologiques souterrains ou dans des puits de pétrole taris. L'injection de CO₂ pressurisé dans les réservoirs de pétrole afin d'accroître la production pétrolière se pratique depuis les années 1970. Un récent rapport de

l'Agence internationale de l'énergie décrit la « RAP+ avancée » comme un moyen « de mener parallèlement deux activités commerciales », soit la récupération du pétrole et le stockage du carbone à des fins lucratives⁹⁷. (Voir le chapitre 2.)

La bonne réputation dont jouit la BECSC auprès du GIEC repose sur deux suppositions erronées : 1) la production de bioénergie est « carboneutre », car ses émissions de CO₂, d'origine végétale, sont en quelque sorte compensées par la photosynthèse; et 2) le

CO₂ émis par la production de bioénergie étant capté et stocké sous terre, l'absorption de CO₂ par les nouvelles plantes ne compense pas seulement ces émissions, mais constitue plutôt un captage *additionnel* de carbone. En d'autres termes, la production de bioénergie (déjà présumée « carboneutre ») *couplée* au stockage du carbone constitue une technique à « émissions négatives ».

L'affirmation selon laquelle la production de bioénergie est carboneutre est débattue depuis plus de dix ans. Un important nombre de publications révisées par les pairs indiquent que plusieurs, voire la majorité des processus de production de bioénergie produisent plus d'émissions de CO₂ que la combustion des combustibles fossiles auxquels ils se substituent⁹⁸.

La BECSC a peu de chances d'être techniquement ou économiquement réalisable. Par ailleurs, en raison de suppositions erronées quant à l'empreinte carbone des processus bioénergétiques, la BECSC pourrait ne jamais être en mesure de réduire efficacement la concentration de GES dans l'atmosphère. En fait, le recours à la BECSC à très grande échelle empirerait le chaos climatique.

Cela est dû aux émissions générées par la conversion des terres en plantations énergétiques qui, du reste, engendre parfois le remplacement de productions alimentaires, d'autres usages des terres ou d'écosystèmes riches en biodiversité; à la dégradation ou à la surexploitation des forêts; à un usage accru de fertilisants et de produits agrochimiques; de même qu'à des émissions supplémentaires engendrées par la perturbation du sol, de même que la récolte et le transport de biomasse.

En principe, la BECSC créerait un important puits de carbone qui viendrait s'ajouter aux puits naturels tels que les océans, les sols et les arbres. Maintenir ces derniers puits, qui ont démontré leur efficacité au cours de l'histoire, va évidemment de soi. Cependant, la BECSC engendre une importante demande supplémentaire en biomasse, ce qui ne peut que contribuer à la dégradation des puits naturels.

Les défenseurs de la BECSC ont par ailleurs confiance en l'efficacité et la fiabilité du stockage du CO₂ dans les formations géologiques, les vieux réservoirs de pétrole et de gaz ou les profonds aquifères salins. Il existe toutefois peu de preuves concrètes sur lesquelles baser cette confiance. Capturer et stocker du carbone à partir de la production de bioénergie est techniquement analogue aux méthodes de CSC qu'appliquent actuellement une poignée de centrales thermiques. En voici quelques exemples :

- Cenovus Energy a entrepris d'injecter du CO₂ produit à partir d'une usine de gazéification qui convertit le charbon en hydrocarbures liquides dans le champ pétrolifère de Weyburn en Saskatchewan⁹⁹. Les résidents des alentours commencèrent toutefois à s'inquiéter après avoir constaté la mort inexplicable d'animaux de ferme et la présence de bulles et d'un film huileux à la surface d'étangs situés sur leurs terrains¹⁰⁰. Des années plus tard, le mystère persiste alors qu'une série d'études contradictoires démontrent autant qu'elles réfutent l'existence de fuites¹⁰¹.
- Mené conjointement par ExxonMobil, Statoil et Total, le projet Sleipner situé en mer du Nord procède depuis 1996 à l'injection de CO₂, à raison d'un maximum d'un million de tonnes par année. Ce CO₂ provient d'une usine de traitement de gaz naturel dans la formation d'Utsira, un aquifère salin situé dans le sous-sol marin¹⁰².

Or, il a été rapporté que de l'eau huileuse, des fissures et d'autres dommages inexplicables dans la formation géologique¹⁰³, de même qu'une fuite de pétrole et un déplacement imprévu de CO₂ au sein de la formation ont été observés¹⁰⁴. À ces observations s'ajoute la constatation d'importantes différences entre la quantité de CO₂ injectée et celle mesurée lors des relevés sismiques¹⁰⁵.

- In Salah est un projet basé en Algérie qui a été mené conjointement par BP, Statoil et Sonatrach. Entre 2004 et 2011, du CO₂ issu de la production de gaz fut injecté dans trois puits. Or, une étude sismique a révélé que cette activité avait réactivé une zone de fractures profonde¹⁰⁶, et causé une fuite de CO₂ à proximité de la tête de l'un des puits¹⁰⁷.

Qu'elles surviennent en petites quantités sur une longue période ou de manière abrupte et potentiellement catastrophique, les fuites de CO₂ risquent d'annuler tout gain potentiel de « séquestration ». Or, de telles fuites sont difficiles à éviter. Aux États-Unis, plus de trois millions d'anciens puits de pétrole ou de gaz ont été abandonnés ou n'ont pas été scellés¹⁰⁸, et plusieurs de ceux-ci pénètrent les formations profondes actuellement utilisées ou convoitées pour le CSC¹⁰⁹. En résumé, le manque de données fiables sur l'injection de CO₂ (en partie dû à la tendance qu'a l'industrie à contester ou à cacher les résultats qui lui sont défavorables) rend ardue toute évaluation de sécurité. Toutefois, il semble peu probable que le stockage géologique du CO₂ soit un jour considéré comme une technique fiable. Du reste, il serait nécessaire de procéder à la détection de fuites pendant des décennies, voire des siècles.

Il n'existe actuellement qu'un seul projet de BECSC dans le monde; il s'agit de la raffinerie d'éthanol de Decatur, propriété d'ADM¹¹⁰. Le CO₂ qui y est produit par fermentation du maïs est injecté dans la formation de grès de Mount Simon située à proximité. Il s'agit essentiellement d'une « démonstration de faisabilité » financée par le département de l'Énergie des États-Unis, ce dernier affirmant par ailleurs qu'il s'agit d'un projet dont « l'empreinte carbone est négative ». Mais en réalité, considérant que la raffinerie d'éthanol fonctionne aux combustibles fossiles et que le maïs constitue une culture exigeant d'énormes intrants énergétiques, il est prématuré de qualifier le projet de « réussite »¹¹¹.

Capter le CO₂ généré à partir de la fermentation est moins coûteux et moins complexe que de le faire à partir d'autres procédés. Quelques raffineries d'éthanol captent ainsi le CO₂ pour le vendre à l'industrie pétrolière, où il est grandement convoité pour la RAP¹¹². (Voir la section sur le CSC au chapitre 2.) Injecter du CO₂ concentré dans les puits de pétrole taris fait augmenter la pression interne, ce qui propulse le pétrole résiduel à sa surface. En 2014, le département de l'Énergie des États-Unis prévoyait d'ailleurs que les réserves potentielles aux États-Unis pouvaient atteindre le triple des réserves prouvées¹¹³. En conséquence, le lobbying, les efforts promotionnels de l'industrie et la demande du marché sont exacerbés. Étant donné les coûts élevés engendrés par le CSC, la vente de CO₂ demeure essentielle à la viabilité économique de ce type de projets. Il appert toutefois que l'injection de CO₂ visant à récupérer plus de pétrole n'est pas une technique « respectueuse du climat », et encore moins à « émissions négatives ». En fait, selon les estimations de l'industrie, au moins le tiers du CO₂ injecté pour assister la récupération du pétrole est immédiatement relâché dans l'atmosphère¹¹⁴.

Capter le CO₂ émis par les centrales thermiques au charbon est une entreprise complexe. Cela a été tenté, mais non sans engendrer de grands coûts, et avec un succès limité :

- Le projet Boundary Dam de l'entreprise Saskpower au Canada, qui consiste en une centrale thermique au charbon dotée d'installations permettant de capter du CO₂ destiné à la RAP, compte parmi les premières tentatives en la matière. Initialement acclamé pour avoir « dépassé les attentes »; toutefois, il est par la suite apparu évident que ce projet ne captait qu'une fraction de la quantité prévue de CO₂ alors que le processus en génère une bien plus grande quantité en raison de son fonctionnement énergivore¹¹⁵. Depuis leur mise en service, les installations ont connu plusieurs problèmes techniques et ont nécessité de nombreuses réparations¹¹⁶. En tenant compte du CO₂ fourni aux fins de la RAP, les émissions de cette centrale sont plus importantes que si cette dernière ne captait pas le carbone!

Considérant les ratés du captage du carbone appliqué aux centrales au charbon, et les complications et défis encore plus grands associés aux processus de production de bioénergie (autres que la production d'éthanol par fermentation), il est troublant que le prestigieux GIEC ait fait une place à la BECSC dans son cinquième rapport d'évaluation (RÉ5) publié en 2014.

- À Kemper, dans le Missouri, Southern Energy a obtenu des millions de dollars en subventions et autres soutiens gouvernementaux pour la construction d'une centrale au charbon pourvue d'installations de CSC, et qui a été présentée en grande pompe comme étant la première centrale au « charbon propre » au pays. Au début des travaux de construction en 2006, les coûts prévus du projet étaient de 1,8 milliard de dollars; or, ils ont dépassé la barre des 7,5 milliards de dollars sans toutefois que la centrale devienne opérationnelle. En juin 2017, à la suite d'un refus de la part des législateurs d'autoriser les propriétaires à refiler les coûts aux consommateurs, le projet de brûler du charbon avec CSC fut abandonné, et la centrale fut modifiée afin d'être alimentée au gaz naturel (sans installations de CSC)¹¹⁷. Les promoteurs font actuellement l'objet d'une enquête pour fraude¹¹⁸.

- Située au Texas, Petra Nova est une autre centrale thermique au charbon pourvue d'installations de CSC. Le carbone est capté à la suite de la combustion du charbon, et une centrale thermique supplémentaire alimentée au gaz naturel a été construite à côté de la centrale au charbon aux seules fins du captage du CO₂. Le CO₂ capté est destiné à la RAP, ce qui permet de poursuivre l'utilisation des combustibles fossiles. La centrale a entrepris une phase de test en janvier 2017.

Capter le CO₂ émis par des installations de production de bioénergie telles qu'une centrale à la biomasse ou une centrale au charbon avec cocombustion de biomasse constituerait un défi technologique encore plus grand, et consommerait encore plus d'énergie. Une unité d'électricité produite par une centrale thermique à la biomasse émet jusqu'à 50 % plus de CO₂ qu'une centrale au charbon¹¹⁹. Or, puisque la combustion de biomasse génère des émissions de CO₂ plus importantes, il est nécessaire, en retour, d'utiliser plus d'énergie pour le processus de captage du carbone. À cela s'ajoutent les problèmes associés à l'approvisionnement massif en biomasse.

Considérant les ratés du captage du carbone appliqué aux centrales au charbon, de même que les complications et les défis encore plus grands associés aux processus de production de bioénergie (autres que la production d'éthanol par fermentation), il est troublant que le prestigieux GIEC ait fait une place à la BECSC dans son cinquième rapport d'évaluation (RÉ5) publié en 2014¹²⁰. Dans ce dernier rapport, le GIEC s'est servi de « modèles d'évaluation intégrée » pour simuler les trajectoires permettant d'atteindre différentes cibles de stabilisation du climat sous divers scénarios politiques et technologiques. Presque toutes les trajectoires considérées pour stabiliser le climat en fonction de la cible de 2 °C impliquaient l'émission de quantités de CO₂ capables de compromettre l'atteinte de cette cible à court terme, et supposaient que l'excès de CO₂ serait retiré de l'atmosphère d'une manière ou d'une autre plus tard au cours du 21e siècle. C'est ce que décrit le concept de « dépassement »¹²¹. Apparemment, atteindre les cibles de stabilisation sans dépassement après des décennies d'inaction a été considéré trop ambitieux, trop coûteux, voire impossible. Dans le rapport du GIEC, la BECSC est présentée comme le principal moyen de se débarrasser de l'excès de CO₂ plus tard au cours du présent siècle (aux côtés de l'afforestation, bien que le potentiel de cette dernière méthode soit jugé moindre, particulièrement si les forêts sont simultanément coupées pour produire de la bioénergie). Alors que le GIEC affirme être « fortement convaincu » que le déploiement à vaste échelle de la BECSC sera un jour nécessaire, il admet du même souffle que cette technique n'est probablement pas viable, qu'elle comporte de sérieux risques et d'importantes incertitudes, et qu'elle n'a jamais été testée. Il s'agit certes là d'une situation hautement préoccupante, où le problème des concentrations excessives de CO₂ atmosphérique est abandonné à une chimère technologique, et devient un cadeau empoisonné avec lequel les générations futures devront composer.

Le RÉ5 du GIEC ne considère pas la BECSC comme une technique de « géoingénierie », mais plutôt de mitigation. L'un ou l'autre de ces termes implique toutefois de déployer la BECSC à une échelle suffisamment vaste pour qu'elle ait un impact sur l'ensemble de l'atmosphère. Or, un recours aussi important à la production de bioénergie aurait des conséquences désastreuses sur l'utilisation des terres. En 2013, deux scientifiques de l'environnement ont jeté un regard lucide sur la superficie de terres nécessaire pour séquestrer un milliard de tonnes de carbone annuellement — une quantité modeste — à l'aide d'une centrale à la BECSC alimentée au panic érigé¹²². Ils rapportent ainsi qu'entre 218 et 990 millions d'hectares de terres seraient nécessaires à la culture du panic érigé (cette superficie est 14-65 fois plus vaste que celle servant à cultiver le maïs destiné à la production d'éthanol aux États-Unis). De plus, entre 17 et 79 millions de tonnes de fertilisants — soit près de 75 % de la quantité totale de fertilisants azotés actuellement utilisée dans le monde — et entre 1,6 et 7,4 billions de mètres cubes d'eau seraient nécessaires. Ils indiquent en outre que les émissions d'oxyde nitreux provenant uniquement de la production et de l'utilisation de fertilisants annuleraient tout gain du CSC sur le plan du captage des GES. Des études plus récentes estiment pour leur part qu'il faudrait utiliser entre 25 et 80 % des terres cultivables actuellement disponibles dans le monde pour produire la quantité de biomasse nécessaire¹²³.

Procéder à la conversion des terres sur une telle superficie interférerait gravement avec la production alimentaire, épuiserait les réserves d'eau douce, ferait bondir la demande en fertilisants et en pesticides, et causerait une perte de biodiversité, pour ne nommer que ces problèmes¹²⁴. Considérant l'ampleur des défis techniques à relever, il est peu probable que la BECSC soit un jour déployée à une échelle suffisamment vaste pour engendrer une conversion des terres aussi étendue. Néanmoins, les dommages découlant de la légitimation d'un recours massif aux bioénergies et d'un faux sentiment de confiance envers celles-ci pourraient se révéler irréparables.

Étude de cas II : réparer le climat avec des algues?

En raison de leur capacité à capter le CO₂ durant leur croissance, les algues semblent avoir un alléchant potentiel pour la géoingénierie et les techniques à « émissions négatives ». La technique recourant aux algues la plus en vue est la « fertilisation des océans par le fer » (FOF; voir les études de cas III et IV), mais une foule d'autres techniques de géoingénierie — dont l'ADC — ou de mesures de mitigation faisant appel aux algues ont été proposées.

Certains promeuvent l'utilisation de microalgues cultivées comme source de biomasse destinée à la production de BECSC (voir l'étude de cas I ci-dessus) afin de générer des « émissions négatives »¹²⁵. Une autre approche suggère de se servir de la culture d'algues comme un moyen de capter et de stocker du carbone (CSC, parfois également appelé captage, utilisation et stockage du carbone — CUSC). Les microalgues ont besoin de CO₂ pour croître, et leur en fournir en quantité suffisante peut constituer un défi. C'est pourquoi des efforts ont été entrepris afin de relier les cultures d'algues aux installations industrielles et aux centrales thermiques de manière à ce que le CO₂ contenu dans le gaz de combustion alimente directement les algues, qui sont ensuite transformées en biocarburant et en autres produits (d'où le terme « utilisation » dans l'expression CUSC).

Voici quelques exemples de tentatives de CSC à l'aide d'algues : le projet Algoland de l'entreprise Heidelberg à l'une de ses cimenteries en Suède¹²⁶; le projet pilote PHYCO2 de l'Université d'État du Michigan, qui vise le captage du CO₂ émis par une centrale thermique¹²⁷; le projet collaboratif entre l'Université du Kentucky et l'entreprise Duke Energy qui vise le captage par du CO₂ émis par une centrale thermique au charbon¹²⁸; et les projets pilotes de Pond Biofuel respectivement menés à la cimenterie St. Mary en Ontario¹²⁹ et aux installations pétrolières d'Horizon dans les sables bitumineux albertains¹³⁰.

L'un des problèmes dont l'ampleur est sous-estimée est le processus de photosynthèse en soi, qui limite la quantité de CO₂ que les microalgues peuvent absorber dans les installations de culture à cinq grammes de carbone par mètre carré¹³¹. Il s'agit là d'un casse-tête logistique dans le cas des projets qui tentent d'absorber les centaines de milliers de tonnes de CO₂ produites par d'imposantes installations industrielles. Toute tentative de capter une importante fraction de ces émissions nécessiterait d'occuper de vastes surfaces adjacentes à ces installations.

Quelques chercheurs ont mis au point des scénarios théoriques de modification du climat en recourant à l'« afforestation océanique » à grande échelle — c.-à-d. planter de très longs rangs de laminaires ou d'autres algues macroscopiques, à l'image d'une plantation d'arbres¹³². Les algues seraient ensuite récoltées et employées pour produire du biométhane à des fins énergétiques. Ces chercheurs affirment avec

enthousiasme que ce genre de plantations marines — qui nécessitent une superficie équivalente à 9 % de celle de l'ensemble des océans — pourrait permettre de « compenser la totalité des émissions anthropiques de CO₂ d'ici 2035 puis de restaurer le climat en réduisant la concentration de CO₂ atmosphérique à 350 ppm d'ici 2085¹³³ ». Pour le moins fantaisiste, cette proposition ne repose cependant sur aucune base sérieuse.

Une autre approche faisant appel aux algues propose de capter le CO₂ directement dans l'air (voir la section sur le captage direct dans l'air, ou CDA, au chapitre 2) pour alimenter les microalgues cultivées, qui pourraient ensuite être converties en biocarburant¹³⁴. Jusqu'à présent, le CDA s'est montré trop énergivore et trop coûteux pour être réalisable; en conséquence, la vente et la réutilisation du carbone capté sont jugées essentielles. En raison du fait que les algues ont besoin de concentrations de CO₂ relativement faibles, elles sont considérées comme un débouché prometteur et surtout plus réaliste que la RAP pour le CO₂ récupéré^{135, 136}.

Malgré des dizaines d'années investies en recherche et développement, l'ampleur de la production d'algues nécessaire à modifier l'atmosphère est bien plus importante que tout autre projet réalisé jusqu'à présent.

Malgré des dizaines d'années investies en recherche et développement, l'ampleur de la production d'algues nécessaire pour modifier l'atmosphère est considérablement plus vaste que n'importe quel projet réalisé jusqu'à présent. Cela est dû à l'existence de barrières fondamentales qui pourraient s'avérer insurmontables. Malgré tout le battage et les affirmations colportant qu'il est possible d'obtenir de l'énergie à partir d'algues « en utilisant uniquement de l'eau, du soleil et du CO₂ », les algues sont en réalité difficiles à cultiver en masse; et pour proliférer, elles exigent des conditions particulières qui sont coûteuses et énergivores à mettre en place. Cultiver des algues requiert un accès à d'importantes quantités de nutriments¹³⁷ et à du CO₂ concentré. La luminosité et la température doivent être contrôlées avec soin. Certaines espèces d'algues tirent leur énergie de la photosynthèse, mais d'autres ont besoin d'un apport constant en sucres provenant notamment de la canne à sucre. Cela implique que la culture d'algues engendre les mêmes défis en matière d'utilisation des terres que ceux associés aux vastes monocultures de biomasse. D'importantes quantités d'eau sont également nécessaires, et celle-ci doit constamment circuler alors que sa qualité et son pH nécessitent d'être minutieusement contrôlés. Des bassins ouverts ou des photobioréacteurs sont généralement employés — ces deux types d'installations nécessitent un accès à la terre. Cultiver des algues à grande échelle exige également un accès à de vastes étendues d'eaux côtières. Difficiles à contrôler, les parasites, les maladies et les mauvaises conditions météorologiques peuvent avoir de lourdes conséquences sur la culture d'algues¹³⁸.

Afin de surmonter certains de ces obstacles, des tentatives de créer des algues génétiquement modifiées sont en cours, ce qui ne va toutefois pas sans créer de sérieux risques¹³⁹. En raison de leur petite taille et de la possibilité qu'elles soient transportées par le vent, les microalgues génétiquement modifiées parviendront inévitablement à se répandre dans la nature. Certains des traits induits par modification génétique visent justement à conférer à ces algues des avantages compétitifs en milieu naturel. Elles pourraient également se révéler non comestibles pour les organismes brouteurs qui contrôlent normalement les populations algales¹⁴⁰. Certaines espèces d'algues sont reconnues pour la toxicité de leur « efflorescence »; or, ce dernier phénomène est de plus en plus fréquent et problématique en raison du ruissellement accru de fertilisants et des changements climatiques qui augmentent la température des eaux¹⁴¹. Il est en outre nécessaire de pallier l'absence de supervision réglementaire des microalgues génétiquement modifiées et d'évaluation rigoureuse des risques qu'elles laissent planer sur les écosystèmes¹⁴².

Les algues sont omniprésentes, variées et jouent des rôles essentiels alors qu'elles constituent la base de certaines chaînes alimentaires et fournissent près de la moitié de l'oxygène dont nous avons besoin. Les algues préhistoriques, qui sont à l'origine des réserves de combustibles fossiles, ont joué un rôle clé dans la réduction de la concentration atmosphérique de CO₂ au cours d'un précédent épisode de réchauffement climatique il y a 50 millions d'années. Toutefois, à titre de solution climatique, les algues se sont jusqu'à présent montrées peu coopératives et non sans danger.

Étude de cas III : fertilisation des océans

— les projets LOHAFEX et Planktos-Haida-Oceaneos

Au cours des 30 dernières années, au moins 13 expériences de fertilisation des océans par le fer ont eu lieu. L'une des premières expériences à grande échelle s'est déroulée durant l'expédition LOHAFEX en 2009. À bord du navire allemand RV Polarstern, des chercheurs cofinancés par les gouvernements indien et allemand ont répandu six tonnes de sulfate de fer sur une zone de 300 kilomètres carrés au large de la mer de Scotia, à l'est de l'Argentine.

L'homme d'affaires étasunien Russ George est sans contredit le partisan le plus tenace de la fertilisation des océans. Il y a plus de dix ans, ce dernier a fondé aux États-Unis une entreprise en démarrage, Planktos, qui, dès le début de 2007, se mit à vendre des crédits de carbone sur son site web. Planktos affirmait alors que ses tests initiaux, menés au large d'Hawaii à partir du yacht privé du chanteur Neil Young, avaient permis de démontrer que la fertilisation océanique permettait de soustraire du carbone de l'atmosphère. Un peu plus tard, Planktos annonça son intention d'appareiller de Floride pour répandre des dizaines de milliers de kilos de particules de fer sur une zone de 10 000 kilomètres carrés située dans les eaux internationales à proximité de l'archipel des Galapagos. Ce site a notamment été retenu en raison du fait qu'aucune autorisation ou surveillance gouvernementales n'y est requise.

Tentant de bloquer Planktos, des groupes de la société civile demandèrent formellement à l'US Environmental Protection Agency d'enquêter sur les activités de l'entreprise et de les réglementer conformément à la loi étasunienne sur l'immersion de déchets en mer. De plus, des organisations d'intérêt public demandèrent à la Commission des valeurs mobilières des États-Unis de faire enquête sur les affirmations mensongères de Planktos adressées aux investisseurs potentiels quant à la légalité et aux prétendus bénéfices environnementaux de ses activités.

Stigmatisée par une publicité négative, Planktos annonça qu'en raison d'« une campagne de désinformation très efficace orchestrée par des militants opposés aux mesures de compensation climatique¹⁴³ », elle renonçait à ses plans pour une période indéfinie. En avril 2008, Planktos fit faillite, vendit ses navires et congédia ses employés. Finalement, l'entreprise annonça qu'elle avait « décidé de renoncer à toute future tentative de fertiliser les océans ».

Tel ne fut toutefois pas le cas. Russ George réapparut quelques années plus tard, après avoir persuadé le conseil de bande¹⁴⁴ de la nation autochtone haïda de l'archipel Haida Gwaii de financer un nouveau projet. Ayant cette fois constitué l'Haida Salmon Restoration Corporation, il lança l'idée selon laquelle la fertilisation par le fer fait croître les populations de saumons, offrant ainsi à cette entreprise le bénéfice supplémentaire de vendre des permis carbone par le biais de la séquestration de carbone en milieu océanique. En 2012, la nouvelle courut que George avait orchestré l'épandage de 100 tonnes de sulfate de fer — soit le plus important épandage à des fins de fertilisation océanique — dans l'océan Pacifique, au large de la côte Ouest canadienne. Déclenchant un tollé mondial, George se fit traiter de « géoingénieur voyou¹⁴⁵ » et de « Don Quichotte du climat¹⁴⁶ », en plus de devenir la cible d'une enquête de la Direction de l'application de la loi d'Environnement Canada (et qui, même après cinq ans, n'a toujours pas abouti).

Plusieurs des personnes impliquées dans le projet de l'Haida Salmon Restoration Corporation ont refait surface, en créant cette fois à Vancouver l'Oceaneos Marine Research Foundation. Elles caressent maintenant le projet de mener une expérience au large du Chili, et disent tenter d'obtenir du gouvernement de ce pays la permission de répandre jusqu'à dix tonnes de particules de fer dès 2018.

Elles ont en outre changé l'image de leur organisation : dorénavant, cette dernière est à but non lucratif plutôt que lucratif; elle fait de l'« ensemencement océanique » plutôt que de la fertilisation par le fer; et elle mène un projet méticuleux encadré par un code de conduite, en plus de pouvoir compter sur un comité consultatif formé de scientifiques. Enfin, elles continuent de présenter leur technique comme une cure miraculeuse permettant de sauver la vie marine — en faisant un usage astucieux en ligne de présentations scientifiques et de vidéos promotionnelles qui montrent des océans foisonnants de saumons et de dauphins débordants de vie.

Jason McNamee, ancien directeur et chargé des opérations de l'Haida Salmon Restoration Corporation qui a également agi à titre de directeur des opérations d'Oceaneos pendant un certain temps, a mentionné qu'il n'était pas question d'évaluer la possibilité de vendre des crédits de carbone dans le cadre du projet chilien : « Cela a été l'aspect le plus controversé (en 2012). Tout le monde nous voyait comme des cowboys qui souhaitaient faire un paquet de fric¹⁴⁷. » Toutefois, à la suite d'une enquête, il est apparu que 60 % du portefeuille public de propriété intellectuelle d'Oceaneos était toujours rattaché à la séquestration du carbone et aux crédits de carbone. Oceaneos avait également promis de divulguer la totalité de ses données scientifiques — Russ George fit la même promesse après son expérience au large des côtes de l'archipel Haida Gwaii. Or, ces données sont toujours attendues¹⁴⁸. Enfin, le projet d'Oceaneos a été vertement critiqué par des océanographes rattachés à différents établissements de recherche chiliens¹⁴⁹.

Étude de cas IV : fertilisation des océans — l'Institut coréen de recherche polaire

Conçu par l'Institut coréen de recherche polaire (KOPRI) et subventionné par le ministère coréen des Océans et des Pêches, le projet KIFES se veut un programme de recherche de cinq ans (2016-2020) où seront menées des expériences de fertilisation par le fer dans l'océan Austral. Toutefois, sa pertinence pour la recherche a été remise en question sur les bases du Protocole de 1996 à la Convention de Londres, qui interdit toute expérience qui n'entre pas dans le cadre de la recherche scientifique légitime.

Les océanographes coréens ont résumé leur plan dans un article scientifique publié en 2016¹⁵⁰. Le projet a commencé par une revue des expériences de fertilisation océanique antérieures et une déclaration d'intention de procéder à des travaux de recherche en mer en 2017 et 2018. Parmi ses collaborateurs nationaux et internationaux, le KOPRI nomme cinq universités coréennes et plusieurs établissements internationaux, incluant des universités étasuniennes et canadiennes. Un site localisé dans la partie est du bassin de Bransfield près de la péninsule Antarctique a été choisi comme site d'épandage par le projet KIFES.

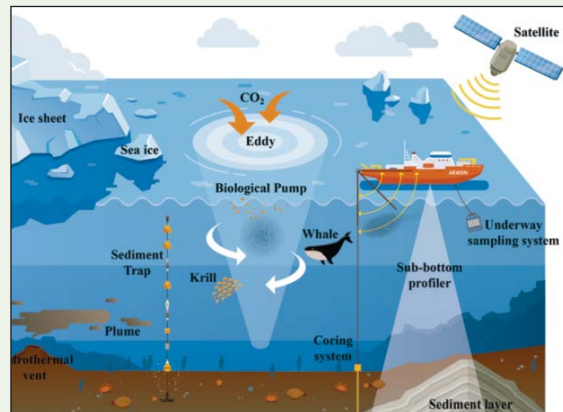


Schéma du projet KIFES. Illustration (cc) Yoon et al. Biogeosciences, 2016.

Il semble primordial pour ce dernier d'établir sa crédibilité, s'agissant sans doute d'une leçon apprise des expériences passées qui ont échoué en raison de l'indignation et des protestations de la population. Avant que le projet ne soit remis en question sur les bases de la Convention de Londres, il semble que ses membres aient effectué des travaux de reconnaissance sur le site sélectionné. Ceux-ci espèrent d'ailleurs obtenir le feu vert en 2018 alors que, selon leurs dires, leur projet est actuellement examiné à l'aune du Protocole de 1996 à la Convention de Londres.

Ils comptent ainsi procéder à l'expérience en 2019, pour ensuite diffuser les résultats en 2020, avant de se préparer pour la seconde phase de leur projet.

Le projet KIFES n'entend pas vendre de crédits de carbone — il s'agit apparemment d'une autre leçon apprise de la controverse provoquée par l'expérience aux velléités lucratives que Russ George a menée au large de la côte Ouest canadienne en 2012 (voir l'étude de cas III ci-dessus), qui n'est d'ailleurs pas mentionnée dans leur recension des précédents projets de fertilisation des océans.

L'objectif déclaré du projet KIFES consiste à fournir « une réponse claire à la question de savoir si la fertilisation des océans constitue une solution de géoingénierie prometteuse¹⁵¹ ». Pour l'instant, rien n'indique si le projet ira de l'avant à l'issue de son examen à l'aune de la Convention de Londres.

Étude de cas V : brassage artificiel (de l'océan) en Chine

La Chine manipule les conditions climatiques en ensemençant les nuages depuis longtemps¹⁵². Entre 2008 et 2015, ce pays a dépensé un milliard de dollars pour créer des conditions météorologiques artificielles, et prévoit de générer annuellement 60 milliards de mètres cubes de pluie additionnelle d'ici 2020¹⁵³. Autrement, la Chine est entrée tardivement dans le monde de la géoingénierie, mais son intérêt scientifique pour ce domaine gagne de l'ampleur.

Dans un article à paraître, les politologues Kingsley Edney et Jonathan Symons émettent des conjectures à savoir de quelle manière et à quel moment la Chine s'engagera dans le développement de techniques de géoingénierie¹⁵⁴. Entretemps, d'autres observateurs ont constaté que le ministère chinois de la Science et de la Technologie avait investi trois milliards de dollars au cours des trois dernières années dans des travaux de recherche sur la géoingénierie menés par trois établissements, 15 membres du corps professoral et 40 étudiants; toutefois, tout développement technologique ou test sur le terrain demeure formellement exclu¹⁵⁵. John Moore est un glaciologue britannique qui occupe le poste de responsable scientifique du programme de géoingénierie au Collège des changements globaux et des sciences du système terrestre de l'Université normale de Beijing.

Il indique que les établissements chinois se concentrent sur les impacts potentiels de la géoingénierie sur les calottes glaciaires polaires, le niveau des océans, l'agriculture et la santé humaine. L'un des chercheurs du programme rattaché à l'Université du Zhejiang a récemment corédigé avec Ken Caldeira un article sur les « cocktails d'outils de géoingénierie » dans lequel ceux-ci ont modélisé les conséquences de l'utilisation simultanée de deux techniques : la dispersion de particules réfléchissant la lumière dans la haute atmosphère et l'amincissement des cirrus situés en haute altitude¹⁵⁶.

L'un des chercheurs du programme rattaché à l'Université du Zhejiang a récemment corédigé avec Ken Caldeira un article sur les « cocktails d'outils de géoingénierie » où ils ont modélisé les conséquences de l'utilisation simultanée de deux techniques : la dispersion de particules réfléchissant la lumière dans la haute atmosphère et l'amincissement des cirrus situés en haute altitude.

Il commence toutefois à être question d'expériences sur le terrain. En 2017, lors d'une rencontre du groupe scientifique de la Convention de Londres, la Chine a soumis un document où elle annonce avoir procédé à des expériences de brassage artificiel, une forme de fertilisation des océans¹⁵⁷. Sous l'égide de l'Université du Zhejiang, un essai a été mené en mer de Chine orientale, et deux autres ont eu lieu dans le lac Qiandao¹⁵⁸.

Dans ce type de technique de fertilisation des océans, de l'eau froide et riche en nutriments provenant des profondeurs océaniques est pompée vers la surface. En théorie, ce déplacement de masses d'eau modifie la distribution des nutriments, ce qui augmente la productivité chez les poissons et stimule la croissance du plancton; ce dernier absorbe du CO₂ pour ultimement le séquestrer lorsqu'il meurt et coule au fond de l'océan.

Dès 2010, les chercheurs chinois ont travaillé à mettre au point un système de pompage efficace qui injecte de l'air comprimé à l'aide de longs tubes nommé « système de brassage artificiel par émulsion d'air ». Lors de la précédente construction de dispositifs conçus à Hawaï et à Taïwan, les chercheurs ont pu tester un moyen de convertir l'énergie des vagues afin d'alimenter le système de pompage de manière à ce qu'il fonctionne de manière autonome durant de longues périodes. Dans un document soumis au groupe scientifique de la Convention de Londres, ils expliquent que le modèle le plus performant qu'ils ont conçu comprend une combinaison de panneaux photovoltaïques, d'éoliennes, de dispositifs capables de convertir l'énergie des vagues et de génératrices au diesel¹⁵⁹. Des expériences consistant à pomper de l'eau provenant de 30 mètres de profondeur furent menées entre 2011 et 2014.

Selon les scientifiques, les « défis liés à la conception et à la fabrication d'un dispositif de brassage artificiel dont la robustesse technique assure sa longévité structurelle ont été essentiellement surmontés¹⁶⁰ ».

Le document mentionne que les résultats des expériences n'ont pas encore été soumis à des journaux scientifiques, en plus de concéder que dans le cas d'un déploiement à grande échelle de cette technique, des « incertitudes quant aux effets potentiels sur les écosystèmes subsistent¹⁶¹ ». Les futurs travaux se concentreront à « mesurer les impacts environnementaux dans différentes régions côtières ». Toutefois, outre ce document, il existe peu d'information permettant de savoir ce qui a déjà été accompli, si des évaluations ont été menées et, le cas échéant, selon quelles modalités.

Étude de cas VI : le projet SPICE

Entre 2010 et 2012, le Royaume-Uni faillit être l'hôte de la toute première expérience visant à tester en plein air l'injection d'aérosols stratosphériques. Toutefois, ayant suscité la désapprobation de la population après avoir attiré son attention, l'expérience dut être annulée avant de pouvoir littéralement décoller. Connue sous le nom de Stratospheric Particle Injection for Climate Engineering (SPICE), ce projet fut conçu pour tester un dispositif permettant un déploiement à plus vaste échelle de cette technique.

L'idée du projet SPICE germa lors d'un « bac à sable » — une rencontre transdisciplinaire de courte durée conçue pour explorer des idées novatrices — animé par trois des sept conseils de recherche du Royaume-Uni¹⁶². Rassemblant des modélisateurs du climat, des chimistes et des ingénieurs, le projet était appuyé par quatre universités, plusieurs ministères et l'entreprise privée Marshall Aerospace.

Toutefois, la rencontre ne fut pas un exemple de rigueur scientifique; l'un des ingénieurs présents à la rencontre admit plus tard la chose suivante : « nous ne connaissions rien à la climatologie, et encore moins à la complexité de traiter de questions sociales, politiques et éthiques aussi controversées¹⁶³ ».

L'expérience consistait à tester un tuyau d'un kilomètre de long suspendu à un ballon géant rempli d'hélium. Une pompe devait acheminer des dizaines de litres d'eau vers l'extrémité supérieure du tuyau, à partir de laquelle l'eau aurait ensuite été pulvérisée dans l'atmosphère pour finalement s'évaporer avant d'atteindre le sol. Il était prévu que cette expérience ait lieu au cours de l'automne 2011, sur une piste d'atterrissage militaire désaffectée située à Norfolk au Royaume-Uni.

Bien qu'elle n'aurait probablement eu aucun effet observable sur l'environnement, le Groupe ETC a néanmoins qualifié cette expérience de « Trojan Hose » (NDT : jeu de mots avec l'expression « Trojan horse », soit « cheval de Troie »), car elle menaçait d'ouvrir la porte au déploiement à grande échelle de techniques de gestion du rayonnement solaire. En effet, le site web du projet SPICE montrait, à l'époque, le schéma d'un plus gros tuyau, long cette fois de plus de 20 kilomètres, et qui pulvérisait un aérosol réfléchissant autrement plus puissant que l'eau¹⁶⁴.

À leurs propres yeux et à ceux d'observateurs externes, ceux que le Groupe ETC a surnommés les « SPICES Boys » (NDT : référence aux Spice Girls, groupe pop britannique) ressemblaient à une bande de joyeux gamins s'amusant dans la cour d'école avec des jouets trop grands pour eux. « Lorsque nous serons tous réunis dans ce champ à Norfolk, tous les ingénieurs sauteront de joie, car ils auront réussi à réaliser quelque chose d'extraordinaire, à construire la plus haute structure sur Terre; mais tous les scientifiques de la nature diront "Oh, merde, nous nous apprêtons à faire quelque chose de complètement cinglé" », a dit l'un des chercheurs du projet au sociologue Jack Stilgoe, qui a suivi de près le déroulement du projet SPICE¹⁶⁵.

Cette attitude imprudente caractérisait également d'autres aspects du projet. Par exemple, les caractéristiques techniques du dispositif à tester furent déterminées de manière arbitraire. Quant à la détermination de la taille du tuyau, l'un des chercheurs admit ceci : « nous avons choisi "un", car il s'agit d'un nombre entier, et "kilomètre", car il s'agit d'une unité standard ». Les membres du projet semblaient ainsi pallier leur manque de rigueur scientifique par un certain don pour le théâtre. Selon le raisonnement de Stilgoe, « même si l'expérience en plein air n'allait rien révéler de dramatique sur le plan scientifique, elle allait attirer l'attention du public ». Or, personne ne s'attendit au débat mouvementé qui allait naître¹⁶⁶.

En effet, la réaction négative du public explosa peu de temps après la conférence de presse marquant le lancement du projet¹⁶⁷. Dans une lettre ouverte, une cinquantaine d'ONG à travers le monde exhortèrent le gouvernement et les conseils de recherche britanniques à abandonner le projet¹⁶⁸. S'ensuivit une controverse dans les médias. En une semaine, les chercheurs et le conseil de recherche qui les appuyait prirent la décision de reporter l'expérience.

Les chercheurs du projet SPICE dirent aux médias que le report de ce dernier n'était pas dû aux protestations du public, mais plutôt à un conflit d'intérêts : ils avaient découvert que deux scientifiques impliqués dans le projet n'avaient pas divulgué qu'ils avaient soumis des demandes de brevets pour des techniques similaires préalablement à la proposition du projet SPICE¹⁶⁹. Cette information fut transmise aux conseils de recherche qui, selon Stilgoe, prirent une décision « avant de recevoir la lettre signée par les ONG ». Il semble toutefois peu probable que les reproches du public n'aient pas joué un certain rôle dans cette décision. En avril 2012, l'expérience fut définitivement annulée.

De l'autre côté de l'Atlantique, l'éminent géoingénieur David Keith critiqua le projet SPICE avec virulence. « Personnellement, je n'ai jamais compris l'objectif de cette expérience », affirma-t-il. « Le seul but de cette expérience consiste à trouver un moyen de technocrates de rendre un peu moins coûteuse la dispersion d'aérosols dans l'atmosphère. Or, nous n'avons aucun problème sur le plan des coûts. Tous les problèmes liés à la GRS consistent à savoir qui la contrôle et quels sont les risques environnementaux, ce qui n'a rien à voir avec les coûts. C'est déjà abordable. Ainsi, à mon avis, je crois qu'il s'agissait d'une très mauvaise façon de commencer l'expérience¹⁷⁰. » Par ailleurs, il ne fait aucun doute que les réactions négatives par rapport au projet SPICE risqueraient de compromettre la recherche et l'expérimentation subséquentes en géoingénierie.

L'équipe du projet SPICE tenta de poursuivre ses recherches, mais fut cette fois « ralentie par la lourdeur administrative engendrée par la gestion des conséquences découlant de l'expérience proposée¹⁷¹ ». Ultimement, les chercheurs du projet SPICE réalisèrent l'énormité et la nature controversée de l'entreprise dans laquelle ils s'étaient embarqués. L'un d'eux admit à Stilgoe que l'expérience semblait « ouvrir des portes vers autre chose ». Un autre scientifique du projet SPICE lui confia : « Je suis complètement d'accord avec les préoccupations que le public a exprimées; nous n'y avons pas vraiment pensé ni parlé¹⁷². »

Étude de cas VII : SCoPEX — expérience d'injection d'aérosols stratosphériques

Parmi les ingénieurs qui contribuent le plus à l'avancement des techniques de gestion du rayonnement solaire, c'est le Canadien David Keith, actuellement rattaché à l'Université Harvard, qui occupe la première place. Il en a été la principale figure de proue, allant même jusqu'à s'aventurer sur le plateau de l'émission de télévision de Stephen Colbert, où le comédien étasunien s'est donné un malin plaisir à tourner en dérision les idées de Keith. « Couvrir la Terre d'une couverture d'acide sulfurique? », questionna Colbert. « Est-il possible que cela puisse nous retomber dessus et nous brûle le cul? »

Outre ses apparitions fréquentes à titre de porte-parole de la géoingénierie, Keith en fait la promotion en jouant plusieurs rôles : il est investisseur; il a fait du lobbying auprès des gouvernements; en collaboration avec Ken Caldeira, il gère un fonds de plusieurs millions de dollars accordé par Bill Gates à l'Université Harvard pour financer des travaux sur la géoingénierie; et il a demandé à une entreprise aérospatiale étasunienne de mener une étude démontrant la faisabilité du déploiement à grande échelle de techniques de gestion du rayonnement solaire.

En 2012, la nouvelle se répandit que Keith et James Anderson, un ingénieur rattaché à Harvard, planifiaient de mener la première expérience en plein air de gestion du rayonnement solaire. Une telle expérience aurait impliqué la dispersion de particules dans l'atmosphère à partir d'un ballon flottant à une altitude d'environ 24 kilomètres au-dessus de Fort Sumner dans le Nouveau-Mexique. Leur objectif déclaré consistait à mesurer les impacts de la dispersion de dizaines ou de centaines de kilos de sulfate sur la chimie de l'ozone, et à tester différents moyens de donner une dimension appropriée aux aérosols.

Cette annonce survint peu de temps après que le projet SPICE fut proposé (voir l'étude de cas VI ci-dessus)^{173, 174}.

Ce dernier projet ayant été annulé sous l'effet d'un tollé généralisé, Keith déplora le sort qui lui fut réservé : « J'aurais souhaité qu'ils aient un meilleur procédé, parce que ceux qui s'opposent à ce genre d'expériences verront cela comme une victoire, et tenteront de bloquer d'autres expériences¹⁷⁵. »

À la suite de l'annonce de l'expérience de Keith dans les médias, celle-ci fut annulée, et Keith consacra ses efforts à redonner vie à son projet. Au début de 2017, il participa à la mise sur pied du programme de recherche de l'Université Harvard sur les techniques de gestion du rayonnement solaire, programme soutenu par un financement de 20 millions de dollars provenant de plusieurs milliardaires et fondations privées¹⁷⁶.

Aux côtés d'autres ingénieurs et chercheurs, Keith a proposé une série d'expériences sur le terrain, certaines servant à tester l'efficacité de techniques de géoingénierie et à déceler leurs risques, d'autres à concevoir des techniques pouvant être déployées à grande échelle¹⁷⁷. Celle qui est le plus près d'être réalisée est une expérience nommée SCoPEX (pour Stratospheric Controlled Perturbation Experiment) visant à modifier la stratosphère de manière contrôlée qui sera menée en collaboration avec Frank Keutsch, professeur de sciences de l'atmosphère à Harvard. Cette expérience cherche à comprendre les phénomènes microphysiques associés à l'introduction de particules dans la stratosphère, dans le but de mieux évaluer les impacts de techniques de gestion du rayonnement solaire, y compris la dégradation potentiellement dangereuse de la couche d'ozone. Ils planifient d'abord de pulvériser des gouttelettes d'eau dans la stratosphère à partir d'un ballon suspendu à 20 kilomètres au-dessus du sol afin de créer un vaste panache glacé qui sera étudié à partir du ballon. Ils répliqueraient ensuite cette expérience avec du carbonate de calcium et des sulfates — tout cela serait accompli d'ici 2022.

Keith a proposé une série d'expériences sur le terrain, certaines servant à tester l'efficacité des techniques de géoingénierie et à déceler leurs risques, d'autres à concevoir des techniques pouvant être déployées à grande échelle. Celle qui est le plus près d'être réalisée est une expérience nommée SCoPEX (pour Stratospheric Controlled Perturbation Experiment).

Cette fois-ci, Keith entend protéger politiquement ses arrières, affirmant que ce projet cherche à mettre sur pied un processus consultatif indépendant pour les expériences et ainsi obtenir un solide appui de la part de la société civile.

Cela est conforme avec ce qui semble être l'objectif de Keith à long terme, soit d'obtenir une approbation généralisée — dans les médias de même qu'auprès des principales organisations scientifiques et instances politiques, tant régionalement que mondialement — pour les expériences de gestion du rayonnement solaire à grande échelle (qui ultimement, mèneront à un déploiement complet).

Étude de cas VIII : blanchiment des nuages à Monterey Bay, Californie

La théorie à la base du blanchiment des nuages est apparemment simple : il s'agit de modifier la composition des nuages marins en les arrosant de fines gouttelettes d'eau de mer afin de les rendre plus blancs. L'ajout d'eau salée aux nuages permet en théorie d'augmenter le nombre de « noyaux de condensation » dans ceux-ci, ce qui les rend plus petits et plus réfléchissants. Jusqu'à 25 % de la superficie des océans de la planète est couverte de fins stratocumulus flottant à basse altitude (en deçà de 2 400 mètres). Le blanchiment des nuages constitue une technique de gestion du rayonnement solaire, et comme toutes les techniques de ce genre, elle pourrait permettre de réduire la température de l'atmosphère et des océans, sans toutefois réduire les concentrations de GES. Les promoteurs de cette technique imaginent une flotte de navires sans personnel pompant l'eau de mer pour ensuite l'envoyer sous forme de bruine dans les nuages marins.

Les partisans les plus connus du blanchiment des nuages sont John Latham, rattaché au National Center for Atmospheric Research de l'Université du Colorado, et Stephen Salter, rattaché à l'Université d'Édimbourg. (Ce dernier est devenu célèbre pour avoir inventé le « canard de Salter », un dispositif imitant le mouvement de plongée du canard qui permet théoriquement de convertir l'énergie des vagues océaniques en une forme utilisable d'énergie; ce dispositif n'a toutefois jamais été déployé à grande échelle.)

Un autre promoteur, Phil Rasch du Pacific Northwest National Laboratory, a affirmé que sur la base de modèles « très artificiels » présumant l'existence de « noyaux de condensation parfaits », les ingénieurs peuvent réduire l'irradiance solaire de trois watts par mètre carré, ce qui permettrait de contrebalancer le réchauffement planétaire — pour autant qu'ils puissent utiliser entre le quart et la moitié de l'eau des océans de la planète pour asperger les nuages¹⁷⁸.

Les promoteurs du blanchiment de nuages imaginent une flotte de navires sans personnel pompant de l'eau de mer pour l'envoyer sous forme de bruine dans les nuages marins.

La première expérience majeure à se dérouler en plein air allait être supervisée par Kelly Wanser, une créatrice d'entreprise de la Silicon Valley à la tête du projet Silver Lining à San Francisco. David Keith et Ken Caldeira avaient accordé de l'argent provenant du Fonds pour la recherche innovante sur le climat et l'énergie (FICER), créé par Bill Gates¹⁷⁹, au directeur du projet Armand Neukermans — inventeur des premières imprimantes à jet d'encre ayant déjà travaillé pour Xerox Labs et Hewlett Packard. Le but de Neukermans était de concevoir des buses pour les navires capables de projeter des gouttelettes d'eau salée dans les nuages à raison de plusieurs billions par seconde. Ces buses devaient émettre des gouttelettes de taille suffisamment petite — 0,2 à 0,3 micron — pour s'élever et rester en suspension dans l'air. En 2010, Wanser annonça qu'une expérience à grande échelle impliquant le déploiement d'une dizaine de navires sur une zone de l'océan de 10 000 kilomètres carrés allait avoir lieu trois ou quatre ans plus tard.

Toutefois, après que les médias eurent révélé l'existence de cette expérience, incluant le fait que Gates participait au financement des travaux de Neukermans, toute trace du projet et de ses collaborateurs scientifiques disparut du site web du projet Silver Lining¹⁸⁰.

Quelques années plus tard, le projet Silver Lining refit surface sous le nom de Marine Cloud Brightening, Kelly Wanser étant une fois de plus à sa tête. Les médias firent alors allusion à une pittoresque bande d'ingénieurs inoffensifs à la retraite — ceux-ci se surnomment eux-mêmes les « Silver Linings » (NDT : une expression reprenant le précédent nom du projet, mais voulant également dire « optimistes ») jouant dans leur laboratoire plutôt que sur les terrains de golf¹⁸¹. Thomas Ackerman, un scientifique rattaché à l'Université de Washington comptant parmi les auteurs de l'hypothèse de l'hiver nucléaire, se joignit au projet à titre de chercheur principal.

Sous l'égide de l'Université de Washington, il était prévu que leur première expérience en plein air, se déroulant sur la terre ferme, se tienne à Moss Landing dans la baie de Monterey en Californie. Il était prévu qu'ils installent des buses sur la côte pour arroser les nuages au fur et à mesure de leur arrivée, et qu'ils observent s'ils blanchissent pendant que des capteurs au sol déterminent si cela provoque une réduction du rayonnement solaire incident.

Ils avaient déjà testé un prototype de buse en soufflerie en 2015 dans la région de la baie Monterey. Il a également été rapporté que Kelly Wanser était à la recherche d'un expert en relations publiques pour cette expérience — manifestement dans l'espoir de ne pas répéter le même fiasco médiatique que dans le cas du projet Silver Lining, ce qui avait apparemment déçu Bill Gates. Ils prévoient ensuite de déplacer l'expérience en mer pour pulvériser des gouttelettes à partir d'un petit navire¹⁸². Initialement prévue pour se dérouler durant l'été 2017, l'expérience menée sur la terre ferme a toutefois dû être reportée faute de financement suffisant.

De son côté, le groupe Ocean Technology rattaché à l'Université de Sydney propose également de mener des expériences de blanchiment des nuages marins à titre de moyen de sauver la grande barrière de corail du blanchissement corallien — une proposition sur laquelle Kelly Wanser a mis l'accent dans des entrevues accordées aux médias¹⁸³.

Steven Salter a en outre fait valoir l'idée d'ensemencer les nuages au-dessus des îles Féroé avec de l'eau de mer. L'idée consistait à installer des buses sur l'archipel pour arroser les nuages se dirigeant vers l'Arctique pour le protéger de la fonte. Rien toutefois n'indique si cette expérience progresse.

Raisons de s'opposer à la géoingénierie

Bien que chaque technique de géoingénierie possède ses propres problèmes particuliers qui sont détaillés au long de ce rapport, toutes partagent certains risques communs et soulèvent d'épineuses questions sur le plan de l'équité et de la justice. Ces risques peuvent être de nature écologique, sociale, économique ou politique.

Échelle mondiale

Afin d'avoir un effet sur le climat mondial, toute technique de géoingénierie doit être déployée sur une vaste échelle. Ainsi, des conséquences inattendues découlant d'un tel déploiement pourraient elles aussi affecter de grandes étendues de territoires, sans égards aux frontières des pays.

Manque de fiabilité et risques élevés

La géoingénierie vise à agir sur des systèmes qui sont dynamiques et mal compris. Considérant la complexité du climat mondial, il existe plusieurs raisons pour lesquelles de telles interventions pourraient aller de travers, ce qui inclut notamment : des défaillances mécaniques; des erreurs humaines; une connaissance partielle ou des données incomplètes sur le climat; des effets synergiques imprévisibles; la présence de phénomènes naturels pouvant augmenter, réduire ou perturber les effets escomptés de la géoingénierie (ex., éruptions volcaniques, tremblements de terre, tsunamis); des conséquences transfrontalières; et une interruption du financement. Tenter de remettre en état de fonctionnement une technique de géoingénierie déjà déployée pourrait en outre empirer les changements climatiques. Il n'existe aucun plan ou modèle capables de prédire avec précision quels seront les résultats — tant à court terme qu'à perpétuité.

Risques environnementaux

Toutes les techniques de géoingénierie proposées possèdent des effets environnementaux potentiellement négatifs. Par exemple, la fertilisation des océans perturbe la chaîne alimentaire marine, en plus d'avoir le potentiel de générer des efflorescences algales nocives et de rendre anoxiques certaines couches d'eau de l'océan (c.-à-d. d'épuiser l'oxygène dissous qui s'y trouve)¹⁸⁴. Le déploiement de techniques de bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS) implique l'utilisation massive de terres, d'eau et de nutriments, en plus d'engendrer « une importante réaffectation des terres et le déplacement massif de populations, ce qui comporte des conséquences mondiales sur l'approvisionnement alimentaire, les droits fonciers et la justice environnementale¹⁸⁵ ». Par ailleurs, il est impossible d'être certain des effets des techniques de GRS sur la biodiversité des écosystèmes puisqu'elles créeront un tout nouvel équilibre — ou déséquilibre — écologique¹⁸⁶. L'énergie solaire incidente est essentielle à la vie sur Terre, celle-ci permettant, entre autres choses, de soutenir les algues océaniques qui produisent la majeure partie de l'oxygène de la planète. La vision illusoirement réductrice de la géoingénierie qui divise le monde en entités qui stockent du carbone et qui réfléchissent les rayons du soleil n'est pas en mesure d'embrasser les écosystèmes de manière complète et intégrée. Elle demeure conséquemment aveugle aux graves dommages qu'elle pourrait infliger aux écosystèmes et aux communautés humaines.

Irréversibilité

Les climatologues font souvent référence à d'irréversibles points de bascule climatiques déclenchés par les changements climatiques (ex., même les « émissions négatives » ont peu de chance d'être en mesure de refroidir l'Arctique). De manière semblable, le recours aux techniques de géoingénierie serait irréversible en raison de l'échelle à laquelle il est requis de les déployer et, dans plusieurs cas, de la nature même de ces techniques.

Ainsi, les dommages causés aux écosystèmes et les préjudices subis par les populations (dont la plupart sont décrits dans les paragraphes suivants) pourraient être irréremédiables. Dès que nous commencerons à refroidir artificiellement la planète alors que nous continuerons d'émettre des GES, il sera impossible d'arrêter¹⁸⁷. Comme l'a expliqué Alan Robock en ce qui concerne la GRS, « Nous ne savons pas à quel moment les scientifiques et les ingénieurs devraient arrêter un système de géoingénierie — ou endiguer ses effets [...] Une fois que nous envoyons des aérosols dans l'atmosphère, nous ne pouvons pas les en retirer¹⁸⁸ ». L'arrêt subi d'un processus de GRS pourrait engendrer une hausse de température et des effets de rétroaction qui pourraient se révéler encore plus menaçants que l'effet climatique que ce système tente de contrer. Comme l'indique Raymond Pierrehumbert, qui est professeur de physique à l'Université Oxford : « si la projection de particules était stoppée, ces particules retomberaient au bout d'environ un an, et la planète subirait dans toute sa force la résurgence des changements climatiques en une décennie environ, un phénomène appelé "choc terminal". En d'autres mots, une fois que vous commencez à modifier l'albédo, vous devez en fait continuer à la faire pour toujours¹⁸⁹ ».

Exacerbation des déséquilibres et des iniquités en matière de pouvoir mondial

Les pays ayant une forte influence sur l'échiquier mondial, qui se trouvent être les plus importants contributeurs aux émissions de GES actuelles et passées, abritent également les organisations et les universités qui investissent le plus activement dans la recherche en géoingénierie et la protection des droits intellectuels qui y sont associés¹⁹⁰. Ces mêmes pays contrôlent également les politiques environnementales internationales. Pourtant, il est généralement attendu que les impacts négatifs des différentes techniques de géoingénierie seront particulièrement ressentis dans les pays du Sud¹⁹¹. En laissant aux pollueurs le soin de trouver des solutions aux changements climatiques, les intérêts des peuples marginalisés et opprimés continueront d'être négligés. La perspective d'un contrôle des températures mondiales soulève ainsi de graves questions sur le plan du pouvoir et de la justice : qui contrôlera le thermostat de la planète? Quels acteurs verront leurs intérêts servis? Qui prendra la décision de déployer des solutions de géoingénierie si de telles mesures, aussi radicales soient-elles, sont considérées comme techniquement faisables?

Les gouvernements n'arrivent même pas à collaborer démocratiquement afin de s'entendre sur un protocole mondial juridiquement contraignant de lutte aux changements climatiques qui permettrait une répartition équitable des responsabilités. L'Accord de Paris a semblé être un pas dans cette direction, mais quelques semaines seulement après son entrée en vigueur, le pays ayant historiquement émis le plus de GES — les États-Unis — s'en est retiré. Il est difficile de concevoir que les gouvernements feront mieux dans le cas de la géoingénierie. En réalité, si nous avons été capables de conclure démocratiquement un accord international et durable sur les changements climatiques, nous ne serions actuellement pas aux prises avec le spectre de la géoingénierie.

Injustice intergénérationnelle

L'idée selon laquelle la géoingénierie nous permettra de « gagner du temps » pour mettre en place des politiques de réduction des émissions carbonées au cours des prochaines décennies est irréaliste. Du reste, elle place une part inique de responsabilité sur les épaules des générations futures. Par exemple, l'efficacité et la viabilité présumées des techniques à « émissions négatives », qui n'existent pas encore, ont déjà retardé la mise en place de mesures de réduction des émissions de GES pourtant urgentes. Dans l'éventualité — probable — où ces « techniques fantômes » ne parviendraient pas à leur fin, les générations futures devront alors composer avec les conséquences. En raison de ces risques, certains climatologues considèrent que les techniques à émissions négatives sont « injustes et constituent un pari hautement risqué¹⁹² ». Nous ne pouvons pas condamner nos enfants et nos petits-enfants à être les prisonniers de la géoingénierie ou encore les victimes d'un climat encore plus rigoureux du simple fait que nous avons placé tous nos espoirs dans des techniques fantaisistes qui sont encore à naître.

Motif justifiant l'inaction climatique

Alors que plusieurs promoteurs de la géoingénierie affirment que cette dernière n'exclut aucunement une action climatique urgente, elle offre un argument commode à ceux qui nient les changements climatiques, voire aux gouvernements qui tentent d'éviter les coûts politiques d'une réduction des émissions carbonées. La conception obstinée d'outils ou d'expériences de géoingénierie fournit un motif pour assouplir les restrictions imposées aux industries qui émettent de fortes quantités de carbone.

Certaines des voix plaçant le plus fortement en faveur de la recherche en géoingénierie proviennent de groupes de réflexion néoconservateurs étroitement liés à l'industrie des combustibles fossiles — celle-ci ayant déjà clamé son climatoscepticisme (notamment par l'entremise du Copenhagen Consensus Center fondé par Bjørn Lomborg, et de l'American Enterprise Institute)¹⁹³.

Mercantilisme carbonique

De nombreux géoingénieurs ont des intérêts commerciaux dans les techniques de géoingénierie. Ils ont rempli des demandes de brevets ou sont parvenus à en obtenir, et certains ont activement cherché à faire des techniques de géoingénierie des processus admissibles aux crédits de carbone. Aux bureaux de brevets, la compétition est déjà féroce parmi ceux qui considèrent détenir une solution technique à la crise climatique. Or, la perspective de voir un monopole privé s'arroger le « droit » de modifier le climat demeure terrifiante¹⁹⁴.

Convergence de techniques émergentes à grande échelle

Si la géoingénierie s'inspire d'autres techniques capables de modifier et de perturber la planète — qui, du reste, sont contrôlées et détenues par des entreprises transnationales —, elle participe également à leur essor. Par exemple, les grands projets d'afforestation reposent sur des monocultures d'arbres génétiquement modifiés, alors que ceux qui visent à « améliorer » les capacités photosynthétiques des cultures s'appuient sur la biologie synthétique¹⁹⁵. Par ailleurs, une énorme quantité de données sur le climat seraient requises afin de suivre le processus de retrait du CO₂ atmosphérique ou de réduction du rayonnement solaire incident. Des géoingénieurs ont récemment conçu un algorithme spécialisé pour leurs simulations de déploiement de techniques de GRS, et ont conclu que ces algorithmes étaient meilleurs que les humains pour optimiser la sélection des sites de pulvérisation et établir les concentrations nécessaires de dioxyde de soufre¹⁹⁶.

Alors qu'une convergence se dessine entre la géoingénierie, l'intelligence artificielle, la biologie synthétique et le traitement des mégadonnées, la gouvernance démocratique de la géoingénierie est menacée, et les intérêts des entreprises privées sont consolidés.

Contrôle mondial

La géoingénierie remettrait le plein « contrôle » du climat mondial entre les mains de l'élite technocratique, du complexe militaro-industriel et d'entreprises transnationales. Le déploiement de techniques de géoingénierie, qui devra d'ailleurs être maintenu pendant des siècles, nécessiterait le suivi continu du climat et des autres systèmes terrestres à l'échelle de toute la planète. Tous les organismes vivant sur Terre subiraient les conséquences du captage du carbone et de la réduction du rayonnement solaire incident, et leurs réponses seraient supervisées et contrôlées par les géoingénieurs. Le discours sur l'« urgence climatique » a contribué à renforcer l'opinion selon laquelle la géoingénierie serait prétendument une solution inévitable. Ce type de « stratégie du choc¹⁹⁷ » sert à vaincre les inquiétudes de la population au sujet de la géoingénierie, et à obliger le monde à acquiescer au déploiement à grande échelle de solutions techniques dont les risques et les conséquences sont inacceptables. De la sorte, la géoingénierie constitue davantage une tentative de prise de contrôle de la planète qu'une tentative de résolution de la crise climatique.

Militarisation

Les précédentes expériences visant à transformer les conditions météorologiques en armes et leurs implications sont souvent oubliées ou volontairement niées¹⁹⁸. Les expéditions clandestines menées par les États-Unis qui visaient à ensemercer les nuages pendant la guerre du Vietnam ont motivé l'adoption de la Convention ENMOD, qui interdit toute modification des conditions météorologiques à des fins belliqueuses¹⁹⁹. Les instances militaires des États-Unis et des autres pays ont considéré les possibilités de militariser la manipulation des conditions météorologiques pendant des décennies.

Ce type de « stratégie du choc » sert à vaincre les inquiétudes de la population au sujet de la géoingénierie, et à obliger le monde à acquiescer au déploiement à grande échelle de solutions techniques dont les risques et les conséquences sont inacceptables. De la sorte, la géoingénierie constitue davantage une tentative de prise de contrôle de la planète qu'une tentative de résolution de la crise climatique.

Le but des techniques de géoingénierie consiste officiellement à « combattre les changements climatiques », mais la nature même de la géoingénierie lui confère un double usage. Comme l'explique l'historien James Fleming, si tout le monde peut prétendre contrôler le thermostat de la planète, il ne fait nul doute que la géoingénierie peut être et sera employée pour faire des gains militaires ou géopolitiques²⁰⁰.

Violation de traités

Le déploiement de techniques de géoingénierie violerait plusieurs conventions et décisions des Nations unies, notamment la Convention ENMOD et la Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et d'autres matières (Convention de Londres)²⁰¹. Au lieu de promouvoir l'adoption volontaire de lignes directrices pour la recherche ou la mise en place de mécanismes de gouvernance multilatéraux et assujettis au principe de responsabilité, les promoteurs de la géoingénierie ont systématiquement travaillé à saborder et à discréditer les décisions intergouvernementales sur le plan de la géoingénierie. Si ces derniers s'entêtent à ignorer les décisions et les ententes multilatérales existantes, comment pouvons-nous espérer qu'ils respectent les futures décisions qui pourraient entraver la poursuite de leurs ambitions?

Détournement de ressources, de fonds et d'efforts de recherche qui auraient pu être consacrés à de véritables solutions

Les promoteurs de la géoingénierie affirment que le déploiement de techniques de géoingénierie peut être moins risqué que les effets encore inconnus des changements climatiques. Il s'agit toutefois d'une fausse alternative. Légitimer la géoingénierie à titre de solution aux changements climatiques nous détourne de mesures radicales et systémiques qui nous permettraient de lutter efficacement contre les changements climatiques et d'instaurer une justice climatique. Qui plus est, certaines techniques de géoingénierie vont à l'encontre de solutions éprouvées aux changements climatiques. Par exemple, la GRS amenuise l'efficacité des panneaux solaires en réduisant la quantité de rayons solaires incidents. Il existe pourtant des moyens écologiques, équitables et efficaces d'atténuer les changements climatiques et de s'y adapter, qu'il est d'ailleurs urgent de mettre en application. Ces moyens comprennent une réduction draconienne des émissions de GES à la source; la décarbonation de l'économie mondiale; de même que le soutien à des solutions décentralisées, économiquement avantageuses et équitables comme l'agroécologie, les transports en commun, et les installations de production énergétique gérées par les communautés. Malgré cela, de plus en plus d'argent est investi dans la recherche en géoingénierie; la géoingénierie est devenue une question transversale au GIEC; et celle-ci attire l'attention des médias et des chercheurs. Imaginez si toutes ces ressources étaient consacrées à de véritables solutions.

Les promoteurs de la géoingénierie affirment que le déploiement de techniques de géoingénierie serait moins risqué que les effets encore inconnus des changements climatiques. Il s'agit toutefois d'une fausse alternative. Légitimer la géoingénierie comme solution aux changements climatiques nous détourne de mesures radicales et systémiques qui nous permettraient de lutter efficacement contre les changements climatiques et d'instaurer une justice climatique.

Qui tire les ficelles de la géoingénierie?

Vieux fossiles et nouvelle image

Les discussions et les recherches portant sur les techniques de modification volontaire du climat remontent à plusieurs décennies. Ayant notamment été déployées à des fins hostiles, ces techniques sont souvent associées aux militaires comme le montre l'exemple de l'armée des États-Unis qui a utilisé la modification des conditions météorologiques contre le peuple vietnamien durant la guerre du Vietnam²⁰².

Dans un rapport intitulé *Restoring the Quality of Our Environment* publié en 1965, le Comité consultatif scientifique du président des États-Unis prévint que les émissions de CO₂ étaient en train de modifier le bilan thermique terrestre²⁰³. Considéré comme le premier signe de reconnaissance de l'existence des changements climatiques chez de hauts représentants, ce rapport ne recommandait pas de réduire les émissions de CO₂, mais plutôt d'appliquer une série de mesures de géoingénierie. Ses auteurs affirmèrent que la « possibilité d'induire délibérément des changements climatiques compensatoires [...] doit être soigneusement examinée ». Ils suggèrent de répandre des particules réfléchissantes à la surface des mers tropicales (à un coût annuel approximatif de 500 millions de dollars), ce qui pouvait également empêcher la formation d'ouragans. Le Comité spécula également sur l'utilisation des nuages pour contrer le réchauffement planétaire. Comme l'a ironiquement fait remarquer James Fleming, l'historien ayant le plus étudié la modification des conditions météorologiques, le tout premier rapport officiel portant sur les moyens de lutter contre les changements climatiques « n'a pas mentionné l'option la plus évidente : réduire l'utilisation des combustibles fossiles²⁰⁴ ».

Ces deux objectifs, qui consistent respectivement à manipuler le climat à des fins militaires et à épargner l'industrie des combustibles fossiles, continuent à servir de principales motivations pour la recherche en géoingénierie.

Au cours de la dernière décennie, la manipulation du climat a été présentée sous le nom de « géoingénierie » afin que la population oublie l'origine militaire de ce genre de projet, et qu'elle considère cette dernière, malgré ses inconvénients, comme une solution technique permettant de contrer les changements climatiques si les autres moyens de s'attaquer à la crise climatique étaient politiquement ou économiquement compromis.

Un article publié en 2006 par le lauréat du prix Nobel Paul Crutzen, qui proposait de bloquer les rayons du soleil en pulvérisant des particules de soufre dans la stratosphère afin de faire baisser la température de la planète, donna une impulsion décisive à la nouvelle image des manipulations climatiques. Non pas parce que ce personnage fut le premier à en parler, mais bien parce que son image publique et son parcours scientifique permirent de légitimer la géoingénierie²⁰⁵. Ironiquement, Crutzen a été nobélisé pour ses recherches sur la couche d'ozone, un problème environnemental qui serait exacerbé par l'ajout d'aérosols soufrés dans la stratosphère²⁰⁶.

La géoclique

Parmi les scientifiques qui ont réfléchi à la géoingénierie avant Paul Crutzen se trouvent Ken Caldeira du département d'Écologie mondiale de la Carnegie Institution for Science, qui est rattachée à l'Université Stanford, et David Keith de l'Université de Calgary (qui travaille maintenant à l'Université Harvard).

Caldeira a travaillé jusqu'en 2005 au Lawrence Livermore National Laboratory, une usine d'armes nucléaires exploitée pendant la guerre froide. C'est à cet endroit qu'il rencontra Lowell Wood, l'inventeur de l'Initiative de défense stratégique (mieux connue sous le nom de « guerre des étoiles », il s'agit de l'une des chevilles de la doctrine de la « destruction mutuelle assurée »).

Il n'est donc pas étonnant d'apprendre que Wood est un fervent partisan de la géoingénierie, tant à des fins militaires que climatiques. Si Caldeira accueillit initialement avec scepticisme plusieurs idées de Wood, il finit par mener ses propres recherches dans le domaine de la géoingénierie²⁰⁷.

À peu près à cette époque, Keith et Caldeira, qui agissaient à titre de conseillers en matière de changements climatiques auprès de Bill Gates, parvinrent à intéresser ce dernier à la géoingénierie. En 2007, le milliardaire entreprit son rôle de « vieux mécène » de la géoingénierie, comme l'a surnommé le journaliste Oliver Morton²⁰⁸. Avec ses lieutenants Keith et Caldeira, Gates donna le coup d'envoi au Fonds pour la recherche innovante sur le climat et l'énergie (FICER) en se servant d'argent puisé à même sa fortune personnelle qu'il offrit d'abord en cadeau à l'Université de Calgary puis à l'Université Harvard²⁰⁹. Keith et Caldeira financèrent leurs propres recherches sur la géoingénierie à même le FICER, mais octroyèrent également des subventions à d'autres chercheurs à l'extérieur de leurs établissements. Autour d'eux commença à se former un réseau de chercheurs en géoingénierie, que le journaliste Eli Kintisch désignera plus tard sous le nom de « géoclique »²¹⁰.

Le nombre de chercheurs membres de ce réseau a augmenté depuis lors, et les promoteurs de la géoingénierie diraient même qu'il a grandi de manière notable. Néanmoins, le groupe de personnes qui dirige les travaux de recherche, signe les articles publiés et détient les brevets sur les techniques demeure restreint, et il continue de rassembler plus ou moins les mêmes membres incontournables de la géoclique. Ce petit groupe bien soudé apparaît très clairement au sein de la carte de la géoingénierie qu'ont tracée Paul Oldham et ses collaborateurs²¹¹.

Les cliques ne font pas bon ménage avec la démocratie ou la science

« Bien qu'étant encore au stade de son enfance, le bassin de la géoingénierie se développe maintenant autour d'un réseau d'individus entretenant des liens personnels, interétablissements et financiers. Au centre de ce réseau se trouve une paire de scientifiques nord-américains activement engagés dans la recherche en géoingénierie : David Keith et Ken Caldeira. »

— Clive Hamilton, 2013

Comme le souligne Clive Hamilton, il y a plusieurs problèmes avec la géoclique, ce réseau incestueux de chercheurs qui ont un fort penchant pour la culture technocrate étasunienne, et qui se sont eux-mêmes transformés en « valets » de la géoingénierie.

Tout d'abord, il y a présence de conflits d'intérêts flagrants lorsque les membres de la géoclique prétendent être des « chercheurs scientifiques » alors que la plupart d'entre eux détiennent des brevets et des parts dans des

entreprises susceptibles de faire d'énormes profits si ces techniques sont adoptées et

déployées. Ils sont peut-être

préoccupés par le sort de la planète, mais il n'en demeure pas moins qu'ils sont également motivés par des intérêts personnels. Par exemple, David Keith est fondateur et propriétaire de Carbon Engineering, une entreprise spécialisée dans le captage direct du CO₂ atmosphérique dans laquelle Gates a investi. Clive Hamilton offre d'autres exemples :

En plus de conseiller Gates et de distribuer ses fonds de recherche, Ken

Caldeira est lié à Gates par l'entremise d'une firme connue sous le nom d'Intellectual Ventures, constituée d'anciens employés de Microsoft et dirigée par Nathan Myhrvold, anciennement directeur de la technologie chez Microsoft. Caldeira est considéré comme un « inventeur » chez Intellectual Ventures. En 2007, Lowell Wood, qui fut le mentor universitaire de Myhrvold, a quitté le Lawrence Livermore National Laboratory pour se joindre à Intellectual Ventures. Gates est un investisseur.

Les membres de la géoclique semblent être parvenus à accomplir une prophétie autogénérée : ils produisent de la documentation à laquelle réfère le GIEC lorsqu'il étudie les solutions possibles aux changements climatiques (« il existe de la littérature scientifique sur le sujet », dit le GIEC en guise d'excuse pour considérer la géoingénierie), sont ensuite embauchés pour rédiger les rapports de l'organisation (qui d'autre pourrait le faire ?) pour finalement se réviser l'un l'autre, à l'intérieur du même cercle.

L'entreprise, dont la devise est « les inventeurs ont le pouvoir de changer le monde », a mis au point le « StratoShield », qui consiste en un tuyau suspendu dans les airs par des ballons dirigeables afin d'y pulvériser des aérosols de sulfate. Ce dispositif est présenté comme « un moyen pratique et peu coûteux de renverser le réchauffement catastrophique de l'Arctique — ou de la planète entière ». Intellectual Ventures a breveté plusieurs dispositifs de géoingénierie, incluant une pompe marine remontant de l'eau froide à la surface. Ce brevet mentionne Caldeira, Myhrvold et Gates à titre d'inventeurs²¹².

Malgré l'existence de nombreux conflits d'intérêts, la plupart des membres de la géoclique jouent un rôle prépondérant dans tous les rapports portant sur la géoingénierie, dont celui de la Royal Society (2009); ceux du National Research Council aux États-Unis (2015); et même celui de Novim, financé par des fonds privés et commandé par Steve Koonin, alors responsable scientifique pour l'entreprise pétrolière BP. Ce dernier rapport financé par l'industrie pétrolière a également obtenu de l'argent du FICER²¹³.

Un autre fait est encore plus consternant : jouissant du soutien des États-Unis et d'autres gouvernements épris de pétrole, tous les membres de la géoclique ont leurs entrées au GIEC et y agissent à titre d'auteurs de divers rapports sur les changements climatiques. Or, il est difficile de faire admettre des documents critiques n'émanant pas de leur cercle, car ils représentent « la » référence en la matière. Leurs efforts de lobbying au GIEC laissent des marques particulièrement visibles dans les rapports que cette organisation est en train de préparer, comme son rapport spécial sur les impacts d'un réchauffement climatique de 1,5 °C et son sixième rapport d'évaluation (RÉ6), dans lesquels le GIEC semble faire preuve de partialité pour la géoingénierie au détriment de nombreuses autres options possibles.

De la sorte, les membres de la géoclique semblent être parvenus à accomplir une prophétie autogénérée : ils produisent de la documentation à laquelle réfère le GIEC lorsqu'il étudie les solutions possibles aux changements climatiques (« il existe de la littérature scientifique sur le sujet », dit le GIEC en guise d'excuse pour considérer la géoingénierie), ils sont ensuite embauchés pour rédiger les rapports de l'organisation (qui d'autre pourrait mieux le faire?), pour finalement se réviser l'un l'autre, à l'intérieur du même cercle.

Un second problème réside dans le fait que la géoclique prétend détenir une expertise dans une foule d'autres domaines qui ne sont pas du ressort de la technique. La géoclique affirme de facto avoir de l'expertise sur diverses matières sociales, économiques et politiques, sans compter que ses membres sont passés maîtres dans l'art de critiquer leurs propres propositions. Comme le souligne Hamilton :

Dans le domaine en émergence de la géoingénierie, les scientifiques ont joué un rôle privilégié en donnant des conseils non seulement sur les aspects techniques, mais également sur les dispositifs de gouvernance, les préoccupations d'ordre éthique et les négociations internationales malgré leur manque d'expertise. Les deux rapports de la Royal Society (qui est le pendant britannique de la National Academy of Sciences), de même qu'un certain nombre de rapports influents rédigés par des groupes dominés par les scientifiques, constituent une preuve de cela²¹⁴.

Publications et brevets : qui donc est propriétaire de la géoingénierie?

« En l'absence d'une structure de gouvernance encadrant les techniques du génie climatique comme la gestion du rayonnement solaire (GRS), les pratiques de la recherche scientifique et de la protection de la propriété intellectuelle peuvent de facto façonner le développement du champ. Il est donc important de mettre en lumière les tendances émergentes de la recherche et du brevetage. » — Paul Oldham et coll., 2014

Le nombre de publications reliées à la géoingénierie a constamment augmenté au cours de la dernière décennie, mais ce phénomène n'est pas dû à un intérêt généralisé grandissant pour ce domaine. Ces publications sont pour la plupart rédigées par la même poignée d'auteurs principaux — tous sont, sans surprise, membres de la géoclique, et la majorité d'entre eux sont des hommes blancs d'origine anglo-saxonne et de confession protestante²¹⁵ — dont les recherches sont soutenues par un petit groupe de bailleurs de fonds. La vaste majorité des auteurs et des bailleurs de fonds sont originaires des États-Unis ou du Royaume-Uni; dans une moindre mesure, ils proviennent également de la Chine, de la Russie et d'autres pays européens.

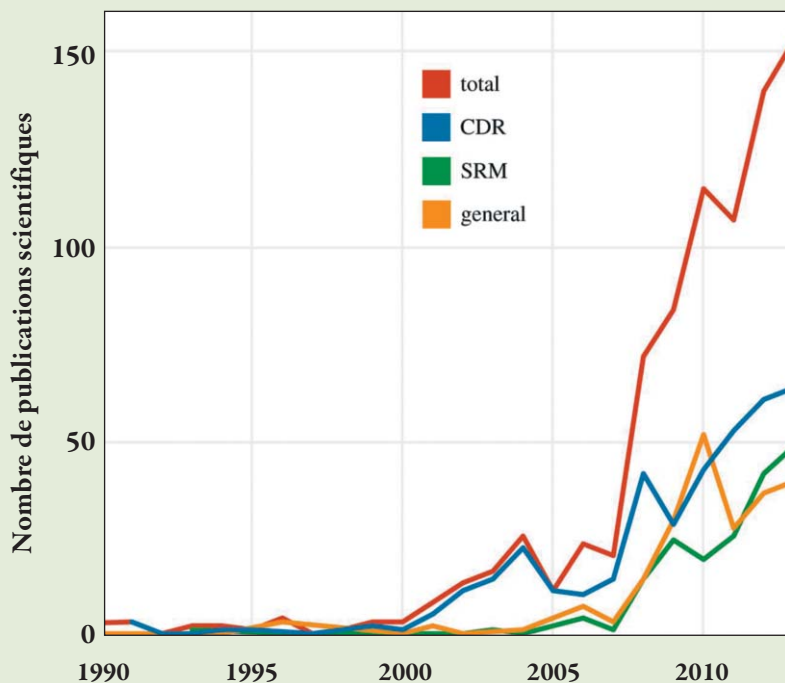
Ces données sont tirées d'une analyse bibliométrique menée par Paul Oldham et ses collaborateurs²¹⁶. D'après leurs résultats, l'augmentation du nombre de publications est en partie causée par la parution, en 2006, d'un article de Paul Crutzen qui propose de bloquer les rayons du soleil à l'aide de particules de soufre²¹⁷. Toutefois, cette augmentation se fait particulièrement sentir à partir de 2008, ce que les auteurs de l'analyse considèrent être le reflet des débats qui ont simultanément eu lieu à la table de la Convention sur la diversité biologique, à celle de la Convention de Londres, de même qu'au sein de la société civile²¹⁸.

L'analyse bibliométrique a permis de recenser 825 publications scientifiques sur le génie climatique parues entre 1975 et 2013; la majeure partie d'entre elles abordent l'ADC, mais un nombre substantiel de celles-ci constituent des propositions de GRS.

Parmi les établissements qui ont publié le plus activement dans le domaine de la recherche en géoingénierie, il est possible de retrouver : le National Centre for Atmospheric Research (États-Unis), l'Institut Max-Planck (Allemagne), l'Université Rutgers (États-Unis), le Meteorological Office (Royaume-Uni), le département d'Écologie mondiale de la Carnegie Institution for Science rattachée à l'Université Stanford (États-Unis), et l'Université de Leeds (Royaume-Uni).

L'analyse bibliométrique de l'équipe d'Oldham a en outre relevé 1 961 auteurs. La majorité d'entre eux (1 343) ont publié sur l'ADC, 401 sur la GRS et 325 sur la géoingénierie en général. Cependant, après avoir regroupé les réseaux et les regroupements en fonction des sujets abordés et de la paternité des publications, l'équipe d'Oldham a découvert que 20-25 auteurs — incluant Ken Caldeira, David Keith, Peter Irvine, Alan Robock, Ben Kravitz, Simone Tilmes, Olivier Boucher, Philip Rasch, Govindasamy Bala, Georgiy Stenchicov et John Latham — dominant l'ensemble. Ces derniers sont presque tous membres de la géoclique, bien que certains s'en distancient et demeurent plus critiques. Tous ont été auteurs de chapitres parus dans au moins l'un des rapports d'évaluation du GIEC.

Principales tendances dans les publications scientifiques en géoingénierie



Source: P. Oldham et al. *Phil. Trans. R. Soc A* 2014;372:20140085

« Nous tenons à souligner que les décisions en matière de collaboration sont typiquement prises de manière individuelle par les chercheurs, et la déclaration de telles collaborations peut ne pas être systématique. Ces réseaux sont dissimulés aux organismes de financement, et sont également dissimulés, au-delà des collaborations directes, aux chercheurs eux-mêmes. » — Paul Oldham et coll., 2014

L'information sur les organismes subventionnaires est rare, et l'analyse n'est parvenue à établir la provenance des fonds que de 34 % des cas. Sur la base des données disponibles, il appert que le financement de la géoingénierie est dominé par les organisations suivantes (classées selon un ordre décroissant du nombre de publications) : la National Science Foundation (NSF, États-Unis), le Natural Environment Research Council (Royaume-Uni), la Commission européenne, le département de l'Énergie des États-Unis, la National Aeronautics and Space Agency (NASA, États-Unis) et la Fondation nationale des sciences naturelles (Chine).

La cartographie du réseau de financement de la GRS révèle une plus grande présence et une concentration plus étroite autour de la NSF, de la Commission européenne et de la NASA. La carte montre également des bailleurs de fonds privés qui recourent à des organisations non gouvernementales comme le FICER (alimenté par les dons de Bill Gates) et la Fondation Maj et Tor Nessling.

L'analyse relève en outre l'existence de 143 familles de brevets (premières soumissions) liées à des techniques de géoingénierie — dont 28 sont liées aux techniques de GRS —, ces familles rassemblant un total de 910 brevets. Plusieurs d'entre eux sont directement ou indirectement (par l'entremise des investisseurs) reliés aux membres de la géoclique.

Recherche en géoingénierie

La majeure partie de la recherche dans ce domaine est menée aux États-Unis ainsi qu'en Europe, où certains pays tels que le Royaume-Uni et l'Allemagne jouent un rôle clé. La manière de mener la recherche tend à se distinguer entre les chercheurs étasuniens et européens : ces derniers mènent leurs projets en portant généralement plus d'attention aux impacts environnementaux, à la participation sociale et aux lacunes sur le plan de la gouvernance. Dans la section suivante, nous présentons les principaux projets de recherche dans le domaine de la géoingénierie.

Projets de recherche multinationaux

IMPLICC

Financé par l'Union européenne, le projet Implications and Risks of Engineering Solar Radiation to Limit Climate Change (IMPLICC) a été mené entre juillet 2009 et septembre 2012 par cinq établissements scientifiques basés en France, en Allemagne et en Norvège. Les activités du projet étaient coordonnées par l'Institut Max-Planck de météorologie basé à Hambourg²¹⁹. L'équipe du projet a créé des modèles informatiques et s'est servie de deux des scénarios utilisés par le GIEC pour étudier les impacts de trois techniques de GRS (injection d'aérosols stratosphériques, miroirs spatiaux et blanchiment des nuages marins).

Selon le scénario prévoyant un quadruplement des concentrations de CO₂ en 2100 (scénario du « maintien du statu quo »), de vastes régions de l'Amérique du Nord et du Nord-Est de l'Eurasie observeraient une forte réduction de leurs précipitations — d'environ 15 % par rapport aux quantités préindustrielles. Tous les modèles indiquent une réduction des précipitations pour le centre de l'Amérique du Sud, cette réduction pouvant excéder 20 % dans le bassin amazonien. D'autres régions tropicales observeraient des changements positifs et négatifs similaires. Dans l'ensemble, les quatre modèles étudiés prévoient une réduction moyenne de 5 % des précipitations mondiales. « Les impacts de ces changements restent encore à déterminer, mais la principale conclusion est que les conditions climatiques induites par la géoingénierie sont différentes à toutes

celles précédemment observées, et ce, même s'il s'agissait de reproduire la température mondiale moyenne de conditions climatiques antérieures », a indiqué Hauke Schmidt, l'auteur principal de l'article dans lequel les résultats ont été publiés²²⁰.

Le projet IMPLICC a également produit des scénarios portant sur les impacts économiques de la géoingénierie. Son équipe a conclu que dans la plupart de ces scénarios, la géoingénierie aurait des impacts négatifs sur l'économie qui se traduiraient par une baisse du produit intérieur brut dans plusieurs régions du monde, particulièrement en Asie²²¹.

L'équipe du projet a également indiqué que les conséquences du génie climatique demeurent hautement incertaines en raison de la compréhension limitée des processus climatiques en général. Par exemple, la manipulation des nuages marins est basée sur des interactions entre les nuages et les particules qui, selon l'équipe du projet IMPLICC, constituent l'une des « grandes questions irrésolues » de la climatologie. De même, l'injection de soufre dans la stratosphère ne provoquerait pas seulement des effets radiatifs, mais également des effets dynamiques qui sont mal compris. Dans ses conclusions, l'équipe du projet souligne que les implications politiques, éthiques et légales doivent être considérées, sans compter la nécessité d'améliorer la compréhension des impacts économiques.

« ... les conditions climatiques induites par la géoingénierie sont différentes à toutes celles précédemment observées, et ce, même s'il s'agissait de reproduire la température mondiale moyenne de conditions climatiques antérieures... »

Hauke Schmidt, 2012

Elle mentionne également que sur la base des résultats de ses modèles, il paraît évident que la géoingénierie ne peut pas être considérée comme une solution de rechange à la réduction des émissions de GES dans la lutte contre les changements climatiques²²².

EuTRACE

Également financé par l'Union européenne, le projet European Transdisciplinary Assessment of Climate Engineering (EuTRACE) s'est déroulé entre 2012 et 2015; il rassemblait 14 établissements universitaires et centres de recherche répartis parmi l'Allemagne, le Royaume-Uni, la France, l'Autriche et la Norvège²²³.

Le principal produit livrable de ce projet consiste en un rapport évaluant le potentiel, les risques et les incertitudes reliés aux techniques de géoingénierie abordées lors de discussions sur les changements climatiques ainsi que sur les mesures permettant de les atténuer ou de s'y adapter. Ce rapport se concentre sur la bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS), la fertilisation des océans par le fer (FOF) et l'injection d'aérosols stratosphériques (IAS).

Le passage qui suit est extrait des principales conclusions du rapport du projet EuTRACE :

En général, nous ne savons pas exactement s'il serait possible de mettre au point et de déployer une quelconque technique de génie climatique dans la mesure où elle pourrait être employée pour atténuer de manière importante les changements climatiques. De plus, il est difficile de savoir si les coûts et les impacts pour la société et l'environnement associés à chaque technique seraient considérés comme acceptables s'ils sont compensés par une réduction du réchauffement planétaire et de ses impacts, ou encore de savoir comment une telle acceptabilité ou inacceptabilité pourrait être établie de manière démocratique.

Sur le plan du fonctionnement des techniques de géoingénierie, le rapport conclut que celles-ci « rencontrent de nombreux défis scientifiques et techniques », ce qui inclut l'absence de preuves quant à leur faisabilité technique et économique. Le rapport souligne en outre nécessité de développer :

[...] une compréhension beaucoup plus poussée des processus physiques sous-jacents tels que la microphysique des nuages et des particules, de même que de la manière dont leur modification influencerait le climat à une échelle mondiale et régionale [...] Un autre défi généralement associé à la suppression des gaz à effet de serre et à la modification de l'albédo est que leur utilisation pourrait engendrer de nombreux impacts négatifs sur les écosystèmes et l'environnement, la plupart de ceux-ci étant actuellement incertains ou inconnus.

Quant au contexte social, le rapport exprime certaines préoccupations, notamment en ce qui concerne l'« aléa moral » :

[...] la crainte que la recherche en génie climatique ait un effet dissuasif sur l'ensemble des efforts pour réduire ou éviter les émissions de gaz à effet de serre; [...] l'impact des différentes techniques de génie climatique sur la sécurité des humains, les conflits et la stabilité sociale; [...] les considérations sur le plan de la justice, incluant la distribution des bénéfices et des coûts, la justice procédurale reliée à la prise de décision démocratique, et les compensations pour les préjudices subits dans certaines régions par des mesures qui bénéficient aux autres.

Sur le plan de la gouvernance, le rapport indique qu'« il n'existe actuellement aucun organe international créé en vertu d'un traité en mesure de réglementer l'absorption des gaz à effet de serre, la modification de l'albédo ou le génie climatique dans son ensemble. La mise sur pied d'un traité (ou de plusieurs traités) mondial destiné à cette fin constituerait à l'heure actuelle une entreprise beaucoup trop vaste, pour autant qu'elle soit possible ».

Pour l'instant, les auteurs du rapport suggèrent de tenir compte des « discussions et des résolutions adoptées » à la table de la CDB et de la Convention de Londres (incluant son Protocole de 1996). Ils proposent en outre à l'Union européenne de tenter d'établir un lien collaboratif entre les organes responsables de ces cadres réglementaires et de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) afin de parvenir à une position commune sur les diverses techniques et les aspects généraux de la géoingénierie en tenant compte du « principe de précaution, de la réduction des préjudices, du principe de transparence, du principe de la collaboration internationale et du concept de recherche à titre de bien public ».

Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP)

Le GeoMIP est un vaste projet de recherche international qui utilise différents modèles climatiques informatiques pour déterminer les effets de différentes techniques de gestion du rayonnement solaire sur le climat²²⁴. Financé par Alan Robock et Ben Kravitz en 2010, le projet a entrepris plusieurs séries de comparaisons, ce qui a mené à la publication d'une cinquantaine d'articles. Les études menées dans le cadre du GeoMIP ont joué un rôle important dans la reconnaissance des effets les plus probables des techniques de GRS, dont la répartition inégale de leurs effets parmi les différentes régions du monde (par ex., de graves effets sur la mousson en Asie et sur la sécheresse en Afrique). Comme son nom l'indique, le GeoMIP compare les résultats issus de différents modèles, ce qui permet de mieux comprendre leurs similitudes et différences, et de montrer à quels aspects se rattachent les principales incertitudes.

Le Groupe ETC a produit une fiche d'information en se servant des résultats du GeoMIP pour mettre en lumière les impacts régionaux de la GRS sur l'Asie, l'Afrique et l'Amérique latine²²⁵. En 2015, un projet associé au GeoMIP, nommé CDR-MIP, a vu le jour afin d'étudier les effets des techniques de GRS²²⁶.

Programmes nationaux

Chine : mécanismes et impacts de la géoingénierie

Sous l'égide de son ministère de la Science et de la Technologie, la Chine mène un projet de recherche soutenu par des fonds fédéraux provenant du programme national chinois de recherche fondamentale, et dont le budget s'élève approximativement à trois millions de dollars²²⁷. Commencé en 2014, ce projet comporte trois domaines d'activités :

- 1) comprendre les mécanismes de la géoingénierie et concevoir des plans pour son déploiement;
- 2) évaluer les impacts de la géoingénierie sur le climat en analysant les résultats des simulations passées et actuelles du GeoMIP;
- 3) évaluer les impacts, les risques et les mécanismes de gouvernance associés à la géoingénierie.

Quatre établissements universitaires et de recherche de Chine collaborent dans le cadre de ce projet. Son équipe compte 15 membres du corps professoral et 40 étudiants, tous dirigés par le professeur John Moore de l'Université normale de Beijing²²⁸. Le projet exclut tout développement technologique et toute expérience menée à l'extérieur²²⁹.

En raison du nombre de chercheurs composant son équipe, il s'agit du plus important projet de recherche en géoingénierie au monde; il demeure toutefois modeste considérant les us et coutumes chinois.

Programmes nationaux européens

Outre les projets de recherche collaboratifs multinationaux, plusieurs pays d'Europe possèdent également leurs propres programmes de géoingénierie. Ceux-ci ont été ou sont menés par des universités et des établissements de recherche; ils comprennent notamment les Integrated Assessment of Geoengineering Proposals (IAGP, 2010-2015) et le projet Stratospheric Particle Injection for Climate Engineering (SPICE, 2010-2014), tous deux financés par le Natural Environment Research Council (Royaume-Uni); le projet norvégien EXPECT (2014-2016); et le programme prioritaire allemand sur la géoingénierie (2013-2019), qui est coordonné par le Kiel Earth Institute et auquel participent 17 établissements universitaires et de recherche allemands.

En avril 2017, un programme de recherche britannique ayant pour objet l'absorption des GES a été lancé. Ce programme bénéficie d'un financement conjoint de 8,6 millions de livres sterling provenant du Natural Environment Research Council (NERC), de l'Economic and Social Research Council (ESRC), de l'Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) et du département des Affaires, de l'Énergie et des Stratégies industrielles (BEIS)²³⁰.

Programmes de recherches étasuniens

Aux États-Unis, la National Academy of Sciences et le National Research Council ont produits deux longs rapports sur la géoingénierie en 2015; l'un se concentre sur l'ADC, l'autre sur la GRS²³¹.

Des programmes de recherche en géoingénierie sont menés à l'US National Center for Atmospheric Research, au Pacific Northwest National Laboratory, à la Carnegie Institution for Sciences, à l'Université Cornell, à l'Université de Washington et à l'Université Rutgers, pour ne nommer que ceux-là.

En avril 2017, David Keith a créé à l'Université Harvard un programme sur la gestion du rayonnement solaire, ce dernier étant financé par plusieurs fondations privées ainsi que des dons personnels de Bill Gates et d'autres philanthropes²³².

Contrairement aux projets et aux programmes de recherche européens et chinois, ceux des États-Unis entendent mener des expériences sur le terrain. Notamment, le programme lancé par Keith à Harvard a annoncé son objectif de mener une expérience de GRS sur le terrain en 2018 (SCoPEX; voir l'étude de cas VII présentée au chapitre 3).

En novembre 2017, sous l'administration Trump, le Congrès des États-Unis a tenu une audition sur la géoingénierie; cela pourrait être un signe avant-coureur de l'intention de ce pays de mettre sur pied un programme national de recherche dans ce domaine²³³.

Le GIEC est-il en train de banaliser la géoingénierie?

Jusqu'à récemment, le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) n'avait jamais abordé sérieusement la géoingénierie. Les deuxième, troisième et quatrième rapports d'évaluation de l'organisation en ont timidement fait mention, indiquant, par exemple, que « les options offertes par la géoingénierie sont grandement spéculatives, ne sont pas démontrées, et risquent de comporter des effets secondaires inattendus ».

Ces dernières années, le GIEC semble toutefois être devenu la cible du lobby en faveur de la géoingénierie, qui voit cette organisation comme un moyen de banaliser le recours à la géoingénierie aux yeux de la communauté internationale — un endroit où la géoingénierie peut être considérée comme une simple « option supplémentaire », au même titre que les mesures pour atténuer les changements climatiques ou s'y adapter.

En 2011, le GIEC a organisé une rencontre d'experts en géoingénierie, une initiative d'ailleurs vertement critiquée par 160 organisations nationales et internationales issues de la société civile. L'une des critiques formulées stipulait que le GIEC, qui est un comité scientifique consultatif, ne doit pas se mêler de gouvernance — celle-ci implique des décisions politiques qui n'ont rien à voir avec les aspects techniques²³⁴.

Un autre facteur gagne en importance au sein de l'argumentaire favorisant d'envisager le recours aux techniques de géoingénierie, en particulier la GRS et l'ADC : le fait que le GIEC considère que les GES déjà présents dans l'atmosphère, notamment le CO₂, possèdent un effet radiatif rémanent. En conséquence, même si les émissions de GES étaient aujourd'hui réduites de manière draconienne, l'effet de serre persisterait. Voilà pourquoi de plus en plus de scientifiques et de gouvernements semblent considérer qu'il soit « inévitable » de recourir à certaines techniques d'ADC pour éliminer l'excès de CO₂ dans l'atmosphère. Or, ce point de vue soulève nombre de préoccupations.

Bien qu'à n'en point douter, l'état du climat soit alarmant, les hypothèses sur lesquelles sont fondés les modèles auxquels le GIEC réfère sont alimentées par des données (physiques, climatiques, économiques) estimatives. Les bases de ces modèles peuvent donc varier en fonction de nouvelles connaissances scientifiques, ou encore en fonction du type de science envisagé. Certains des modèles sur lesquels repose le travail du GIEC, les modèles climatiques par exemple, ont changé d'un rapport d'évaluation à l'autre; cependant, les modèles économiques sont demeurés sensiblement inchangés. Les modèles peuvent ne pas tenir compte de certaines variables ou interactions, ou, au contraire, en exagérer les effets. Les modèles ne doivent donc pas être considérés comme immuables.

Par ailleurs, même si les GES déjà présents dans l'atmosphère auront des effets à long terme sur le climat, il existe de nombreux moyens de rechange à la géoingénierie pour résorber une partie des GES en excès. La restauration prudente des écosystèmes naturels et l'agriculture agroécologique en sont deux exemples, mais le GIEC ne semble pas les considérer.

Le GIEC a entrelardé son cinquième rapport d'évaluation (RÉ5), paru en 2014, de brèves sections analysant certaines techniques d'ADC. Son rapport de synthèse mentionne brièvement les techniques de GRS aussi :

Les techniques de gestion du rayonnement solaire soulèvent des questions de coûts, de risques, de gouvernance et d'incidences éthiques à l'égard de leur mise au point et de leur déploiement.

Elles représentent de nouveaux enjeux particuliers pour les institutions et les mécanismes internationaux qui pourraient coordonner les recherches dans ce domaine, et éventuellement restreindre leurs essais et leur déploiement. Quand bien même cette gestion permettrait de modérer l'augmentation des températures d'origine anthropique à l'échelle mondiale, elle impliquerait une redistribution des risques dans l'espace et dans le temps. Elle soulève donc d'importantes questions de justice intragénérationnelle et intergénérationnelle. La recherche sur ces techniques et, à terme, leur déploiement a fait l'objet d'objections de nature éthique. Malgré les coûts estimés potentiellement faibles de certaines de ces techniques, celles-ci ne présentent pas nécessairement un bon bilan coûts-avantages si l'on prend en compte l'ensemble des risques et des effets secondaires. Leurs implications sur le plan de la gouvernance sont particulièrement préoccupantes, notamment du fait que des mesures prises unilatéralement pourraient entraîner des conséquences et des coûts importants pour d'autres parties ²³⁵.

En dépit du manque de connaissances quant aux impacts, le GIEC considère l'utilisation extensive d'une technique de géoingénierie dans son cinquième rapport d'évaluation (RE5) : la bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS), laquelle intervient dans la majorité des scénarios envisagés pour l'avenir. Les profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP) présentés aux décideurs politiques recourent fortement à la BECCS et aux techniques à « émissions négatives », sans toutefois considérer leur faisabilité ni les lourds impacts sur la société, la sécurité alimentaire et l'environnement que leur déploiement à grande échelle pourrait causer. Ce faux pas a donné lieu à la publication d'un nombre grandissant de documents très critiques émanant des médias scientifiques et des organisations de la société civile²³⁶.

Malgré ce tollé, la géoingénierie, qu'il s'agisse de techniques d'AGES ou de GRS, fait de fréquentes apparitions dans la version préliminaire du RE6 qui a été approuvée. Elle figure surtout dans les travaux du Groupe de travail III, responsable des mesures d'atténuation, mais il en est également question dans ceux du Groupe de travail I, qui se charge de la science du climat.

Il est plutôt illogique de voir le Groupe de travail I aborder la question de la géoingénierie, car il ne s'agit pas d'une science. Il s'agit plutôt d'un ramassis de propositions spéculatives fondées sur des modèles informatiques dont les hypothèses changent constamment — parce que la complexité du système climatique et des changements climatiques excède amplement ce que les modèles peuvent expliquer avec certitude. Il est encore plus illogique de voir le Groupe de travail I se pencher sur ces techniques alors qu'il ne considère aucun autre moyen — déjà existant ou projeté — de lutter contre les changements climatiques. Ces incohérences mettent en lumière une approche bibliographique partielle qui favorise la documentation sur la géoingénierie.

Le Groupe de travail III préparera également un chapitre spécial portant sur les perspectives « transversales » qui abordera les techniques de géoingénierie qui ne sont pas couvertes par les autres chapitres. La géoingénierie compte en outre parmi les questions transversales abordées par l'ensemble des Groupes de travail (I, II et III), qui produiront une section lui étant consacrée.

Alors que le RE5 place des espoirs démesurés et scientifiquement injustifiés dans la BECCS et l'afforestation, le RE6 discutera en long et en large de presque toutes les techniques de géoingénierie existantes — état actuel, coûts, risques et impacts, potentiel.

Comme mentionné plus tôt dans ce chapitre, le fait que la vaste majorité des personnes qui rédigent, critiquent et révisent la documentation sur la géoingénierie fait partie du même cercle de géoingénieurs représente un grave problème. Ce dangereux climat autoréférentiel ne laisse aucune place aux points de vue critiques de la société civile et des gouvernements, ni aux solutions qui ne sont pas du ressort de la géoingénierie.

La présence d'employés de l'industrie des combustibles fossiles parmi les auteurs du GIEC constitue une autre source de préoccupations; la société civile considère d'ailleurs qu'il s'agit là d'un conflit d'intérêts flagrant²³⁷. Ce fait s'ajoute à celui que l'actuel président du GIEC est un ancien employé d'ExxonMobil qui a déjà publiquement admis que la géoingénierie devait être considérée²³⁸.

Les marchands de climat

Bien qu'encore sous-développée et contestée, l'économie politique de la géoingénierie est en train de prendre son envol. Les intérêts commerciaux esquissent les contours d'une faction d'acteurs qui retirent des avantages économiques personnels si la recherche en géoingénierie se poursuit et si, ultimement, les techniques qu'elle propose sont déployées. Cette faction pourrait se transformer en un lobby commercial mieux organisé, capable d'exercer une pression accrue sur les gouvernements et les organes de gouvernance internationale.

La géoingénierie est un sujet trop polémique pour la plupart des grandes sociétés investisseuses. Par ailleurs, les industries pétrolière et automobile sont probablement plus enclines à financer des solutions et des organisations favorables au marché qu'à favoriser ouvertement des solutions de géoingénierie. Les mécènes milliardaires octroient d'importantes sommes d'argent aux projets de géoingénierie, de petites entreprises prennent le relais pour développer leur aspect commercial, et certaines grosses entreprises commencent tranquillement à financer la recherche tout en tentant d'influencer les politiques dans ce domaine.

Les milliardaires prétendent passionnés par le sauvetage de la planète — en faisant des profits par la même occasion — ont commencé à soutenir la géoingénierie. Richard Branson, chef de la direction chez Virgin Airlines, a offert 25 millions de dollars dans le cadre de son « Virgin Earth Challenge » afin que soit mise au point une solution technique pour le climat²³⁹. Il a également consacré des ressources considérables à la « Carbon War Room », une sorte de quartier général de la géoingénierie, en plus d'avoir fait la promotion de propositions de techniques à bilan carbone négatif comme le CDA et la BECSC, sans compter qu'il a manœuvré pour obtenir des crédits de carbone par l'entremise du biocharbon et du blanchiment des nuages. Branson s'attache obstinément à la géoingénierie, ayant déjà dit que « si nous pouvions parvenir à une solution de géoingénierie à ce problème, Copenhague serait alors inutile. Nous pourrions continuer à piloter nos avions et à conduire nos voitures²⁴⁰ ».

*Les milliardaires
prétendent
passionnés par le sauvetage
de la planète — et faisant
des profits par la même
occasion — ont commencé à
soutenir la
géoingénierie.*

De son côté, Bill Gates a octroyé 8,5 millions de dollars à David Keith et à Ken Caldeira afin qu'ils mènent de la recherche en géoingénierie et sur les aspects climatiques qui y sont reliés²⁴¹. Et Nathan Myhrvold, anciennement directeur de la technologie chez Microsoft, a breveté des techniques de géoingénierie par l'entremise de son entreprise Intellectual Ventures, incluant le StratoShield, un tuyau suspendu à un ballon flottant dans le ciel pulvérisant des aérosols de sulfates²⁴². Gates (par l'entremise du FICER) et Branson (par l'entremise de la Carbon War Room) ont offert du financement à la Solar Radiation Management Governance Initiative chapeauté par la Royal Society du Royaume-Uni²⁴³.

Il existe des entreprises pour lesquelles sauver la planète — exclusivement à l'aide de solutions techniques — devient de plus en plus un prérequis à la poursuite de leur insatiable quête de profits. Elles demeurent relativement discrètes sur le plan de la géoingénierie; leur rôle consiste plutôt à tenter d'infléchir les critères politiques de manière à ce que des notions et des activités jusqu'alors impensables — par ex., le dépassement du plafond d'émissions de GES, les cibles d'émissions nettes zéro, la gestion du rayonnement solaire — deviennent de plus en plus communes et acceptables.

Parmi les grosses entreprises, ce sont celles rattachées à l'industrie pétrolière qui dominent. Haroon Khesghi, principal conseiller scientifique chez ExxonMobil recruté au Lawrence Livermore National Laboratory, agit à titre de personne-ressource sur la question de la géoingénierie²⁴⁴. Il a été le premier à proposer, sur la base de travaux de recherche financés par ExxonMobil, de chauler les océans afin de réduire leur acidification²⁴⁵. ExxonMobil a également influencé des rapports « indépendants » sur la géoingénierie et a financé un rapport favorable à la GRS. Ancien directeur général d'ExxonMobil aujourd'hui devenu secrétaire d'État des États-Unis, Rex Tillerson a décrit les changements climatiques comme un « problème d'ingénierie » qui requiert des « solutions d'ingénierie »²⁴⁶.

De son côté, Shell a participé à l'International Biochar Initiative, en plus d'avoir financé une petite entreprise de géoingénierie en démarrage appelée Cquestrate et fondée par Tim Kruger, qui dirige maintenant le programme Oxford Geoengineering²⁴⁷.

Le principal lobbyiste de Shell, David Hone, qui compte parmi les plus fervents fanatiques des techniques à « émissions négatives », appuie de plus en plus fortement la GRS²⁴⁸. Alors qu'il était responsable scientifique à BP, Steve Koonin dirigea un projet au sein de Novim, un groupe qu'il avait récemment fondé afin de tester la faisabilité technique d'expériences de GRS (bien que celles-ci semblaient davantage du ressort de l'armée que de l'industrie)²⁴⁹. David Whelan, responsable des systèmes intégrés de défense chez Boeing et anciennement employé à la Defence Advanced Research Projects Agency (DARPA), participe également aux débats de manière active, affirmant qu'une petite équipe travaille sur la question chez Boeing. Il a déjà publiquement parlé de la possibilité technique d'envoyer des mégatonnes d'aérosols de sulfates à différentes altitudes stratosphériques à l'aide d'avions ou d'énormes canons²⁵⁰. ConocoPhillips Canada, qui investit dans les sables bitumineux de l'Alberta, a été la première entreprise pétrolière à appuyer la mise en place de mesures « pilotées par l'industrie » afin que le biocharbon soit admis au sein du système albertain de compensation des GES²⁵¹. Depuis lors, l'intensification des efforts de recherche sur le biocharbon est financée par ExxonMobil, Chevron et Encana. De son côté, Cenovus prévoit de mettre en œuvre un projet de restauration dans les sables bitumineux permettant de transformer les résidus d'extraction en biocharbon; ce projet est cofinancé par ConocoPhillips²⁵².

De nombreuses entreprises de petite taille dont les plans d'affaires sont axés sur la géoingénierie se sont ralliées à ces différents acteurs. Ces entreprises ont mené des projets de fertilisation des océans, de BECSC ou de CDA, en plus d'autres projets pilotes semi-commerciaux impliquant d'autres techniques. Plusieurs de ces entreprises ont tenté d'obtenir des crédits de carbone dans le cadre de leurs activités, quoiqu'il y ait peu de chances que de telles activités soient admissibles dans un proche avenir. La plus tenace de ces entreprises est Planktos (qui est ensuite devenue l'Haida Salmon Restoration Corporation pour aujourd'hui porter le nom d'Oceaneos), qui se spécialise dans la fertilisation des océans et qui est active au Chili. Climos, une entreprise commerciale de fertilisation des océans fondée par Dan Whaley, anciennement employé par Planktos, a été active pendant un bref moment, ce qui ne semble plus être le cas aujourd'hui. Ocean Nourishment Corporation, une autre entreprise commerciale de fertilisation des océans, est basée en Australie et dirigée par Ian S. F. Jones. Celle-ci semble en affaires, sans toutefois être active.

Curieusement, Jones a demandé des brevets revendiquant son droit de propriété sur tout poisson qui retirerait un bénéfice alimentaire des activités de fertilisation océanique²⁵³. Une autre entreprise nommée Atmocean a conçu une technique (appelée technique de brassage océanique) permettant de faire remonter de l'eau des profondeurs océaniques riche en nutriments à la surface. Elle semble toutefois s'être depuis tournée vers d'autres projets qui ne concernent pas la géoingénierie²⁵⁴.

La technique de géoingénierie qui génère le plus d'activité commerciale est le captage direct dans l'air (CDA). Fondée par David Keith, l'entreprise Carbon Engineering est financée par des bailleurs de fonds privés, dont les milliardaires Bill Gates et Murray Edwards — ce dernier étant un magnat des sables bitumineux à la tête de Canadian Natural Resources. En 2015, Carbon Engineering a inauguré une usine pilote de huit millions de dollars à Squamish, en Colombie-Britannique, à partir de laquelle elle prétend capter une tonne de CO₂ par jour²⁵⁵. Pour sa part, l'entreprise suisse Climeworks, fondée par les ingénieurs Christoph Gebald et Jan Wurzbacher, se targue d'avoir créé la « première usine commerciale de captage de CO₂ dans l'air » dans une commune du canton de Zurich²⁵⁶. L'entreprise affirme que son usine fournit annuellement 900 tonnes de CO₂ à une serre située non loin afin d'aider à la croissance des légumes. Elle a établi un partenariat avec le fabricant automobile Audi. Il existe d'autres entreprises de CDA, dont Global Thermostat, financée par Goldman Sachs et partenaire d'Algae Systems²⁵⁷; Skytree aux Pays-Bas; et Infinitree (anciennement Kilimanjaro Energy) aux États-Unis²⁵⁸.

David Keith et d'autres géoingénieurs ont suggéré une nouvelle vocation au CO₂ obtenu par CDA : celle d'alimenter l'essor de l'industrie de la RAP aux États-Unis et ailleurs dans le monde. Lors du sommet sur le CDA qui s'est tenu à Calgary en 2012, un grand nombre de représentants d'entreprises pétrolières — incluant Suncor, BP, Husky Oil et Nexen — étaient présents pour flairer les bonnes occasions. Détenteur d'un brevet pour son « réfrigérateur planétaire », un dispositif capable d'aspirer le carbone atmosphérique, Keith a alors affirmé « nous sommes riches », pour peu que la conjoncture soit favorable²⁵⁹. Ses prévisions optimistes quant à la rentabilité de la CDA sont toutefois contredites par le fait que cette technique n'est pas viable sur le plan économique : il est, par exemple, moins coûteux de capter le CO₂ contenu dans les gaz de combustion d'une centrale au charbon que celui présent dans l'atmosphère²⁶⁰.

De plus, l'utilisation de machines aspirant du carbone dans le but d'alimenter la RAP annulerait tout bénéfice anticipé en matière d'atténuation des changements climatiques, car ces machines généreraient plus de CO₂ qu'elles n'en captureraient²⁶¹. Le CDA a également attiré l'attention d'investisseurs en capital de risque comme Ned David, qui s'intéresse à la RAP et exploite une entreprise située au Nevada qui produit des algues biosynthétiques. Il entend créer des biocarburants en nourrissant des algues croissant dans d'énormes cuves extérieures à l'aide du CO₂ capté, et a demandé un soutien financier à Monsanto²⁶². En raison de l'importante consommation d'énergie des installations de CDA, certains de ses promoteurs ont proposé de les relier à de « petites centrales nucléaires »²⁶³.

En ce qui concerne la gestion du rayonnement solaire, une entreprise privée nommée Silver Lining précédemment dirigée par Kelly Wanser — entrepreneuse dans le secteur de la technologie à la Silicon Valley — s'est récemment reconvertie à un statut non commercial, et s'est associée au scientifique Thomas Ackerman, rattaché à l'Université de Washington.

Ayant noté une hausse du nombre de brevets liés à la géoingénierie au cours des dernières années, certains observateurs préviennent que les brevets détenus par des intérêts privés (entreprises ou individus) risquent de devenir « de facto la forme de gouvernance de la géoingénierie²⁶⁴ ».

Climat de guerre : utilisations militaires de la géoingénierie

Le journaliste Jeff Goodell, favorable à la géoingénierie, parle de l'implication des militaires comme de l'éléphant dans la pièce : « Il n'est pas facile d'imaginer comment un programme de géoingénierie sérieux pourrait progresser sans que l'armée ne s'y implique dans une certaine mesure, que ce soit ici, aux États-Unis, ou dans d'autres pays comme la Chine ou la Russie ».

L'intérêt militaire pour la géoingénierie n'est pas seulement la réminiscence d'une sombre époque de l'histoire; aujourd'hui encore, l'insidieuse influence militaire continue de façonner ce domaine. Le journaliste Jeff Goodell, qui est favorable à la géoingénierie, parle de l'implication des militaires comme de l'éléphant dans la pièce : « Il n'est pas facile d'imaginer comment un programme de géoingénierie sérieux pourrait progresser sans que l'armée s'y implique dans une certaine mesure, tant ici, aux États-Unis, que dans d'autres pays comme la Chine ou la Russie²⁶⁵. »

Le contrôle des conditions météorologiques attire l'attention des stratèges militaires depuis longtemps. Souvent cité, un document de 1996 commandé par l'US Air Force affirme que la modification des conditions météorologiques peut constituer un « multiplicateur de force doté d'un formidable pouvoir qui pourrait être exploité dans toute la gamme d'environnements de combat ». Ce document suggère également que les États-Unis pourraient « posséder le climat » d'ici 2025. Un rapport subséquent a par ailleurs incité à considérer les possibilités offertes par la géoingénierie²⁶⁶.

L'historien des sciences James Fleming évoque la « longue trace écrite des études portant sur la modification du climat et des conditions météorologiques préparées par le Pentagone et les autres agences gouvernementales²⁶⁷ ». Selon lui, « des géoscientifiques ayant des autorisations d'attestation de sécurité de haut niveau partagent des liens, des valeurs et des intérêts avec les élites de la sécurité nationale ». Nul autre que le « père de la bombe atomique » aura pris part aux premières discussions entourant la géoingénierie, et il en va de même de son protégé, Lowell Wood, architecte de la stratégie de la « guerre des étoiles », qui a un jour déclaré que le déploiement à vaste échelle de la géoingénierie était « inscrit dans les étoiles²⁶⁸ ».



Alors que les militaires accordent de plus en plus d'attention aux implications des changements climatiques pour la « sécurité », nous pourrions bien voir ce réseau de liens se transformer en un véritable complexe « militaro-géoingénierique ».

Plusieurs des membres les plus actifs de la géoclique entretiennent des liens avec le Lawrence Livermore National Laboratory ou la DARPA rattachée au Pentagone, qui entretiennent tous deux des liens étroits avec l'armée (mandats, contrats, budgets). L'objectif de la DARPA est de « préserver la supériorité technologique de l'armée des États-Unis ». En 2009, cette agence a tenu sa première rencontre connue sur le thème de la géoingénierie²⁶⁹.

Peu après, un nouvel OBNL scientifique du nom de Novim Group a vu le jour. À l'époque, elle était dirigée par Steve Koonin, responsable scientifique à BP qui allait plus tard devenir sous-secrétaire au département étasunien de l'Énergie au sein de l'administration Obama. Koonin est un membre de JASON, un groupe de scientifiques tenu à la confidentialité qui conseille l'armée des États-Unis et publie des rapports spéciaux dont bon nombre demeurent classifiés. Novim n'a pas tardé à publier une étude influente sur le déploiement de la GRS pour répondre aux « urgences climatiques »²⁷⁰. Fait surprenant, la moitié des auteurs de cette étude sont membres de JASON — ce qui pourrait suggérer, autant par l'affiliation de ses auteurs que par les objectifs qu'il poursuit, qu'il s'agit d'un rapport militaire.

En 2011, la RAND Corporation, un groupe de réflexion qui entretient depuis longtemps des liens avec l'armée étasunienne, a publié une analyse des différentes options offertes par la géoingénierie dans laquelle il encourage le gouvernement des États-Unis à établir des normes internationales pour encadrer la recherche dans ce domaine²⁷¹. Plus récemment, la CIA a financé une étude de la National Academy of Sciences (NAS) portant sur la géoingénierie; il s'agissait de la première étude de la NAS à être soutenue par une agence de renseignement²⁷².

En avril 2017, Steve Koonin (une fois de plus!), qui est entretemps devenu professeur à l'Université de New York, a rédigé un texte d'opinion dans le *Wall Street Journal*²⁷³ dans lequel il propose de former une

« équipe rouge », constituée des scientifiques chargés de critiquer les principaux rapports scientifiques sur les changements climatiques, et une « équipe bleue », constituée de climatologues chargés cette fois de réfuter ces critiques, ce qui créerait un « débat public »²⁷⁴. Quelques mois après, l'US Environmental Protection Agency fit écho à Koonin²⁷⁵.

Bien que tout cela puisse donner l'impression d'être un banal débat sur l'existence des changements climatiques, la présence active de Koonin en son sein suggère

l'avènement d'un programme de géoingénierie — potentiellement soutenu par les industries pétrolière et militaire. Dans cette perspective, la raison d'être fondamentale de ces discussions pourrait résider dans le lien étroit tissé entre les climatosceptiques et les partisans de la géoingénierie : bien que ces deux groupes ne s'entendent pas quant aux responsables des changements climatiques, ils peuvent s'accorder sur des « solutions » techniques permettant de régler tous les problèmes découlant des changements climatiques sans se soucier de savoir qui en sont les responsables²⁷⁶. Un tel débat pourrait se solder par l'intensification des programmes de géoingénierie, en Russie et en Chine par exemple, pour des motifs géopolitiques et militaires.

Comme l'a expliqué James Fleming, les militaires déforment la finalité de la science et de la technologie en exigeant que les nouvelles découvertes demeurent secrètes et en cherchant à militariser chaque technique, même celles conçues à des fins pacifiques. En échange, ils offrent aux scientifiques un accès au pouvoir politique, un flot intarissable de ressources, et la possibilité de concrétiser leur désir de maîtriser la nature, le climat ou les conditions météorologiques²⁷⁷. D'ailleurs, certains géoingénieurs comme Gregory Benford ont affirmé que les militaires devaient être impliqués puisqu'ils « peuvent rassembler les ressources nécessaires et n'ont pas à s'asseoir au Congrès pour répondre à des questions sur leur manière de dépenser leur argent »²⁷⁸.

« Si, comme le montre l'histoire, le rêve de contrôler les conditions météorologiques et le climat a surtout servi des intérêts commerciaux et militaires, pourquoi devrions-nous nous attendre à ce que l'avenir soit différent ? »

James Fleming, 2010

Fleming conclut son étude sur les liens s'étant historiquement tissés entre les militaires et les géoingénieurs sur une note inquiétante : « Si, comme le montre l'histoire, le rêve de contrôler les conditions météorologiques et le climat a surtout servi des intérêts commerciaux et militaires, pourquoi devrions-nous nous attendre à ce que l'avenir soit différent²⁷⁹? »

Protecteurs de la Terre? Foutaises!

La majorité des groupes environnementaux au fait de la géoingénierie demeurent hautement critiques, étant profondément convaincus que l'énergie devrait plutôt être concentrée sur la recherche de véritables solutions s'attaquant aux causes des changements climatiques. Toutefois, parmi les organisations qui se targuent d'être environnementalistes se trouvent certaines ONG qui, bien que sceptiques, sont ouvertes à la recherche sur la géoingénierie; d'autres, embrassant la pensée écomoderniste, considèrent que des approches comme la géoingénierie devraient être mises à profit pour sauver l'humanité.

L'Environmental Defence Fund (EDF) est l'un des trois organisateurs de la Solar Radiation Management Governance Initiative. Il soutient la « recherche transparente menée à petite échelle sur le terrain » dans le domaine de la GRS, de même que la « recherche et développement axée sur les techniques de captage du dioxyde de carbone ».

Gernot Wagner, avec qui David Keith a cofondé le nouveau programme de gestion du rayonnement solaire à Harvard, a précédemment travaillé au Bureau de l'économiste en chef de l'EDF. Le Natural Resources Defence Council a également indiqué qu'il était « prudent » de soutenir ces recherches, et la filiale britannique de la World Wildlife Federation (WWF) s'est prudemment prononcée en faveur de la « recherche sur les approches de géoingénierie afin de voir ce qui est possible²⁸⁰ ».

Parmi les plus enthousiastes, il est possible de retrouver Stuart Brand, l'auteur du *Whole World Catalog*, qui considère que les techniques de géoingénierie représentent en quelque sorte l'« artillerie lourde²⁸¹ ». Le Breakthrough Institute, un groupe de réflexion basé à Oakland en Californie fondé par Michael Shellenberger et Ted Nordhaus, promeut activement les solutions proposées par la géoingénierie²⁸². De son côté, l'Arctic Methane Emergency Group — un groupe de scientifiques âgés qui a fait une intervention futile lors de la Conférence mondiale des peuples tenue à Cochabamba en 2010 — plaide pour le déploiement des techniques de géoingénierie le plus tôt possible afin de « recongeler l'Arctique ». Enfin, le père de l'hypothèse Gaïa, James Lovelock, pense lui aussi que la géoingénierie devrait être considérée comme un « médicament pour la planète²⁸³ ».

À la défense de la Terre mère : la géoingénierie se bute à la résistance des Autochtones

La géoingénierie, dont les principaux promoteurs sont des acteurs transnationaux, traite notre planète vivante comme s'il s'agissait d'un objet pouvant être manipulé selon la volonté des humains. Il n'est donc pas surprenant que certaines des critiques les plus acerbes envers cette approche émanent des peuples autochtones — qui développent un lien intime avec leur milieu de vie et entretiennent des relations sacrées avec la Terre mère — et des mouvements qu'ils ont créés. La perspective même de la géoingénierie transforme le climat planétaire et les autres systèmes terrestres en processus mécaniques qui peuvent être modifiés à notre avantage à l'aide de projets scientifiques herculéens.





Réseau Environnemental Autochtone (IEN) et Confédération des Nationalités Indigènes de l'Equateur à Cochabamba, Bolivie, 2010. Photo (cc) Jeff Conant

Dans la mythologie grecque, l'ennemi le plus fort d'Hercule était Antée, un géant qui tirait sa force du seul contact avec sa mère, Gaïa (soit la Terre). À l'instar d'Antée, les mouvements autochtones à travers le monde travaillent de plus en plus à fomenter la résistance contre d'herculéens projets d'extraction pétrolière et minière, justifiant leur geste en citant les droits de la Terre mère et la défense sacrée de la terre et de l'eau. Or, résister à la géoingénierie constitue un nouveau chapitre de leur lutte.

« Les conséquences d'une manipulation de la nature de cette envergure sont imprévisibles et posent des risques inacceptables pour l'environnement marin. Notre peuple et le reste de l'humanité dépendent des océans et ne peuvent pas livrer leur sort aux caprices de certains ».

Président Guujaw de la Nation Haida, 2008

En 2010, la Conférence mondiale des peuples sur le changement climatique et les droits de la Terre mère qui s'est tenue à Cochabamba en Bolivie a rassemblé plus de 35 000 participants, majoritairement des Autochtones. C'est à cette occasion que fût rédigé l'Accord des peuples de Cochabamba, qui rejette explicitement la géoingénierie sous prétexte qu'il s'agit d'une « fausse solution » à la crise climatique²⁸⁴.

La campagne Hands Off Mother Earth (HOME; NDT : « Ne touchez pas à la Terre mère ») a également été lancée lors de la Conférence de Cochabamba pour s'opposer aux tests de techniques de géoingénierie. Lors du lancement de la campagne HOME, Ben Powless de la nation mohawk (Canada), qui représentait le Réseau environnemental autochtone, expliqua : « Depuis trop longtemps, les corps et les terres de notre peuple ont été utilisés pour tester de nouvelles techniques. Maintenant, en réponse aux changements climatiques, ces mêmes personnes entendent menacer la Terre mère avec des techniques de géoingénierie. Nous ne pouvons pas nous permettre d'ainsi menacer notre planète, notamment lorsque des solutions simples, justes et éprouvées sont à portée de la main. »

Ce n'était pas la première fois que des mouvements autochtones s'exprimaient sur la question de la géoingénierie. Un an plus tôt, lors du Sommet mondial des peuples autochtones sur les changements climatiques qui s'est tenu à Anchorage (Alaska), les pays se firent lancer un défi, soit « de renoncer à combattre les changements climatiques à l'aide de fausses solutions qui comportent des impacts négatifs sur les droits, les terres, l'air, les océans, les forêts, les territoires et les eaux des peuples autochtones [...] y compris la géoingénierie ²⁸⁵ ».

De telles déclarations s'inscrivent dans un contexte où plusieurs projets de géoingénierie successifs ont ciblé les terres et les eaux appartenant aux Autochtones. En 2007, Planktos a caressé le projet de fertiliser les eaux baignant l'archipel des Galapagos, ce qui aurait perturbé des territoires de pêche traditionnels.

En 2008, l'Ocean Nourishment Corporation basée en Australie a tenté de répandre de l'urée dans la mer de Sulu, en Asie du Sud-Est, sans que soient consultés les nombreux groupes autochtones qui y vivent. Le cas de l'Haida Salmon Restoration Corporation (HSRC) — une entreprise de géoingénierie fondée par le géoingénieur chevronné Russ George employant presque uniquement des scientifiques non autochtones qui a cependant fait croire au monde qu'elle menait un projet autochtone soutenu par la communauté haïda de Old Masset sur l'archipel Haida Gwaii (Canada) — est encore plus connu. Lorsqu'il apparut clairement que l'HSRC ne se conformait pas à la loi canadienne, ses dirigeants sont même allés jusqu'à invoquer les revendications de souveraineté de la nation haïda dans leur défense, et à faire flotter le drapeau haïda (au lieu du drapeau canadien) pendant les expériences de fertilisation au fer. Ce projet de géoingénierie créa d'importantes dissensions au sein de la communauté des Haïdas de l'archipel Haida Gwaii, au point qu'un tournoi de basketball local fut boycotté en signe de protestation. Le conseil des chefs héréditaires et la nation haïda parvinrent néanmoins à publier un document signifiant clairement son opposition aux projets de géoingénierie. Ce document, qui fut signé par Guujaaw, le président de la nation haïda, indiquait clairement que les actions entreprises par l'HSRC ne reflétaient pas la volonté de la nation haïda. « Les conséquences d'une manipulation de la nature de cette envergure sont imprévisibles et posent des risques inacceptables pour l'environnement marin. Notre peuple et le reste de l'humanité dépendent des océans et ne peuvent pas livrer leur sort aux caprices de certains ²⁸⁶. »

La gouvernance de la géoingénierie

Est-il possible d'assujettir la géoingénierie à un mécanisme de gouvernance?

Lorsque le thème de la gouvernance de la géoingénierie est abordé, une question délicate surgit d'abord à l'esprit : considérant les risques sérieux qu'elle comporte, la distribution asymétrique de ses impacts, la durée extensive de ses effets, de même que ses lourdes implications sur les plans géopolitique, militaire, environnemental et sur la justice mondiale, est-il seulement possible de soumettre la géoingénierie à un quelconque mécanisme de gouvernance²⁸⁷?

Notamment, le déploiement de techniques de gestion du rayonnement solaire (GRS) soulève des questions potentiellement sans réponses sur le plan de la gouvernance. Sans compter leur nature irréversible et le fait que leur déploiement pourrait menacer, sans égards aux frontières, les ressources alimentaires et hydriques de milliards de personnes en Asie et en Afrique. Toutefois, toutes les techniques de géoingénierie sont susceptibles de provoquer de graves impacts négatifs qui se distribueront de manière asymétrique advenant leur déploiement aux échelles spatiale et temporelle nécessaires pour modifier le climat.

Très pertinente, la question à savoir s'il est possible d'encadrer la géoingénierie doit urgemment trouver une réponse. Cela dit, la gouvernance n'implique pas seulement d'établir une réglementation afin de légaliser une technique donnée et de permettre sa mise au point.

Très pertinente, la question de savoir s'il est possible d'encadrer la géoingénierie doit urgemment trouver une réponse. Cela dit, la gouvernance n'implique pas seulement d'établir une réglementation afin de légaliser une technique donnée et de permettre sa mise au point. Interdire l'utilisation d'une technique jugée trop risquée est également du ressort de la gouvernance.

Interdire l'utilisation d'une technique jugée trop risquée est également du ressort de la gouvernance comme l'illustre le cas du Traité d'interdiction partielle des essais nucléaires,²⁸⁸ de même que celui du Traité sur l'interdiction des armes nucléaires adopté par les Nations unies en juillet 2017, qui devrait mener à leur élimination complète²⁸⁹.

Les essais nucléaires ont eu des effets dévastateurs sur certaines régions et certains peuples autochtones. Nous pouvons éviter de faire la même erreur avec la géoingénierie en mettant sur pied un solide mécanisme de gouvernance multilatérale pour l'encadrer. Appliqué de manière proactive, ce mécanisme doit reposer sur le principe de précaution, et sa portée doit être proportionnelle au niveau de risque appréhendé.

L'enjeu de la gouvernance ne concerne pas uniquement l'encadrement de la géoingénierie, mais également le processus menant à l'élaboration de ce cadre. Les débats actuels sur la géoingénierie (et sa structure de gouvernance) favorisent souvent une vision technocratique du monde, les perspectives de l'ingénierie, de même que les intérêts personnels des chercheurs universitaires (et également économiques pour certains d'entre eux) et des représentants de l'industrie des combustibles fossiles — sans compter les intérêts économiques et géopolitiques flagrants d'autres acteurs. Ce sont ces voix qui dominent les discussions. Or, un débat aussi déséquilibré ne peut mener qu'à une structure de gouvernance partielle et antidémocratique.

Une autre question fondamentale se pose : avons-nous besoin de la géoingénierie pour combattre les changements climatiques, ou existe-t-il d'autres options plus sécuritaires que nous devrions préconiser, promouvoir et mettre au point, et vers lesquelles devrait d'abord tendre la volonté politique?

La quête obstinée des « émissions négatives »

En adoptant l'accord de Paris en 2015, les pays signataires se sont entendus pour limiter l'augmentation de la température mondiale « bien en deçà de deux degrés Celsius de plus que la température de l'époque préindustrielle », et investir « des efforts pour limiter davantage la hausse de température à 1,5 degré Celsius » avant la fin du présent siècle. Toutefois, les contributions déterminées au niveau national (CDN) telles que soumises à la Conférence des Nations unies sur les changements climatiques (CNUCC) par les différents pays un an plus tard entraîneraient une augmentation de la température mondiale moyenne de 2,9 à 3,4 °C²⁹⁰. Cette différence par rapport aux objectifs fixés par l'accord de Paris est un sérieux problème qui doit être réglé par des coupes immédiates et draconiennes des émissions de GES. Ces coupes doivent en outre s'accompagner d'une révision en profondeur du bouquet énergétique mondial, de même que des modes industriels de production et de consommation, ces mesures devant d'abord être mises en œuvre par les quelques pays qui sont responsables de plus des deux tiers des émissions mondiales de GES.

Toutefois, alors que ces mesures nécessaires devraient être promues, le concept des « émissions négatives » — voulant qu'il soit possible de produire de l'énergie d'une manière qui permet de soutirer des GES de l'atmosphère, ou de compenser les émissions produites par des moyens techniques (ou autres) — gagne du terrain.

Cette perspective d'une solution technique nous permettant d'atteindre la cible de 1,5 °C a permis aux partisans de la géoingénierie d'intensifier leurs appels en faveur de cette approche et de la présenter, non plus comme un plan d'urgence ou de rechange, mais bien comme une solution « incontournable » qu'il serait avisé d'appliquer plus tôt que tard. Ces mêmes acteurs se sont en outre servis de cet argument pour demander un soutien public et privé accru pour leurs recherches et leurs expériences²⁹¹.

La voie de la solution technique s'accompagne d'un dilemme moral : puisqu'aucune des techniques de géoingénierie ne vise à s'attaquer aux causes profondes des changements climatiques, celles-ci nuisent à la volonté politique d'adopter de vraies solutions. Les interventions de la géoingénierie ne sont destinées qu'à contrebalancer certaines de leurs conséquences. Les causes sous-jacentes des changements climatiques (ex., augmentation de la consommation énergétique, urbanisation et industrialisation effrénée, déforestation, pratiques agricoles non soutenables, certains types de changements d'affectation des terres) ne sont donc pas éliminées, continuant ainsi à alimenter le chaos climatique, ce qui nous rendrait complètement dépendants de la géoingénierie.

Plusieurs défenseurs de la géoingénierie admettent qu'il est nécessaire de réduire les émissions de GES de manière draconienne pour remédier aux changements climatiques, soulignant que la géoingénierie ne devrait être qu'une mesure complémentaire. Cependant, leurs travaux entretiennent l'illusion chez les décideurs politiques qu'il est possible de continuer d'émettre d'importantes quantités de GES.

Un point de départ

Plusieurs défenseurs de la géoingénierie admettent qu'il est nécessaire de réduire les émissions de GES de manière draconienne pour remédier aux changements climatiques, soulignant que la géoingénierie ne devrait être qu'une mesure complémentaire. Cependant, leurs travaux entretiennent l'illusion chez les décideurs politiques qu'il est possible de continuer d'émettre d'importantes quantités de GES. De la sorte, l'attention que les politiciens portent aux solutions spéculatives offertes par la géoingénierie détourne déjà des ressources qui auraient pu être consacrées à la mise au point d'autres solutions qui pourraient remédier de façon permanente aux changements climatiques.

Les discussions sur les moyens de lutter contre les changements climatiques pourraient commencer par reconnaître que les stratégies traditionnelles de réduction des émissions de GES telles que l'efficacité énergétique, la substitution des combustibles fossiles par des sources renouvelables d'énergie et l'amélioration de l'enveloppe thermique des bâtiments ne suffisent pas pour atteindre les objectifs de l'accord de Paris. Les modes de production et de consommation industriels ont largement dépassé les limites considérées sans danger pour la planète. Ce dont nous avons besoin, c'est de considérer avec honnêteté la possibilité de réduire nos émissions de GES d'une manière radicale qui transcende la pensée économique dominante. Nous avons également besoin de stratégies efficaces, socialement justes et culturellement appropriées de rééquilibrer notre bilan de carbone en procédant à la rénovation à vaste échelle, quoique prudente, des écosystèmes naturels. Choisir ou non de mettre au point des techniques de géoingénierie est une question de choix sociaux et politiques. Accepter le pari de la géoingénierie reviendrait à décider de modifier notre planète plutôt que notre système économique. Et la géoingénierie ne constitue aucunement une nécessité technique ou scientifique — ce n'est en fait qu'un moyen de défense du système actuel face à son échec.

Discussions onusiennes sur la géoingénierie

Pendant dix ans, les Nations unies ont discuté de la géoingénierie en tenant compte du principe de précaution et des préoccupations d'ordre environnemental et social. Ces discussions ont notamment eu lieu à la table de la Convention sur la diversité biologique (CDB), où un moratoire de facto sur la fertilisation des océans suivi d'un autre sur la géoingénierie en général ont été respectivement votés en 2008²⁹² et 2010²⁹³. De portée thématique plus restreinte, la Convention de Londres et son Protocole de 1996 portant sur la prévention de la pollution des océans interdisent pour leur part la géoingénierie en milieu marin (sauf à des fins scientifiques légitimes)²⁹⁴.

Les expériences en plein air, y compris celles menées à une échelle modeste, sont susceptibles d'engendrer des « verrouillages technologiques » et des « retranchements », « par lesquels les choix sociaux et technologiques sont imposés par des engagements, des règles ou des normes technologiques préexistantes ».

Deux rapports sur la géoingénierie publiés par la CDB ont été scrupuleusement révisés par les pays signataires, et ceux-ci ont particulièrement analysé les cadres réglementaires et juridiques liés à la CDB, en plus de considérer le rôle que peuvent possiblement jouer d'autres organes onusiens²⁹⁵.

Depuis plusieurs décennies, la manipulation des conditions climatiques constitue un sujet d'intérêt pour les militaires, qui les envisagent à des fins hostiles. Le recours par les États-Unis à la modification des conditions météorologiques à des fins hostiles durant la guerre du Vietnam a mené à l'adoption, en 1976, de la Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles (Convention ENMOD)²⁹⁶.

Certains promoteurs de la géoingénierie ont sciemment nié l'existence de ces discussions tenues au sein de l'appareil onusien. Ils ont également affirmé que la recherche et les expériences menées dans le domaine de la géoingénierie peuvent être réglementées et gérées sur une base volontaire à l'aide de lignes directrices en matière d'éthique, de codes de conduite et d'autres mesures semblables²⁹⁷. Certains croient que de telles

approches de « gouvernance souple » sont plus compatibles avec la manière dont la gouvernance internationale évolue au sein du climat géopolitique actuel.

D'autres espèrent qu'une certaine forme d'autoréglementation ou de réglementation souple appliquée aux premiers maillons de la chaîne de la géoingénierie rende inutile toute mesure plus lourde et de portée internationale — un moratoire, par exemple. En ce

qui concerne le récent cadre de gouvernance internationale entourant les

changements climatiques, l'écrivaine et

militante Naomi Klein considère comme une tragédie le fait que ce problème ait été pris en compte au plus fort du consensus de Washington, soit au moment où les gouvernements néolibéraux jugèrent irréaliste de prendre des décisions draconiennes face à un problème nécessitant une forte action multilatérale, et décidèrent plutôt de laisser les acteurs du marché adopter volontairement des mesures qui, de toute façon, sont inefficaces²⁹⁸. Or, il ne faudrait pas répéter cette erreur motivée par l'idéologie dans le cas de la gouvernance de la géoingénierie.

L'autoréglementation ou la réglementation partielle (ne concernant que certains aspects, certains pays ou certaines régions) des expériences de géoingénierie n'est certainement pas une option appropriée. Et cela est encore plus vrai lorsque les importants risques qu'elles laissent planer sans égards aux frontières géopolitiques et la distribution asymétrique de ses impacts sont pris en compte.

Une approche qui fait fi des frontières

Visant à modifier de manière intentionnelle la composition de l'atmosphère de même que le cycle du carbone et, incidemment, celui de l'eau, la géoingénierie ne connaît aucune frontière géopolitique. Et puisque nous n'avons qu'une connaissance limitée du fonctionnement de l'écosystème planétaire dans son ensemble et de ses sous-systèmes — incluant le climat —, il y a de fortes chances que la géoingénierie aggrave la situation climatique de manière inattendue plutôt que de l'améliorer²⁹⁹.

Certains chercheurs avancent que l'ADC et la GRS devraient faire l'objet de systèmes de gouvernance distincts, car ces deux approches diffèrent en ce qui concerne leurs aspects techniques, leur échelle spatiale, et les risques qu'ils engendrent sur le site de leur déploiement. Cependant, plusieurs des techniques proposées, qu'elles soient regroupées sous le terme générique d'ADC/AGES ou celui de GRS, partagent d'importantes caractéristiques communes qui doivent être considérées en vue de leur gouvernance. Par exemple, la fertilisation des océans, l'injection d'aérosols stratosphériques et le blanchiment des nuages marins ont tous pour objet d'introduire d'importantes quantités de composés chimiques au sein d'écosystèmes dynamiques et fragiles.

Il est vrai que certains types de projets d'ADC pourraient se dérouler à l'échelle d'un pays, et pourraient ainsi être encadrés par des lois nationales. Toutefois, la géoingénierie sous-entend un déploiement à une échelle suffisante pour modifier le climat mondial, qu'il s'agisse de GRS ou d'ADC. Ainsi, il serait extrêmement dangereux de laisser aux seuls gouvernements nationaux le soin de contrôler son déploiement sans tenir compte de ses effets additifs ou synergiques.

Le fait que la géoingénierie se moque des frontières géopolitiques et que ses effets se distribuent de manière asymétrique exige nécessairement que les décisions en matière d'expérimentation et de déploiement se prennent multilatéralement. Dans ce dernier cadre, la pleine participation de tous les pays potentiellement affectés est de mise, tout comme la prise en compte simultanée de tous les types d'impacts.

Recherche et gouvernance : qui, de la poule ou de l'œuf, vient en premier?

Les chercheurs en géoingénierie ont souvent affirmé que le meilleur moyen d'encadrer leurs travaux de recherche et leurs expériences réside dans l'implantation de lignes directrices et autres codes de conduite volontaires. Bien que certains soient partisans d'une plus grande prudence en ce qui concerne le déploiement de la géoingénierie, d'autres considèrent que de simples règles nationales seraient suffisantes.

Aucune de ces précédentes suggestions n'est appropriée devant l'ampleur des dangers de la géoingénierie, de son effet bouleversant sur les politiques internationales, et de sa nature transfrontalière. La majeure partie de la recherche en géoingénierie n'est pas menée à des fins uniquement fondamentales, mais bien à des fins appliquées visant la mise au point de techniques ou, à tout le moins, l'aménagement d'un contexte favorable aux projets de géoingénierie.

Les expériences en plein air, y compris celles menées à une échelle modeste, sont susceptibles d'engendrer des « verrouillages technologiques » et des « retranchements », « par lesquels les choix sociaux et technologiques sont imposés par des engagements, des règles ou des normes technologiques déjà existantes³⁰⁰ » ; cela a d'ailleurs déjà été observé lors de la mise au point d'autres techniques. Ce phénomène nous place sur une pente glissante qui, tôt ou tard, mènera aux expériences extérieures à grande échelle et, ultimement, au déploiement de techniques de géoingénierie.

La mise à l'essai des techniques de géoingénierie mènera à la « démonstration de leur faisabilité », ce qui facilitera la collecte de fonds pour mener d'autres expériences et permettra ultimement de mettre celles-ci à la portée d'acteurs puissants qui pourraient, de manière unilatérale, décider d'y recourir afin de parvenir à leurs fins. Les capacités potentielles d'un pays en matière de géoingénierie peuvent même avoir des répercussions géopolitiques.



Comme l'exprime Raymond Pierrehumbert, professeur de physique à l'Université Oxford : « il est déjà déplorable que Trump ait accès aux codes de lancement des armes nucléaires. Voulons-nous vraiment en plus donner à un tel personnage les outils qui lui permettraient de tripoter le climat de la planète³⁰¹? ».

Qui plus est, la recherche dans le domaine de la géoingénierie engendre un détournement de ressources qui autrement, auraient pu servir à soutenir d'indispensables recherches sur de meilleurs moyens, par ailleurs équitables, de lutter contre les changements climatiques. S'il faut vraiment mener de la recherche en géoingénierie, celle-ci devrait alors se limiter à des débats ouverts, à des expériences intérieures, et à la comparaison de différents modèles informatiques pour en apprendre davantage sur les conditions climatiques et les impacts potentiels de la géoingénierie. Cette recherche devrait en outre être transparente, notamment sur le plan du financement et des possibilités de conflits d'intérêts commerciaux. Enfin, toute recherche devrait être menée en prenant garde d'éviter que celle-ci engendre des verrouillages technologiques et qu'elle serve à réorienter les politiques climatiques.

Un consensus mondial est-il possible?

L'élection de Donald Trump et sa promesse de retirer aussitôt que possible les États-Unis de l'accord de Paris (promesse qu'il a concrétisée au cours des six premiers mois de son mandat) n'est pas qu'une simple mise en garde anecdotique quant aux changements conjoncturels. Il s'agit d'un élément crucial pour comprendre quelles conditions sont nécessaires à la gouvernance de la géoingénierie.

Le type de gouvernance requise pour encadrer la géoingénierie exige un consensus mondial quant à la mise au point et à l'utilisation de cette approche. Or, ce consensus doit impérativement être atteint par l'entremise d'un processus démocratique impliquant la pleine participation de tous les pays, et susceptible de perdurer au cours des prochaines décennies, voire des prochains siècles à venir.

Si ce cadre de gouvernance venait à voir le jour, les pays du monde ne devraient pas seulement s'entendre sur les cibles en matière de réduction des concentrations atmosphériques de GES et la fiabilité des méthodes permettant d'y parvenir, mais également sur deux autres aspects : la quantité d'énergie thermique présente dans l'atmosphère et le choix des techniques à employer pour y parvenir.

Nous avons maintes fois constaté l'incapacité de la communauté internationale à s'entendre sur la question des changements climatiques alors qu'elle n'avait à négocier qu'un seul aspect : l'intensité des émissions de GES. Ainsi, qu'est-ce qui nous permet de croire qu'elle serait maintenant en mesure de parvenir au consensus fort et durable nécessaire à l'encadrement d'une chose aussi complexe que la géoingénierie (qui, dans le cas de la GRS, nécessite de modifier de manière contrôlée la quantité de rayonnement solaire incident et la quantité de chaleur dans l'atmosphère à l'aide d'un moyen technique, en plus de gérer les quantités de GES)³⁰²?

Sur la base d'un consensus mondial, l'accord de Paris semblait, malgré tous ses défauts, montrer la voie aux efforts mondiaux servant à contrecarrer les changements climatiques. Toutefois, à peine quelques mois après l'entrée en vigueur de cet accord, Donald Trump, président du plus important contributeur historique aux changements climatiques, a annoncé que son pays s'en retirait.

Que serait-il advenu si cet accord avait servi à encadrer la géoingénierie et que ses activités étaient déjà en cours?

Un vaste débat de société doit d'abord avoir lieu

La perspective de contrôler la température mondiale soulève de sérieuses questions en matière de pouvoir et de justice. Qui contrôlera le thermostat de la Terre pour l'ajuster selon ses propres intérêts? Qui décidera de déployer des mesures aussi draconiennes si celles-ci sont considérées comme techniquement faisables? Quels acteurs verront leurs intérêts mis de côté?

Un vaste débat de société sur la géoingénierie et sa gouvernance — y compris sur la possibilité de dépasser le stade du moratoire pour imposer une interdiction — reste pertinent pour l'ensemble de la société, mais principalement pour les peuples et les régions qui seraient affectés par la géoingénierie.

Afin d'être légitime, une discussion sur la gouvernance de la géoingénierie doit :

- Être fondée sur le principe de précaution, en plus de respecter les décisions prises par les Nations unies sur le plan de la géoingénierie, dont celles demandant la mise en place d'un moratoire de facto et l'interdiction des techniques s'appliquant au milieu marin.
- S'étendre au-delà des seules questions climatiques, car les conséquences de la géoingénierie se répercutent sur plusieurs autres aspects tels que l'équité internationale et la justice intergénérationnelle; l'équilibre et la biodiversité de plusieurs écosystèmes, dont les océans; les économies locales et nationales qui dépendent de ces écosystèmes; la biodiversité; et les droits des Autochtones et des paysans; sans compter les possibilités d'exploiter cette approche à des fins militaires.
- Être éclairée par une analyse sérieuse des moyens soutenable et socialement justes de s'attaquer aux changements climatiques et à ses causes : nous devons considérer des moyens radicaux de réduire nos émissions de GES qui transcendent la pensée économique dominante, notamment en procédant sans tarder à l'élimination graduelle des combustibles fossiles, en adoptant des modèles d'agriculture soutenable, de même qu'en réduisant de manière absolue la consommation mondiale de ressources et d'énergie par l'entremise d'approches empruntées à l'économie circulaire. Nous devons également laisser la place à un processus efficace et prudent de restauration des écosystèmes de la planète, à commencer par les forêts ombrophiles, les tourbières et les océans.

D'ici là, il n'y a aucune raison de croire que la géoingénierie est essentielle et qu'elle ne mène pas simplement au détournement risqué de ressources qui pourraient être consacrées à d'autres approches sûres, équitables et soutenables.

- Être guidée, à l'échelle régionale comme nationale, par des débats inclusifs (avec la pleine participation de la société civile, des peuples autochtones et des mouvements sociaux) et transparents portant sur les impacts potentiels de la géoingénierie, de même que par le principe de précaution. Ces débats pourraient alimenter des discussions internationales.
- Être menée de telle sorte que tous les gouvernements puissent y participer librement et de manière démocratique; qu'elle permette la pleine participation et la surveillance des organisations de la société civile, des peuples autochtones et des mouvements sociaux, et plus particulièrement de ceux qui sont les plus affectés par les changements climatiques; et qu'elle rende compte aux Nations unies de ses conclusions.
- Être libre de toute influence de la part d'entreprises ou de philanthrocapitalistes, de manière à ce qu'aucun acteur n'utilise son pouvoir pour favoriser des conclusions ou des projets qui servent ses intérêts.
- Être encadrée par des politiques contraignantes claires en matière de conflits d'intérêts qui empêchent les chercheurs ayant des intérêts commerciaux dans la géoingénierie d'agir à titre d'experts soi-disant « indépendants ».

Il faudrait mener des débats transparents et inclusifs sur les impacts potentiels de la géoingénierie et sur la nécessité de précaution, au niveau national et régional, et ce avec la pleine participation de la société civile, des peuples autochtones et des mouvements sociaux.

- Respecter les lois internationales existantes, incluant celles qui promeuvent la paix, la sécurité, les droits de la personne, les droits des Autochtones, la biodiversité et la souveraineté des pays (afin notamment d'assurer que toute activité entreprise dans un pays ne cause pas de dommage à l'environnement des autres pays), de même que celles qui interdisent de modifier l'environnement à des fins hostiles.

- Tenir compte des différents problèmes concomitants, notamment la faim, la pauvreté, les inégalités, l'érosion de la biodiversité, la destruction des écosystèmes, la pollution atmosphérique et l'acidification des océans.
- Tenir compte du fait que ni la gravité de la crise climatique ni le manque de connaissances scientifiques ne doivent servir d'arguments pour justifier les expériences de géoingénierie en raison de leurs possibles conséquences inattendues.

Il faut par ailleurs noter que la mise en place d'un mécanisme de gouvernance adopté multilatéralement doit impérativement précéder tout type d'expérimentation extérieure de techniques de géoingénierie ou leur déploiement. Du reste, interdire le déploiement des techniques de géoingénierie doit demeurer une option envisageable et légitime.

Pour plus d'information sur les négociations et les décisions intergouvernementales en matière de géoingénierie aux Nations unies, veuillez consulter l'Annexe 1. L'Annexe 2 fournit des informations sur certaines initiatives de gouvernance non gouvernementales.

La voie à suivre

Un réalisme radical

La gravité de la crise climatique ne fait aucun doute, mais nous ne parviendrons jamais à la résoudre si nous ne nous débarrassons pas de notre fascination pour la technique, qui est à l'origine du chaos climatique. Cette crise ne se règlera certainement pas si nous la confions aux soins des « empereurs du climat » et des membres de la géoclique, qui sont en train de fourbir un arsenal de techniques de géoingénierie ciblant les effets climatiques plutôt que la maladie qui en est la cause. Nous devons sans tarder nous attaquer aux causes profondes des changements climatiques et considérer une solution de rechange à la géoingénierie empreinte d'un réalisme radical. Les causes des changements climatiques ne sont que trop bien connues. La principale est une civilisation dépendante au pétrole dotée de systèmes industriels de production et de consommation de masse. Seulement 10 % de la population mondiale est à l'origine de près de 50 % des émissions mondiales de CO₂³⁰³. L'élimination graduelle des infrastructures d'extraction et de production de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz) doit commencer immédiatement si nous voulons vraiment combattre les changements climatiques et protéger l'avenir de nos enfants et petits-enfants.

L'une des mesures radicales les plus prometteuses n'est pas vraiment une « option », mais plutôt une réalité qui passe inaperçue : le réseau alimentaire paysan — notamment constitué de paysans, de pâtres, de jardiniers urbains et de pêcheurs —, qui nourrit actuellement 70 % de la population mondiale en utilisant moins de 25 % des terres, de l'eau et des autres ressources³⁰⁴. Le travail des personnes qui participent au réseau alimentaire permet d'éviter certaines émissions de GES tout en refroidissant la planète. À l'opposé, le système alimentaire industriel utilise plus de 75 % des terres, des carburants et des autres ressources, tout en étant le plus grand émetteur de GES de la planète.

Il existe divers moyens respectueux de l'environnement et socialement justes de sortir de la crise climatique ; ces derniers doivent être reconnus et soutenus. Nous ne devons pas laisser la peur ou l'inaction nous contraindre à choisir des solutions aussi dangereuses et radicales que la géoingénierie.

Nous avons tous un rôle à jouer — même ceux d'entre nous qui passent la majeure partie de leur vie sans être en contact avec le réseau alimentaire paysan. Différents moyens de vaincre notre dépendance au pétrole peuvent être promus, déployés ou mis au point : transports en commun soutenables, politiques zéro déchet et lois ciblant les grands émetteurs de GES, lutte à la surconsommation et au consumérisme, restriction des déplacements par avion, restauration des forêts et des autres écosystèmes, etc. Il existe divers moyens respectueux de l'environnement et socialement justes de sortir de la crise climatique; ces derniers doivent être reconnus et soutenus. Nous ne devons pas laisser la peur ou l'inaction nous contraindre à choisir des solutions aussi dangereuses et radicales que la géoingénierie.

La raison nous pousse à rejeter la géoingénierie

La plupart des personnes et des gouvernements rejettent la géoingénierie lorsqu'ils reçoivent de l'information de base sur ses mécanismes sous-jacents. Trop nombreux et trop grands, les risques associés à la géoingénierie en font une option inacceptable. (Même ceux qui considèrent la géoingénierie comme un moindre mal ou une police d'assurance s'opposent majoritairement à cette approche.) Néanmoins, les canaux habituels — les médias, le monde universitaire et les gouvernements suffisamment puissants pour imposer leurs visions et leurs façons de faire — contribuent à « banaliser » la géoingénierie. Alors que celle-ci est de plus en plus considérée comme une réponse possible aux changements climatiques, nous perdons de vue ce qu'elle est vraiment : un ensemble de propositions racoleuses capables de dévaster les écosystèmes et les communautés si elles venaient à être concrétisées.

L'une des étapes du processus de banalisation de la géoingénierie consiste à convaincre les gouvernements et leurs citoyens que la « science » (et, plus particulièrement les scénarios de changements climatiques produits par le GIEC) a établi que nous avons déjà franchi le seuil au-delà duquel la réduction des émissions de GES ne pourra pas, à elle seule, nous sauver d'une catastrophe climatique. Nous voilà ainsi « contraints » de nous tourner, à tout le moins, vers des techniques d'ADC. Ce raisonnement spécieux va souvent de pair avec un mépris ou une méconnaissance de la capacité naturelle des écosystèmes (ex., forêts, écosystèmes restaurés) ou des pratiques respectueuses de l'environnement (ex., pratiques agroécologiques des paysans et des petits agriculteurs) à absorber le CO₂.

Bien que l'état du climat demeure critique, les hypothèses employées dans les modèles du GIEC sont fondées sur un ensemble de paramètres (physiques, climatiques et économiques) qui constituent des estimations et qui, délibérément, atténuent ou amplifient les effets de certaines variables et interactions. En conséquence, ces modèles ne constituent aucunement des réalités immuables. Il y a encore beaucoup de travail à faire pour analyser et critiquer de manière rigoureuse, par exemple, les modèles économiques traditionnels à partir desquels découlent les conclusions quant aux futures réductions de nos émissions³⁰⁵. Les profondes transformations que doivent subir nos sociétés et nos économies afin de parvenir à limiter de manière équitable la hausse de la température mondiale à 1,5 °C posent un défi politique majeur. Par contre, la géoingénierie ne constitue pas une option viable. Il existe de nombreuses raisons d'ordre politique, social, culturel, environnemental, économique, éthique, moral et juridique (droits des générations futures, des femmes, des travailleurs, des peuples autochtones, des paysans) de s'y opposer, ce qui fait indéniablement de la géoingénierie une fausse solution.

Les meilleures « solutions de rechange » à la géoingénierie déjà existantes doivent être encouragées, car leurs bénéfices actuels et potentiels sont constamment récusés (comme c'est souvent le cas lorsqu'il s'agit de paysans, d'échelle locale et d'agroécologie³⁰⁶).

Par ailleurs, d'autres solutions de rechange à la géoingénierie doivent être mises au point. La géoingénierie détourne les décideurs politiques de l'urgence de reconnaître ces réalités et de mettre en œuvre ces solutions de rechange.

Maintenir et renforcer le moratoire

Les décisions prises dans le cadre de la CDB menant à l'imposition d'un moratoire de facto sur la géoingénierie, de même celle prise dans le cadre de la Convention de Londres et de son Protocole de 1996 d'interdire la fertilisation des océans et le déploiement d'autres techniques de géoingénierie en milieu marin³⁰⁷ sont cruciales; aussi doivent-elles être maintenues et renforcées. Elles prennent une importance particulière pour les gouvernements et la société civile des pays du Sud, car elles garantissent que des débats peuvent avoir lieu et que des décisions peuvent être prises avant qu'ils aient à subir les conséquences de mesures de géoingénierie entreprises unilatéralement par un gouvernement puissant ou une coalition de gouvernements.

Il en va de la volonté de gouvernements responsables et de la société civile de continuer à défendre et à promouvoir ces décisions, et d'exhorter les autres gouvernements à les honorer. Ces deux décisions capitales soulignent la nécessité d'adopter une attitude rigoureuse et circonspecte devant la géoingénierie. Qu'il ait lieu dans le cadre de l'élaboration de politiques ou au sein du secteur privé, tout débat sur la géoingénierie devrait être guidé par le moratoire imposé par la CDB, une décision consensuelle prise par 193 gouvernements. Les débats qui tentent de promouvoir la géoingénierie à l'extérieur de ce cadre portent implicitement ou explicitement préjudice au fait que nous avons besoin de structures de gouvernance éclairées, multilatérales, démocratiques et transparentes pour régler les techniques de géoingénierie — ces structures doivent avoir le pouvoir d'interdire certaines des techniques de géoingénierie ou l'ensemble de celles-ci.

Les profondes transformations que doivent subir nos sociétés et nos économies afin de parvenir à limiter de manière équitable la hausse de la température mondiale à 1,5 °C posent un défi politique majeur. Par contre, la géoingénierie ne constitue pas une option viable.

Le moratoire imposé par la CDB doit également résister aux tentatives de certains gouvernements de nuire aux décisions en évacuant la question de la géoingénierie de l'arène de la CDB, ce qui limiterait les débats aux seules considérations de ses effets sur le climat. Les impacts de la géoingénierie sur la biodiversité de même que sur les communautés autochtones, paysannes et locales qui entretiennent cette biodiversité et en dépendent relèvent et relèveront de la CDB³⁰⁸. Bien entendu, d'autres organes des Nations unies, incluant leur Assemblée générale, devraient aborder les vastes implications de la géoingénierie; ils devraient également considérer la mise en place d'une interdiction ou de toute autre mesure permettant de prévenir des actions susceptibles d'aggraver les inégalités climatiques ou les impacts sur l'environnement et la santé. Les groupes comme la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (PIBSÉ) et le GIEC, dont les mandats respectifs se limitent à des considérations de nature scientifique, ne sont pas outillés pour appréhender l'ensemble des impacts de la géoingénierie.

Mettre fin aux expériences en plein air

Afin d'avoir un effet sur le climat mondial, toute technique de géoingénierie devra être déployée à une échelle suffisamment vaste. Il n'est donc pas possible de mener des expériences qui pourraient démontrer l'efficacité ou l'innocuité d'une technique de géoingénierie sans procéder à son réel déploiement. L'expression « expériences de géoingénierie » devient ainsi un oxymore. Afin d'avoir un impact palpable sur le climat mondial, celles-ci doivent être menées sur des échelles spatiales et temporelles tellement vastes qu'il n'est plus approprié de parler d'expériences. De la sorte, il serait impossible de distinguer l'expérimentation du déploiement, sans compter que les impacts et les effets secondaires de telles « expériences » ne pourraient être annulés³⁰⁹.

Les expériences « à petite échelle » menées sur le terrain ne fourniront aucune information valable quant aux effets du déploiement de la géoingénierie sur le climat. De telles expériences peuvent néanmoins s'avérer utiles pour tester le matériel et procéder à une démonstration de faisabilité. Or, cela pourrait encourager les gouvernements à investir dans une technique donnée sans au préalable mener de débat de société complet et en l'absence de cadre de gouvernance démocratique et adopté internationalement, deux éléments pourtant essentiels.

De plus, toute expérience qui, entre autres critères, n'est pas menée « à des fins scientifiques » et selon des « conditions contrôlées » viole le moratoire imposé par la CDB. Par exemple, en raison de leur nature, toutes les expériences extérieures de GRS ne peuvent pas être menées dans des conditions contrôlées; elles risquent ainsi de mettre en danger ou d'affecter d'autres territoires. Du reste, les expériences menées en plein air franchissent une ligne rouge politique et, par conséquent, ne devraient pas être autorisées à aller de l'avant.

Œuvrer à la mise en place d'une interdiction

Il existe nombre de raisons d'interdire les techniques de géoingénierie³¹⁰ qui n'ont pas été testées et qui, de toute façon, ne sont pour ainsi dire pas testables. C'est toutefois leur potentielle militarisation — et la possibilité concomitante de perturber davantage le climat mondial — qui soulève le plus d'inquiétudes, et cette éventualité ne peut être ignorée des Nations unies. Ce double usage qui caractérise la géoingénierie — comme ce fut auparavant le cas pour la modification des conditions météorologiques — devrait suffire pour que les Nations unies étudient la possibilité d'interdire certaines techniques de géoingénierie ou l'ensemble de celles-ci.

Grands débats de société, grandes structures

Les conséquences et les impacts potentiels de la géoingénierie doivent faire l'objet d'un débat international articulé en discussions prenant différentes formes caractérisées par une grande diversité d'opinions. Il est notamment important de voir y participer les personnes les plus susceptibles d'être touchées par les impacts de la géoingénierie — et les changements climatiques — et celles qui sont tenues à l'écart des sphères technocratiques — ces milieux dominés par des hommes occidentaux de race blanche habitant l'hémisphère Nord et épris de technologie qui ont d'abord présenté la géoingénierie à titre de « solution » fiable.

Par ailleurs, ces forums doivent notamment mettre les thèmes suivants à leur programme : besoins sociaux et environnementaux, gouvernance, éthique, justice climatique, géopolitique, droits de la personne, égalité des sexes et équité intergénérationnelle. Les délibérations publiques doivent prendre racine dans la base de la société. Si ce n'est pas le cas, il y a peu de chances que les risques sérieux et les défis colossaux en matière de politique et de gouvernance demeurent au cœur du débat, et les discussions risquent alors de se transformer en un exercice rhétorique.

Ne touchez pas à la Terre mère!

La géoingénierie — à titre d'ensemble de techniques et d'idée politique — n'a pas pour but fondamental de proposer une nouvelle solution aux changements climatiques. Les géoingénieurs ne cherchent pas simplement à abaisser la température de la planète ou à réduire les concentrations de GES dans l'atmosphère, ni à trouver un remède aux « maux de l'anthropocène » par lequel ils tenteraient d'atténuer les impacts négatifs de la présence humaine sur la planète et les écosystèmes. La géoingénierie ouvre plutôt la voie au remodelage de la planète — la géoingénierie n'entend pas supprimer l'anthropos (c.-à-d. l'« être humain ») de l'anthropocène, mais plutôt à mettre l'anthropos au premier plan.

La déesse grecque de la Terre, *Gaïa*, a prêté son nom à une hypothèse émise par James Lovelock qui considère l'ensemble des écosystèmes et des êtres vivants de la planète comme un superorganisme capable d'autorégulation et de régénérescence. Cette hypothèse trouve une incarnation plus vieille en Pachamama qui, pour certains peuples autochtones andins, représente depuis longtemps l'esprit maternel sacré de la Terre. Or, en tentant de manipuler la planète, nous instrumentalisons *Gaïa* et la transformons en un outil technologique. Le principe consiste à transformer *Gaïa* de même que notre vision de celle-ci et la relation que nous entretenons avec elle.

Ses conditions climatiques, ses forêts, ses océans et ses sols sont d'abord transformés en données — paramètres climatiques, concentrations de carbone, albédo —, qui sont ensuite partagées, traitées et microgérées. Les modèles nous disent que si nous pulvérisons ici, elle faiblira là. Si nous blanchissons ici, elle brûlera là. Ultimement, perfectionner la géoingénierie — la « manipulation de la planète » — revient à transformer la planète en une sorte de cyborg que les êtres humains peuvent programmer, actionner et réguler. Les modèles et les métaphores comparant la planète à une machine ou à un ordinateur n'admettent pas que la nature existe sans l'intervention de l'humain. Au même titre que nous nous sommes habitués à vivre dans des milieux artificiels comme les villes, voilà que notre planète serait transformée en un habitat artificiel. Même la couleur du ciel serait déterminée par la palette de la géoingénierie.

Pour ceux qui vivent déjà dans des villes ou d'autres milieux aménagés par l'humain, remodeler les systèmes terrestres « en fonction de nos besoins » peut paraître banal, mais pour ceux qui vivent encore en étroite relation avec les écosystèmes, cela transforme radicalement les réalités de l'existence et coupe les liens avec la nature. Remettre aux géoingénieurs les manettes de contrôle des processus naturels ne constitue pas seulement une défaite psychologique, mais également un énorme risque; cela est vrai pour tous, mais plus particulièrement pour les paysans, les pêcheurs artisanaux, les pâtres, les Autochtones et les membres des communautés dont les modes de subsistance dépendent directement de la biodiversité. Pour aller de l'avant, les projets de géoingénierie doivent nier la complexité, le dynamisme et l'interdépendance des écosystèmes de même que la diversité culturelle qui caractérisent la Terre mère.

En conséquence, pour bien circonscrire la question, la critique faite par la société de la mauvaise solution proposée par la géoingénierie ne doit pas seulement s'arrêter aux aspects techniques de cette solution; elle doit d'abord clairement expliquer pourquoi il est erroné de considérer la Terre comme une machine ayant besoin d'être réparée.

Les conséquences et les impacts potentiels de la géoingénierie doivent faire l'objet d'un débat international articulé en discussions prenant différentes formes et caractérisées par une grande diversité d'opinions. Il est notamment important de voir y participer les personnes les plus susceptibles d'être touchées par les impacts de la géoingénierie — et les changements climatiques — et celles qui sont tenues à l'écart des sphères technocratiques.

Voilà d'ailleurs pourquoi la critique de la géoingénierie ne doit pas être la chasse gardée des scientifiques, des technologues, des spécialistes en cindynique, des « environnementalistes » et des conseillers en politiques climatiques. Elle doit nécessairement inclure la voix de tous ceux qui habitent la planète. La coalition prenant part aux débats et aux actions militantes contre la géoingénierie doit admettre en son sein les organisations de femmes, les syndicats, les agriculteurs, les pêcheurs, les groupes religieux, les écologistes, les organisations de jeunes, les organisations de paysans, les peuples autochtones, etc.

La critique de la géoingénierie ne doit pas être la chasse gardée des scientifiques, des technologues, des spécialistes en cindynique, des « environnementalistes » et des conseillers en politiques climatiques. Elle doit nécessairement inclure la voix de tous ceux qui habitent la planète.

Comme l'ont indiqué les organisations à l'origine de la campagne HOME lancée à Cochabamba en Bolivie en 2010, accroître notre emprise technique sur les systèmes terrestres ne fera qu'empirer la situation. Il faut au contraire renoncer à ce type d'interventions et laisser les divers écosystèmes tracer eux-mêmes la voie de leur rétablissement — laisser la planète retrouver son « état sauvage » et, parallèlement, admettre la diversité des cultures et des moyens de vivre en harmonie avec la nature. Aux géoingénieurs et à tous ceux qui entendent briser les liens vitaux entre les communautés humaines et la Terre mère, nous répéterons sans relâche ce message : notre planète n'est pas votre laboratoire; « ne touchez pas à la Terre mère! »

Les Nations unies et la géoingénierie

La Convention sur la diversité biologique et la géoingénierie

La Convention sur la diversité biologique (CDB) des Nations unies se penche sur la géoingénierie depuis 2007. La CDB compte actuellement 196 pays signataires, ce qui en fait un « traité universel ». Les États-Unis ne sont toutefois pas signataires de la CDB.

La question de la géoingénierie, incluant la fertilisation des océans, a été abordée au cours de cinq Conférences des Parties (CdP) — CdP 9 (Allemagne, 2008), CdP 10 (Japon, 2010), CdP 11 (Inde, 2012), CdP 12 (Corée du Sud, 2014) et CdP 13 (Mexique, 2016) — à l'issue desquelles plus de 190 gouvernements sont parvenus à des décisions consensuelles en regard de la géoingénierie.

Préalablement à ces décisions, les pays signataires de la CDB avaient préparé et soumis à une évaluation dix documents d'information. Ceux-ci furent ensuite présentés et commentés lors de rencontres de l'Organe subsidiaire chargé de fournir des avis scientifiques, techniques et technologiques (OSASTT) de la CDB tenues entre 2008 et 2015, chacune de ces rencontres (13e, 14e, 16e, 18e et 19e) s'étant tenues avant chaque CdP.

Dans le cadre de sa série de documents techniques, la CDB a produit trois rapports révisés par les pairs : le rapport no 45 (2009), qui constitue une synthèse scientifique des effets de la fertilisation des océans sur la biodiversité marine³¹¹; le rapport no 66 (2012), qui traite des aspects techniques et réglementaires de la géoingénierie en lien avec la CDB³¹²; et le rapport no 84 (2016), qui se veut une mise à jour du cadre réglementaire et des connaissances sur les impacts potentiels de la géoingénierie³¹³.

En 2008, à la suite de plusieurs rondes de discussions et après un appel émanant de la Convention de Londres à faire preuve d'une « grande vigilance »³¹⁴, les pays signataires de la CDB ont adopté la décision IX/16 par consensus.

Dans la section C du document décrivant le contenu de cette décision, la CDB demande la mise en place d'un moratoire sur la fertilisation des océans, exhortant les gouvernements à s'assurer qu'aucune activité de fertilisation ne se déroule sans respecter une série de conditions strictes, incluant la mise en place d'un mécanisme de contrôle et de réglementation mondial, transparent et efficace.

Extrait de la décision XI/16 C des pays signataires de la CDB :

(4) Compte tenu de l'analyse scientifique et juridique en cours menée en vertu de la Convention de Londres (1972) et du Protocole de 1996, prie les Parties et exhorte les autres gouvernements, en application des principes de précaution, de [sic] s'assurer qu'il n'y aura pas d'activités de fertilisation des océans tant qu'il n'existera pas de fondement scientifique qui justifie de telles activités, y compris l'évaluation des risques associés, et qu'un mécanisme de réglementation et de contrôle efficace, mondial et transparent ne sera pas en place pour ces activités, sauf pour les recherches scientifiques de petite échelle menées dans des eaux côtières. Ces études ne devraient être autorisées que lorsque la nécessité de recueillir des données scientifiques la justifie. Elles doivent faire l'objet d'une évaluation préalable approfondie des risques potentiels des études de recherche sur l'environnement marin, et être strictement contrôlées. Elles ne doivent pas être utilisées pour produire et vendre des contreparties d'émissions de la fixation de carbone ou à toute autre fin commerciale³¹⁵.

En 2010, les pays signataires de la CDB prirent une autre importante décision consensuelle : la mise en place d'un moratoire de facto sur l'ensemble des techniques de géoingénierie.

De la sorte, et en droite ligne avec la décision IX/16 C sur la fertilisation des océans, les pays signataires de la CDB s'assurent « qu'aucune activité de géo-ingénierie liée aux changements climatiques n'est entreprise, qui pourrait avoir un impact sur la diversité biologique, tant qu'il n'existe pas de base scientifique adéquate permettant de justifier de telles activités et d'examen approprié des risques associés pour l'environnement et la diversité biologique ainsi que des impacts sociaux, économiques et culturels associés ».

Extrait de la décision X/33 des pays signataires de la CDB :

(w) S'assurer, conformément à la décision IX/16 C sur la fertilisation des océans, la diversité biologique et les changements climatiques, et en l'absence de mécanisme réglementaire, de contrôle efficace, transparent, global et à base scientifique pour la géo-ingénierie, et conformément à l'approche de précaution et à l'article 14 de la Convention, qu'aucune activité de géo-ingénierie liée aux changements climatiques n'est entreprise, qui pourrait avoir un impact sur la diversité biologique, tant qu'il n'existe pas de base scientifique adéquate permettant de justifier de telles activités et d'examen approprié des risques associés pour l'environnement et la diversité biologique ainsi que des impacts sociaux, économiques et culturels associés, à l'exception des études de recherches scientifiques [sic] à petit[e] échelle qui pourraient être menées dans un environnement contrôlé, conformément à l'article 3 de la Convention, et seulement si elles sont justifiées par le besoin de rassembler des données scientifiques et sont sujettes à une évaluation préalable approfondie des impacts potentiels sur l'environnement;

(x) S'assurer que les activités de fertilisation des océans sont gérées conformément à la décision IX/16 C, tout en reconnaissant les travaux effectués dans le cadre de la Convention de Londres et du Protocole de Londres³¹⁶.

Dans le cadre de cette dernière décision, le captage et stockage du carbone (CSC) émis par les combustibles fossiles (mais pas la biomasse avec captage et stockage du carbone) n'est pas considéré comme étant une technique de géo-ingénierie³¹⁷.

Les deux moratoires imposés par les décisions XI/16 C et X/33 laissent toutefois place aux expériences « à petit[e] échelle », mais seulement « si elles sont justifiées par le besoin de rassembler des données scientifiques » et si certaines conditions sont respectées avant de procéder. Ces dernières exigent notamment une « évaluation préalable approfondie des impacts potentiels sur l'environnement », la mise en place de « conditions contrôlées » (mais pas sur le terrain ni dans l'atmosphère), et la certitude que des impacts transfrontaliers n'auront pas lieu. Dans le cas de la fertilisation des océans, il est également indiqué que les expériences menées dans ce domaine ne doivent pas servir à « produire et vendre des contreparties d'émissions de la fixation de carbone ou à toute autre fin commerciale ».

Une section du site web de la CDB a été créée afin de fournir plus de détails sur ce processus de négociation et de décision qui s'est déroulé sur une dizaine d'années³¹⁸.

Les pays signataires de la CDB considèrent que ces décisions sont hautement pertinentes, au point que trois expériences de géo-ingénierie ont été interrompues après avoir été dénoncées comme des violations de ces décisions. Les trois expériences en cause sont : l'expérience de fertilisation océanique LOHAFEX menée par l'Inde et l'Allemagne³¹⁹; l'expérience de fertilisation océanique menée près de l'archipel Haida Gwaii (Canada) par l'entreprise privée Haida Salmon Restoration Corporation (HSRC)³²⁰; et le projet SPICE, conçu pour tester un dispositif de gestion du rayonnement solaire au Royaume-Uni³²¹.

Lors de la CdP 13 qui s'est tenue en 2016³²², les discussions sur la géo-ingénierie furent brèves, car ce sujet avait déjà été débattu lors de la 19e rencontre de l'OSASTT tenue précédemment, et aussi parce que la recommandation faite par l'OSASTT a été accueillie sans réserve, les différends ayant préalablement été réglés lors de la rencontre de l'OSASTT. Bien que la décision XIII/14 prise dans le cadre de la CdP 13 souligne que seuls quelques pays ont divulgué leurs activités sur le plan de la géo-ingénierie comme l'exige la décision XI/20 prise préalablement, cela ne veut pas dire pour autant que les pays se moquent de cette question.

Au contraire, cela signifie plutôt que la plupart de ceux-ci ne mènent aucune expérience ni recherche sur la géo-ingénierie ou n'ont pas l'intention de le faire, et qu'ils n'ont conséquemment rien à déclarer.

Dans sa décision XIII/14 remontant à 2016, la CDB réaffirme l'application du principe de précaution et l'obligation des États d'éviter de causer des dommages transfrontaliers. Elle affirme en outre que les exigences en matière d'évaluation des impacts environnementaux « peu[ven]t concerner les activités de géo-ingénierie, mais constituerai[en]t néanmoins une base insuffisante pour une réglementation internationale en la matière », un argument qui confirme la pertinence des moratoires.

Dans ses rapports portant sur les cadres légaux et réglementaires, la CDB dresse une liste des différents organes des Nations unies dont le domaine de compétence et le mandat seraient concernés ou violés par les activités de géo-ingénierie. Ces organes, dont évidemment la CDB, devraient conséquemment jouer un rôle dans sa gouvernance.

Le point de vue de la société civile et des géoingénieurs sur les moratoires de la CDB

Au sein de la CDB, l'Alliance de la CDB, qui est constituée de plus de 400 organisations de la société civile, du Réseau mondial des jeunes pour la biodiversité (RMJB) et du Forum autochtone international sur la biodiversité (FAIB), a activement soutenu la mise en place des deux moratoires.

La CDB est de loin l'outil des Nations unies le plus apte à traiter de géo-ingénierie alors qu'il met en place plusieurs éléments liés à son mandat et sa composition qui sont importants pour la gouvernance de la géo-ingénierie. Malgré cela, les promoteurs de la géo-ingénierie mènent sans relâche une campagne passive-agressive qui cherche à dénigrer les décisions incluses dans la CDB. Le comportement de ces derniers montre à quel point ils sont influencés par le point de vue des États-Unis, qui n'ont pas ratifié la CDB. Cependant, puisque la CDB constitue un traité international, la diplomatie exige que tous les pays se conforment aux décisions prises dans son cadre.

Selon les arguments employés par les géoingénieurs et leurs alliés, les décisions prises dans le cadre de la CDB ne sont pas contraignantes, et les moratoires sont rédigés dans des termes exhortatifs. Ce dernier argument est également utilisé par une poignée de gouvernements qui se demandent si ces décisions constituent bel et bien des moratoires — ces gouvernements mènent tous des programmes de géo-ingénierie, dont certains en collaboration avec des entreprises privées.

Toutes les décisions prises aux Nations unies dans le cadre d'une Conférence des Parties sont contraignantes pour les pays membres, car ceux-ci les ont signées, ratifiées, et se sont engagés à les respecter. Bien que le terme « moratoire » n'apparaisse pas dans le texte, toutes les parties sont invitées à s'assurer qu'aucune activité de géo-ingénierie n'a lieu, à moins qu'une série de conditions soient respectées, ce qui inclut un « examen approprié des risques associés pour l'environnement et la diversité biologique ainsi que des impacts sociaux, économiques et culturels associés ».

Du reste, la force d'une décision prise aux Nations unies ne tient pas seulement à son texte, mais également à l'importance que les gouvernements et la société civile lui accordent, à la manière dont elle est utilisée et défendue. Or, la grande majorité de pays signataires considère que les décisions prises en regard de la géo-ingénierie sont hautement pertinentes et qu'elles ont valeur de moratoires. L'interruption des trois expériences de géo-ingénierie mentionnées précédemment³²³, qui découle de l'application des moratoires, constitue une démonstration du poids diplomatique des décisions qui les ont promulgués.

La Convention ENMOD : guerre aux changements climatiques ou guerre tout court?

Plusieurs techniques de géo-ingénierie peuvent trouver des usages militaires; leur déploiement pourrait ainsi violer la Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles (Convention ENMOD).

Ratifiée par 77 États, la Convention ENMOD est entrée en vigueur en 1978³²⁴. Elle exige que ses pays signataires s'engagent « à ne pas utiliser à des fins militaires ou toutes [sic] autres fins hostiles des techniques de modification de l'environnement ayant des effets étendus, durables ou grave[s], en tant que moyens de causer des destructions, des dommages ou des préjudices à tout autre État partie » (article I).

L'article II de la Convention ENMOD définit ainsi les techniques visant à modifier l'environnement : « toute technique ayant pour objet de modifier — grâce à une manipulation délibérée de processus naturels — la dynamique, la composition ou la structure de la Terre, y compris ses biotes, sa lithosphère, son hydrosphère et son atmosphère, ou l'espace extra-atmosphérique ».

Cette définition s'applique à plusieurs techniques de géoingénierie faisant actuellement l'objet de travaux de recherche et développement.

La Convention ENMOD n'interdit pas les modifications de l'environnement à des fins pacifiques; elle ne pourrait ainsi s'appliquer à la géoingénierie que si cette dernière était explicitement conçue et déployée à des fins militaires. Cependant, une fois que des outils sont mis au point, disons dans le but d'atténuer les effets des changements climatiques, qui peut vraiment garantir qu'ils ne seront pas utilisés à des fins hostiles? Et que faire si une « utilisation pacifique » de ces techniques engendre des dommages inattendus?

Considérant la possibilité inhérente à la géoingénierie de servir des fins hostiles, et conformément à l'article V de la Convention ENMOD qui autorise une partie à exiger une enquête sur les activités d'une autre partie si la première « partie a été lésée ou risque d'être lésée par suite d'une violation de la Convention », les pays signataires pourraient avoir à soumettre à une enquête toute initiative visant à planifier, à soutenir et à mener des expériences de modification environnementale (géoingénierie) qui aurait des effets sur une vaste échelle spatiale ou temporelle, ou encore des effets graves susceptibles de causer des dommages ou des préjudices potentiels à d'autres pays signataires³²⁵.

La Convention de Londres, le captage et stockage du carbone et les techniques de géoingénierie en milieu marin

La Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et d'autres matières (Convention de Londres) et son Protocole de 1996 sont deux ententes internationales qui réglementent les déversements effectués en milieu marin. Différentes décisions portant sur les techniques de géoingénierie en milieu marin ont donc été prises dans le cadre de la Convention de Londres et de son Protocole de 1996, notamment en ce qui a trait à la fertilisation des océans et au captage et stockage du carbone lorsque cette dernière technique vise les formations géologiques sous-marines.

En 2006, le Bureau de la Convention de Londres a été mandaté pour évaluer les aspects transfrontaliers de techniques de captage et stockage du carbone (CSC) comme l'injection de CO₂ dans les formations géologiques sous-marines en vue de son stockage. Des lignes directrices et un formulaire d'évaluation ont été conçus à cette fin.

Un pays peut ainsi obtenir un permis permettant le stockage du CO₂ dans les formations géologiques sous-marines se trouvant sur son territoire. Toutefois, conformément à l'article 6 du Protocole de 1996 à la Convention de Londres qui interdit l'exportation de déchets ou d'autres matières en vue de leur immersion en mer, les échanges transfrontaliers de CO₂ dans le but d'en faire le stockage sont interdits. Un amendement à cet article a été approuvé, mais celui-ci n'est toujours pas entré en vigueur et le processus de ratification est lent³²⁶.

En 2007, les instances dirigeantes de la Convention de Londres et de son Protocole de 1996 ont souscrit à l'Énoncé d'inquiétude concernant la fertilisation des océans par le fer pour séquestrer le dioxyde de carbone, une lettre circulaire rédigée par ses groupes scientifiques. Ces instances ont subséquemment exhorté les États, dans le cadre de la décision IX/16 C, « à faire preuve d'une grande vigilance dans l'examen des propositions de fertilisation à grande échelle des océans ». Dans cette même décision, la Conférence des Parties « est d'avis que la fertilisation à grande échelle des océans n'est pas justifiée, étant donné le niveau de connaissances actuel sur la fertilisation des océans ». En 2008, les instances dirigeantes ont réaffirmé leur précédente résolution et ont par ailleurs convenu qu'

« étant donné l'état actuel des connaissances, les activités de fertilisation des océans autres que celles servant à des fins scientifiques légitimes ne devraient pas être autorisées. À cette fin, de telles activités poursuivant d'autres buts devraient être considérées comme allant à l'encontre des objectifs de la Convention et de son Protocole, et ne sont actuellement pas exemptées de la définition d'immersion retrouvée à l'article III.1 (b) de la Convention et à l'article 1.4.2 du Protocole³²⁷ ».

En 2010, un cadre d'évaluation de la recherche scientifique impliquant la fertilisation des océans a été préparé et adopté afin d'assurer que toutes les activités dans ce domaine poursuivent des objectifs scientifiques et ne vont pas à l'encontre des objectifs de la Convention de Londres et de son Protocole de 1996³²⁸.

En 2013, et après mûre réflexion, la Conférence des Parties a décidé d'interdire les activités de géoingénierie en mer³²⁹. Les activités visées doivent figurer dans une annexe qui, pour l'instant, ne comprend que la fertilisation des océans en raison du fait que les autres techniques n'ont pas encore été examinées de manière approfondie³³⁰.

Les résolutions concernant les techniques de géoingénierie en milieu marin et le CSC prises dans le cadre de la Convention de Londres et de son Protocole de 1996 sont très pertinentes, notamment en regard des décisions sur la fertilisation des océans et les autres aspects de la géoingénierie prises dans le cadre de la CDB, qui a été ratifiée par un plus grand nombre de pays³³¹.

L'Assemblée générale des Nations unies et la fertilisation des océans

La fertilisation des océans a également fait l'objet de négociations lors de la Conférence des Nations unies sur le développement durable (Rio+20) qui s'est tenue en juin 2012. Le paragraphe 167 du document intitulé Le futur que nous voulons, qui a été préparé à l'issue de la conférence mentionne la chose suivante :

Nous soulignons notre préoccupation quant aux possibles conséquences pour l'environnement de la fertilisation des océans. À cet égard, nous rappelons les décisions adoptées à ce sujet par les entités intergouvernementales compétentes, et nous sommes déterminés à continuer de nous attaquer à cette question avec la plus grande circonspection, conformément à l'approche de précaution.

Dans le précédent extrait, le rappel des « décisions adoptées à ce sujet par les entités intergouvernementales compétentes » signifie que l'Assemblée générale des Nations unies les réitère ou souhaite attirer l'attention sur celle-ci. Cela confirme que les décisions prises dans le cadre de la CDB de même que de la Convention de Londres et de son Protocole de 1996 sont de bon aloi. Cela confirme, en outre, que les États restent préoccupés par les impacts environnementaux potentiels découlant de la fertilisation des océans.

La déclaration a par la suite été confirmée par la résolution A/RES/66/288 de l'Assemblée générale des Nations unies³³².

La Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, l'accord de Paris et la géoingénierie

En tant que telle, la géoingénierie ne figure pas officiellement à l'ordre du jour de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

La CCNUCC se penche sur le captage et stockage du carbone (CSC) depuis 2005, ce qui ne va pas sans faire de vagues. Malgré la nature polémique de cette technique, le CSC a été approuvé à titre de mécanisme de développement propre (MDP) lors de la CdP 16 qui s'est tenue à Cancún en 2010³³³.

En 2014, une rencontre d'experts techniques sur le CSC a été organisée. Malheureusement, plutôt que de donner lieu à un débat ouvert couvrant l'ensemble des implications du CSC (ses risques, ses impacts, sa viabilité et son efficacité), la rencontre a essentiellement pris la forme d'une vitrine promotionnelle pour le CSC organisée par des entreprises (notamment du secteur pétrolier) tentant de vendre cette technique aux gouvernements et demandant un certain soutien public, entre autres auprès de la Conférence des Nations unies sur les changements climatiques (CNUCC), qui est l'organe chapeautant la CCNUCC³³⁴.

En 2015, la CNUCC a approuvé l'accord de Paris³³⁵, qui fixe une limite à la hausse de la température mondiale (article 2) et dresse la liste des moyens d'y parvenir (article 4).

Extrait du paragraphe 1 de l'article 2 de l'accord de Paris :

Le présent Accord, en contribuant à la mise en œuvre de la Convention, notamment de son objectif, vise à renforcer la riposte mondiale à la menace des changements climatiques, dans le contexte du développement durable et de la lutte contre la pauvreté, notamment en :

a) Contenant l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels, étant entendu que cela réduirait sensiblement les risques et les effets des changements climatiques. (C'est nous qui soulignons.)

Paragraphe 1 de l'article 4 de l'accord de Paris :

En vue d'atteindre l'objectif de température à long terme énoncé à l'article 2, les Parties cherchent à parvenir au plafonnement mondial des émissions de gaz à effet de serre dans les meilleurs délais, étant entendu que le plafonnement prendra davantage de temps pour les pays en développement Parties, et à opérer des réductions rapidement par la suite conformément aux meilleures données scientifiques disponibles de façon à parvenir à un équilibre entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre au cours de la deuxième moitié du siècle, sur la base de l'équité, et dans le contexte du développement durable et de la lutte contre la pauvreté. (C'est nous qui soulignons.)

L'adoption de l'accord de Paris s'est accompagnée de la décision d'organiser un dialogue de facilitation en 2018 afin de faire le bilan des progrès accomplis par rapport aux objectifs énoncés à l'article 4 de l'accord de Paris, et de déterminer des contributions déterminées au niveau national (CDN)³³⁶.

Lors de la CdP 16 qui s'est tenue avant la CdP 21 où a été élaboré l'accord de Paris, les gouvernements s'engagèrent à procéder à des réductions volontaires d'émissions de GES. Après la signature de l'accord de Paris, chaque pays signataire dut déposer un plan présentant ses CDN prévus. Toutefois, en compilant ces derniers, le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) détermina qu'ils provoqueraient une hausse de la température mondiale moyenne oscillant entre 2,9 et 3,4 °C³³⁷.

Plusieurs éléments de l'accord de Paris — sans compter l'écart entre les engagements en matière de CDN et ses objectifs — ont été interprétés par les chercheurs et les promoteurs de la géoingénierie comme des occasions de promouvoir les propositions dans ce domaine. Les principaux éléments auxquels ces derniers réfèrent sont la nécessité de *limiter la hausse de la température bien en deçà de 2°C* (ce qui, selon le GIEC, pourrait nécessiter de réduire de plus de 70 % les émissions de GES avant 2050, mais les effets cumulatifs de certains GES se poursuivront³³⁸), assortie de la possibilité de retarder ou de renoncer à ces réductions par *l'atteinte d'un équilibre entre les émissions et les puits de GES*.

Certains chercheurs soulignent ainsi la capacité de la GRS à abaisser la température de la planète, alors que d'autres mettent l'accent sur l'ADC capable d'aspirer le CO₂ atmosphérique, ou encore sur une combinaison de techniques. D'autres, peut-être plus cyniques, proposent enfin de recourir à un « cocktail » de géoingénierie (comme si la crise climatique était un dîner mondain) où GRS et ADC sont menées conjointement dans le but d'atteindre l'équilibre climatique³³⁹.

Autres ententes susceptibles d'être violées par les expériences de géoingénierie et son déploiement

Outre celles mentionnées précédemment, d'autres ententes pourraient voir certaines de leurs dispositions violées par les expériences de géoingénierie et son déploiement. Ces ententes comprennent : la Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone et le Protocole de Montréal; la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CPATLD, Europe); le Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels (PIDESC); la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (CNUDM); le Traité de l'espace; la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD); la Convention d'Aarhus sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement (Europe); et le Traité sur l'Antarctique.

Outre cette liste d'ententes, de nombreuses organisations multilatérales dont les mandats recourent les activités et les impacts de la géoingénierie sont également susceptibles de voir leurs décisions violées par la géoingénierie; en voici quelques exemples : l'Assemblée générale des Nations unies, l'Assemblée des Nations unies sur l'environnement, le Conseil de sécurité des Nations unies, la Cour pénale internationale, la Cour internationale de justice, le Conseil des droits de l'homme des Nations unies et l'Organisation météorologique mondiale³⁴⁰.

Initiatives non gouvernementales en matière de gouvernance de la géoingénierie

Toutes les initiatives non gouvernementales existantes qui se penchent sur la gouvernance de la géoingénierie ont pour origine l'hémisphère Nord, principalement l'Amérique du Nord, le Royaume-Uni et l'Allemagne. (À l'instar de la géoclique, la plupart des acteurs clés au sein de ces initiatives sont des hommes blancs d'origine européenne ou nord-américaine — cela est peu surprenant puisque la géoingénierie, qui se veut une solution technique à la crise climatique dont les principaux responsables sont les pays et les entreprises de l'hémisphère Nord, est elle aussi une création des scientifiques du Nord.) La majorité de ces initiatives émanent d'universités et ont pour principal objet la gouvernance de la recherche et des expériences dans le domaine de la géoingénierie. La plupart d'entre elles misent sur des mécanismes d'autogouvernance tels que l'adoption de lignes directrices et de codes de conduite volontaires, bien qu'elles reconnaissent qu'en fin de compte, ce sera aux gouvernements de décider de procéder ou non au déploiement de la géoingénierie.

En 2010, une conférence internationale organisée par deux organisations étasuniennes s'est tenue au centre de conférence Asilomar, situé sur la côte pacifique en Californie. Rassemblant 175 scientifiques et entrepreneurs du domaine de la géoingénierie (dont seulement 4 étaient originaires de pays en développement), celle-ci visait à établir des lignes directrices destinées à la « communauté scientifique » afin que celle-ci régisse elle-même la recherche et l'expérimentation en géoingénierie. Cet événement se tint au même endroit que la Conférence d'Asilomar sur l'ADN recombinant qui se déroula en 1975, au cours de laquelle furent établies des lignes directrices volontaires pour encadrer le génie génétique. Cette conférence contribua grandement à persuader le Congrès des États-Unis de la futilité de légiférer pour encadrer ce domaine, ce qui a permis aux OGM de s'affranchir pendant des décennies de toute surveillance indépendante et réglementation.

Solar Radiation Management Governance Initiative : faire la leçon aux pays du Sud

Après la publication de son rapport sur la géoingénierie en 2009, la Royal Society (Royaume-Uni) commence la Solar Radiation Management Governance Initiative (SRMGI) qui, entre autres choses, se transforma en un forum où fut négociée la recommandation de la Royal Society d'appliquer des « normes de *minimis* en matière de réglementation de la recherche³⁴¹ ». La SRMGI a été organisée dans le but d'inviter les scientifiques, les gouvernements et les représentants de la société civile, particulièrement dans les pays en développement, à discuter des propositions de GRS. L'initiative a été finalement lancée par la Royal Society (Royaume-Uni), l'Académie des sciences du tiers monde (TWAS; Trieste, Italie) et l'Environmental Defence Fund (Washington D.C.). Bien que basée et dirigée à partir de pays septentrionaux, cette initiative entend principalement organiser des rencontres dans les pays du Sud.

La SRMGI est décrite comme étant « une initiative internationale dirigée par des ONG qui cherche à étendre la discussion mondiale sur la gouvernance de la recherche sur la GRS³⁴² », notamment aux pays en développement et aux économies en émergence³⁴³. Il est par ailleurs indiqué que cette initiative « ne prend pas position par rapport à l'utilisation de la GRS ou à la recherche en GRS », mais cherche plutôt à promouvoir le dialogue. Cependant, la présence de membres influents de la géoclique au sein de son groupe de travail initial³⁴⁴ a laissé sa marque sur l'initiative. Le directeur de la SRMGI, Andy Parker, se décrit lui-même comme un sceptique réticent incapable d'ignorer les arguments convaincants en faveur de la recherche en GRS³⁴⁵.

Depuis 2010, la SRMGI invite des universitaires, des scientifiques, des responsables gouvernementaux et quelques représentants de la société civile des principaux pays en développement à discuter de GRS et des questions qui y sont reliées. Toutefois, les comptes rendus de ses réunions suggèrent qu'elle invite peu d'acteurs critiques³⁴⁶.

La C2G2 : étendre la question de la gouvernance de la géoingénierie à l'échelle de la société

En 2017, une nouvelle initiative sur la gouvernance de la géoingénierie vit le jour : la Carnegie Climate Geoengineering Governance Initiative (C2G2). Celle-ci vise à intégrer les points de vue et les perspectives d'une vaste gamme d'organisations afin de faire progresser les discussions sur la gouvernance de la géoingénierie et la création d'un tel cadre. Son travail a pour prémisse que seule la communauté scientifique a participé aux discussions sur la gouvernance de la géoingénierie, et qu'il est nécessaire de porter celles-ci dans « l'arène politique mondiale [...] encourageant [ainsi] un débat plus vaste à l'échelle de la société sur les risques, les bénéfices potentiels, de même que les défis sur le plan de l'éthique et de la gouvernance reliés à la géoingénierie³⁴⁷ ». À l'instar de la SRMGI, la C2G2 affirme publiquement avoir un point de vue neutre sur la géoingénierie, et qu'elle est ni pour ni contre les tests ou sa possible utilisation, mentionnant que c'est à la société de prendre ce genre de décisions³⁴⁸.

János Pásztor dirige la C2G2. Il détient une longue feuille de route au sein de la structure onusienne et a notamment dirigé l'Équipe de soutien du Secrétaire général sur les changements climatiques alors que Ban Ki-moon occupait ce poste. La plupart des membres de l'équipe de la C2G2 proviennent de cette dernière équipe dirigée par Pásztor. Le réseau et la sphère d'influence de Pásztor aux Nations unies se sont montrés utiles pour faire progresser les travaux de la C2G2. Au cours de son année inaugurale, cette initiative est parvenue à porter les discussions sur la gouvernance de la géoingénierie jusqu'au sommet de certaines agences onusiennes et organisations internationales (incluant des Églises et des organisations religieuses), et a organisé des événements parallèles et des séminaires lors de différentes rencontres intergouvernementales. Cette initiative a en outre porté la question à l'attention des diplomates et des représentants gouvernementaux de haut niveau des principaux pays. Les membres de la C2G2 ont également pris part à certaines rencontres d'envergure nationale organisées par la SRMGI dans certains pays en développement, poussant la question de la gouvernance au-delà de la seule GRS.

Afin de démontrer sa neutralité, la C2G2 a mis sur pied un groupe consultatif dont les membres, provenant autant de pays industrialisés que de pays en développement et issus d'universités, de gouvernements, des Nations unies, du monde de la recherche et de la société civile, représentent un large éventail de points de vue sur la géoingénierie. Bien qu'il est attendu que les membres de la C2G2 offrent des conseils sur d'importantes questions liées au travail de l'initiative, cette dernière n'a aucun pouvoir décisionnel. En raison de sa composition diversifiée et de la présence de points de vue divergents sur la géoingénierie en son sein, le comité consultatif n'est pas tenu de parvenir à une position consensuelle. Conséquemment, les positions de la C2G2 ne reflètent pas nécessairement les points de vue de son comité consultatif³⁴⁹.

À titre d'initiative jouissant d'une forte visibilité, les allégations de la C2G2 quant à sa neutralité ont fait l'objet d'un examen scrupuleux³⁵⁰. Cette initiative est perçue par d'importants membres de la géoclique comme une occasion de promouvoir leurs travaux³⁵¹, et des partisans de la géoingénierie ont pris les moyens de s'assurer de participer activement aux activités de la C2G2. Cela ne les empêche pas pour autant d'émettre un flot de critiques à son adresse.

Considérant l'ardeur qu'elle met à clamer sa neutralité, il est surprenant d'apprendre que la C2G2 s'est récemment positionnée politiquement. À la fin de 2017, la C2G2 a articulé ses priorités, voulant notamment « suspendre le déploiement de la gestion du rayonnement solaire d'ici à ce que (i) les risques et les bénéfices potentiels soient mieux connus, et (ii) qu'une entente soit conclue quant aux cadres de gouvernance nécessaire au déploiement de ces techniques³⁵² ». Selon les explications de son équipe, la C2G2 « cherche à atteindre un équilibre entre ceux qui souhaitent mener de la recherche en gestion du rayonnement solaire pour voir si cela vaut la peine de déployer cette technique considérant ses risques, et ceux qui veulent s'assurer que le déploiement de la gestion du rayonnement solaire n'est pas motivé par la peur d'empirer la situation³⁵³ ». Cela reflète le point de vue que David Keith, éminent membre de la géoclique et grand promoteur de la GRS, et Edward Parson, avocat spécialisé dans le droit de l'environnement, ont articulé en 2013 : eux aussi visent l'atteinte d'un équilibre entre les scientifiques « qui veulent le faire » et les « intérêts sociétaux légitimes³⁵⁴ » puisque cet équilibre leur permettrait de poursuivre librement leurs recherches.

Keith et Parson expliquent ainsi que si le prix « pour le faire » consiste en un « modeste fardeau réglementaire imposé par les gouvernements³⁵⁵ », ils sont prêts à le payer. S'il n'est pas surprenant de voir les géoingénieurs préoccupés par l'atteinte d'un tel équilibre, cela l'est beaucoup plus pour la C2G2, qui prétend être « ni pour ni contre » la géoingénierie. Les Nations unies devraient délibérer des mérites et des faiblesses de la géoingénierie et de son cadre de gouvernance non pas après avoir tenté d'« obtenir un équilibre » entre le point de vue des géoingénieurs et celui de la société, mais bien après avoir entrepris un vaste débat de société selon une approche ascendante.

L'Academic Working Group on International Governance of Climate Engineering

Le Forum for Climate Engineering Assessment (FCEA) est une initiative de la School of International Service de l'American University située à Washington, D. C. qui rassemble surtout des universitaires. Formé en 2013, ce forum est « né du constat que les discussions au sujet des solutions proposées par le génie climatique ou la “géoingénierie” gagnaient rapidement en importance, bien qu'elles se soient penchées sur un champ restreint d'acteurs et d'intérêts ».

Par la suite, le FCEA a créé l'Academic Working Group on International Governance of Climate Engineering, un groupe d'universitaires de haut niveau rassemblés pour donner leur avis sur la mise en place d'un cadre de gouvernance internationale pour la recherche en géoingénierie et le déploiement de cette approche, en portant une attention particulière aux techniques de gestion du rayonnement solaire³⁵⁶.

Les membres du personnel du FCEA ont tenté de colliger différentes opinions sur la GRS dans le cadre de leur travail, et ont émis un mélange de critiques et de louanges à l'adresse de la géoingénierie³⁵⁷. Plusieurs habitués de la géoclique siègent à son comité consultatif³⁵⁸.

L'Academic Working Group on International Governance of Climate Engineering ne prétend pas avoir un point de vue « neutre » sur la géoingénierie; il est plutôt à la recherche de moyens d'encadrer la GRS, et de faciliter les recherches dans ce domaine et son déploiement sous certaines conditions³⁵⁹.

Notes

Chapitre 1 – La géoingénierie : le nouveau climat des empereurs

- 1 Autrement dit, à la suite des accords conclus lors de la 21^e Conférence des Nations unies sur les changements climatiques, qui s'est déroulée du 30 novembre au 12 décembre 2015. Le texte de l'accord de Paris est accessible à https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.
- 2 Daniel Terdiman, « Elon Musk at SXSW: "I'd like to die on Mars, just not on impact" », *CNET*, 9 mars 2013, <https://www.cnet.com/news/elon-musk-at-sxsw-id-like-to-die-on-mars-just-not-on-impact/>.
- 3 Pour un aperçu des premières expériences de fertilisation des océans, voir : Groupe ETC, *Gambling with Gaia*, Communiqué 93, janvier 2007, http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/pdf_file/geoengineeringcomfeb0107_0.pdf. Voir également : Alexis Madrigal, « U.N. Says "No," Climate Hackers Say, "Yes We Can" », *Wired*, 9 janvier 2009, <https://www.wired.com/2009/01/fertilizethis/>.
- 4 La Fondation Heinrich Böll et le Groupe ETC ont réalisé une carte du monde interactive qui recense les expériences de géoingénierie connues. Cette carte est accessible à <https://map.geoengineeringmonitor.org/>.
- 5 Deux scientifiques de l'Université Harvard préparent une expérience de gestion du rayonnement solaire à Tucson en Arizona pour 2018. Voir : James Temple, « Harvard Scientists Moving Ahead on Plans for Atmospheric Geoengineering Experiments », *MIT Technology Review*, 24 mars 2017, <https://www.technologyreview.com/s/603974/harvard-scientists-moving-ahead-on-plans-for-atmospheric-geoengineeringexperiments/>.
- 6 Voir l'Annexe 1 du présent rapport.
- 7 Jim Skea, *The IPCC 6th Assessment Cycle: Climate change and mobilising finance*, diaporama, Banque européenne d'investissement, 27 septembre 2017, diapositive 24, https://institute.eib.org/wp-content/uploads/2017/09/JimSkea_EIB_20170927.pdf. Jim Skea est le coprésident du Groupe de travail III.
- 8 Il est possible de consulter les grandes lignes du Rapport spécial sur le réchauffement planétaire de 1,5 °C du GIEC, qui sera publié en 2018, au http://www.ipcc.ch/meetings/session44/l2_adopted_outline_sr15.pdf.
- 9 L'ouvrage de Roger D. Masters raconte l'histoire de l'échec du projet de détournement du fleuve Arno : Roger D. Masters, *Fortune Is a River*, New York : The Free Press, 1998.
- 10 Barton C. Hacker, *Fallout from Plowshare: Peaceful Nuclear Explosions and the Environment, 1956-1973*, document préparé pour la réunion annuelle de l'Organisation des historiens américains, Washington, 30 mars au 2 avril 1995, <https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/401977.pdf>.
- 11 Pour une étude détaillée des tests nucléaires menés au cours de l'histoire, voir : Commission préparatoire du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires, *Nuclear testing, 1945-today*, <https://www.ctbto.org/nuclear-testing/history-of-nuclear-testing/nuclear-testing-1945-today>.
- 12 Sarah Alisabeth Fox décrit le degré d'hypocrisie du gouvernement des États-Unis dans son ouvrage *Downwind: A People's History of the Nuclear West*, Lincoln (Nebraska) : University of Nebraska Press, 2014.
- 13 Ronald E. Doel et Kristine C. Harper, « Prometheus Unleashed: Science as a Diplomatic Weapon in the Lyndon B. Johnson Administration », *Osiris*, vol. 21, no 1, 2006, p. 66-85.
- 14 Ibid.
- 15 P. St.-Amand, D. W. Reed, T. L. Wright et S. D. Elliott, *GROMET 2: Rainfall Augmentation in the Philippine Islands*, publication technique no 5097 du Naval Weapons Center, mai 1971, <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/723815.pdf>.
- 16 James Rodger Fleming, « The pathological history of weather and climate modification: Three cycles of promise and hype », *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, vol. 37, no 1, 2006, p. 3-25.
- 17 Un bref historique de la Convention ENMOD est accessible à partir du site du Bureau des affaires de désarmement des Nations unies, <https://www.un.org/disarmament/geneva/enmod/>.
- 18 Pour plus d'informations sur la géoclique, voir le Chapitre 5 du présent rapport.
- 19 David Keith, *A case for Climate Engineering*, Boston Review Books, MIT Press : Cambridge (Massachusetts), 2013.
- 20 Dans un texte de présentation rédigé au dos du livre de David Keith, Bill Gates déclare que l'ouvrage est un « argumentaire convaincant quant à la nécessité de mener de sérieuses recherches sur la géoingénierie et de discuter pour aboutir à une politique solide quant à ses utilisations possibles ».
- 21 Pour plus d'informations sur le financement du programme, voir le site suivant : <https://geoengineering.environment.harvard.edu/about/funding>.
- 22 Ces technologies seront décrites au Chapitre 2 du présent rapport.
- 23 FERN, *What are negative emissions?*, <http://www.fern.org/campaign/forests-and-climate/what-are-negativeemissions>.
- 24 Andy Coghlan, « There are almost 100 new volcanoes hiding under Antarctic ice », *New Scientist*, 15 août 2017, <https://www.newscientist.com/article/2143924-there-are-almost-100-new-volcanoes-hiding-under-antarctic-ice/>.
- 25 Richard Gray, « The giant undersea rivers we know very little about », *BBC Future*, 6 juillet 2017, <http://www.bbc.com/future/story/20170706-the-mystery-of-the-massive-deep-sea-rivers>.

- 26 Voir : Pat Mooney et Groupe ETC, « The changing agribusiness climate: Corporate concentration, agricultural inputs, innovation and climate change », *Canadian Food Studies*, vol. 2, no 2 (Special Issue: Mapping the Global Food Landscape), septembre 2015, p. 117-125, <http://canadianfoodstudies.uwaterloo.ca/index.php/cfs/article/view/107>.
- 27 Ibid.
- 28 La BECSC est détaillée au Chapitre 3 du présent rapport.
- ## Chapitre 2 – Les techniques de la géoingénierie
- 29 Voir, par exemple, les déclarations de David Keith sur l'injection d'aérosols dans la stratosphère dans son ouvrage intitulé *A Case for Climate Engineering*, p. 95 : « Le déploiement n'est ni ardu, ni coûteux ». Lee Lane et Eric Bickell, de fervents partisans de la géoingénierie, soutiennent que « les avantages potentiels [de la gestion du rayonnement solaire (GRS)] sont tellement évidents que l'on n'a guère besoin d'une évaluation économique poussée pour prouver que les recherches sur ses bienfaits peuvent rapporter des dividendes considérables ». Ils « estiment » cependant que le rapport coût-bénéfice de la recherche sur les techniques de GRS « est de l'ordre de 1 000 pour 1 ». Lee Lane et J. Eric Bickell, *Challenge paper: Climate change, climate engineering R&D*, Copenhague : Copenhagen Consensus Center, 2012, p. 2-3, <http://www.copenhagenconsensus.com/sites/default/files/climatechangeengineeringr26d.pdf>.
- 30 Robert L. Olson décrit les techniques de géoingénierie considérées comme « douces » : « Soft Geoengineering: A Gentler Approach to Addressing Climate Change », *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, vol. 54, no 5, 2012, p. 29-39.
- 31 Voir le site web du Keith Group à <https://keith.seas.harvard.edu/>.
- 32 Voir le site web du Keith Group à <https://keith.seas.harvard.edu/people>.
- 33 James Rodger Fleming, « The pathological history of weather and climate modification: Three cycles of promise and hype », *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, vol. 37, no 1, 2006, p. 3-25.
- 34 Rachel Smolker, « What is Climate Geoengineering? Word Games in the Ongoing Debates Over a Definition », Truthout, 12 février 2014, <http://www.truthout.org/news/item/21798-what-is-climate-geoengineering-word-games-in-the-ongoingdebates-over-a-definition>.
- 35 Linda Schneider, « Geoengineering further encroaching on the IPCC's work », *Geoengineering Monitor*, blogue, 20 septembre 2017, <http://www.geoengineeringmonitor.org/2017/09/geoengineering-further-encroaching-on-the-ipccs-work-46th-ipcc-meeting-in-montreal-canada/>.
- 36 Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), *Bilan 2007 des changements climatiques : contribution des Groupes de travail I, II et III au 4e rapport d'évaluation du GIEC*, Genève : GIEC, p. 15 (Tableau RiD.4), https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/fr/spms4.html.
- 37 Benjamin T. Rancourt, « The Ethics of Climate Change: Geoengineering and Geotherapy », *Remineralize the Earth*, blogue, 10 février 2017, <https://remineralize.org/2017/02/the-ethics-of-climate-change-geoengineering-and-geotherapy/>.
- 38 Dans son ouvrage, Clive Hamilton relate comment Caldeira est parvenu à cette expression : *Earthmasters: The Dawn of the Age of Climate Engineering*, New Haven (Connecticut) : Yale University Press, 2013, p. 76-77.
- 39 Eliot Barford, « Rising Ocean Acidity Will Exacerbate Global Warming », *Nature News*, 25 août 2013, <https://www.nature.com/news/rising-ocean-acidity-will-exacerbate-global-warming-1.13602>. Voir également le site web du Programme international de climatologie des nuages par satellite (ISCCP), <https://isccp.giss.nasa.gov/role.html>.
- 40 Alan Robock, « Albedo enhancement by stratospheric sulfur injections: More research needed », *Earth's Future*, vol. 4, no 12, 18 décembre 2016, p. 644-648, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016EF000407/full>.
- 41 Jesse L. Reynolds, Andy Parker et Peter Irvine, « Five solar geoengineering tropes that have outstayed their welcome », *Earth's Future*, vol. 4, no 12, 13 décembre 2016, p. 562-568, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016EF000416/full>.
- 42 Ibid.
- 43 James Rodger Fleming résume l'histoire de ces efforts de manipulation des conditions météorologiques dans son livre *Fixing the Sky: The Checkered History of Weather and Climate Control*, New York : Columbia University Press, 2010.
- 44 Dan Fletcher, « How Did the Chinese Create Snow? », *Time*, 3 novembre 2009, <http://content.time.com/time/health/article/0,8599,1934090,00.html>.
- 45 Nous classons le captage et stockage du carbone (CSC) parmi les techniques proposées appliquées aux écosystèmes terrestres, mais la phase de stockage du CSC peut également avoir lieu dans les écosystèmes marins.
- 46 Agence internationale de l'énergie, *Storing CO₂ through Enhanced Oil Recovery: Combining EOR with CO₂ storage (EOR+) for profit*, Paris : OCDE/AIE, 2015, p. 6, https://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/CO2EOR_3Nov2015.pdf.
- 47 Ibid., p. 7.
- 48 Peter Folger, *Carbon Capture and Sequestration (CCS) in the United States*, Service de recherche du Congrès, 24 juillet 2017, p. 12, <https://fas.org/sgp/crs/misc/R44902.pdf>.
- 49 Ibid., p. 2.
- 50 Ces risques sont décrits dans le livre de Michael G. Faure et de Roy A. Partain, *Carbon Capture and Storage: Efficient Legal Policies for Risk Governance and Compensation*, Cambridge (Massachusetts) : MIT Press, 2017, p. 24-25.
- 51 Biofuelwatch, *Microalgae Biofuels: Myths and Risks*, septembre 2017, <http://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/Microalgae-Biofuels-Myths-and-Risks-FINAL.pdf>.

- 52 Kevin Anderson et Glen Peters, « The trouble with negative emissions », *Science*, vol. 354, no 630, 14 octobre 2016, p. 182-183, <http://smartstones.nl/wp-content/uploads/2016/12/Kevin-Anderson-2016.10.13-the-Trouble-with-Negative-Emissions-Science-2016.pdf>.
- 53 Voir : Almuth Erinstein et Olivier Munnion, *New Summary BECCS Report: Last-ditch climate option or wishful thinking? Bioenergy with Carbon Capture and Storage*, Biofuelwatch et Fondation Heinrich Böll, avril 2016, <http://www.biofuelwatch.org.uk/2016/beccs-report-hbf/>.
- 54 ActionAid, *Caught in the net: How « net-zero emissions » will delay real climate action and drive land grabs*, juin 2015, <http://www.actionaid.org/publications/caught-net-how-net-zero-emissions-will-delay-real-climate-action-and-drive-land-grabs>.
- 55 GIEC, « Land Use, Land-Use Change and Forestry », Rapport spécial du GIEC, 2000, p. 48, http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/land_use/index.php?idp=47. À noter que dans ses documents traduits en français, le GIEC utilise le terme « boisement », qui est synonyme de « afforestation ».
- 56 The Royal Society, *Geoengineering the climate: Science, governance and uncertainty*, septembre 2009, https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2009/8693.pdf.
- 57 Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), *Planted Forests*, 26 mars 2012, <http://www.fao.org/forestry/plantedforests/en/>.
- 58 Global Justice Ecology Project, *Listen: Raging Wildfires in Portugal, Exotic Plantations to Blame*, 27 juin 2017, <https://globaljusticeecology.org/listen-raging-forest-fires-in-portugal-exotic-plantations-to-blame/>.
- 59 Global Justice Ecology Project, *Listen: Raging Wildfires in Portugal, Exotic Plantations to Blame*, 27 juin 2017, <https://globaljusticeecology.org/listen-raging-forest-fires-in-portugal-exotic-plantations-to-blame/>.
- 60 Voir par exemple : Paul Voosen, « Genetically Modified Forest Planned for U.S. Southeast », *Scientific American*, 29 janvier 2010, <https://www.scientificamerican.com/article/eucalyptus-genetically-modified-pine-tree-southwest-forest/>.
- 61 K. Andersson, D. Lawrence, J. Zavaleta et M. R. Guariguata, « More Trees, More Poverty? The Socioeconomic Effects of Tree Plantations in Chile, 2001–2011 », *Environmental Management*, vol. 57, no 1, 2016, p. 123-136, <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00267-015-0594-x.pdf>.
- 62 Cette proposition de recourir à des centrales nucléaires a été formulée par David Sevier (Carbon Cycle Limited, Royaume-Uni) dans le cadre d'un forum de discussion en ligne sur le captage direct dans l'air (CDA) qui s'est déroulé en septembre 2017.
- 63 Christa Marshall, « In Switzerland, a giant new machine is sucking carbon directly from the air », *Science*, 1er juin 2017, <http://www.sciencemag.org/news/2017/06/switzerland-giant-new-machine-sucking-carbon-directly-air>.
- 64 Roelof Dirk Schuiling, un géologue d'Utrecht, et Oliver Tickell, un journaliste et militant environnemental originaire du Royaume-Uni, sont les principaux défenseurs de cette approche. Voir : R. D. Schuiling et O. Tickell, « Olivine against climate change and ocean acidification », www.innovationconcepts.eu/res/literatuurSchuiling/olivinea-gainstclimatechange23.pdf.
- 65 Julie Major, Marco Rondon, Diego Molina, Susan J. Riha et Johannes Lehmann, « Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savannah oxisol », *Plant Soil*, vol. 333, 10 mars 2010, <http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/PlantSoil%20333,%20117-128,%202010%20Major.pdf>
Voir également : *Biofuelwatch, Biochar's Unproven Claims*, fiche d'information, juin 2013, <http://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/Biochar-3-pager7.pdf>.
- 66 Groupe ETC et Fondation Heinrich Böll, *Jouer au plus malin avec la nature? La biologie synthétique et l'agriculture intelligente face au climat*, Communiqué 114, 9 février 2016, p. 9-11, <http://www.etcgroup.org/fr/content/jouer-au-plus-malin-avec-le-nature>.
- 67 Tom Marshall, « Reflective Crops could soften climate change blow », *NERC Planet Earth Stories*, 20 janvier 2009, <http://www.nerc.ac.uk/planetearth/stories/298/>.
- 68 Biofuelwatch, *Biochar's Unproven Claims*, fiche d'information, juin 2013, <http://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/Biochar-3-pager7.pdf>.
- 69 Alvia Gaskill, *Summary of Meeting with U.S. DOE to Discuss Geoengineering Options to Prevent Abrupt and Long-Term Climate Change*, 29 juin 2004, <http://www.homepages.ed.ac.uk/shs/Climatechange/Geopolitics/Gaskill%20DOE.pdf>.
Voir également : Alvia Gaskill et Charles E. Reese, *Global Warming Mitigation by Reduction of Outgoing Long-wave Radiation through Large-Scale Surface Albedo Enhancement of Deserts Using White Plastic Polyethylene Film—the Global Albedo Enhancement Project (GAEP) Research Plan*, 20 août 2003, <https://www.slideshare.net/AlviaGaskillJr/theglobalalbedoenhancementproject-53664037>.
- 70 Daniel McGlynn, « One Big Reflective Band-Aid » Berkeley Engineering, blogue, 17 janvier 2017, <http://engineering.berkeley.edu/2017/01/one-big-reflective-band-aid>.
- 71 Campagne Indiegogo, *Ice 911: Preserve Arctic Ice to Slow Climate Change*, <https://www.indiegogo.com/projects/ice911-preserve-arctic-ice-to-slow-climate-change#/>
- 72 Dan Collins, « Can painting a mountain restore a glacier? », *BBC News*, 17 juin 2010, <http://www.bbc.com/news/10333304>.
- 73 Pour une liste des publications de Hashem Akbari, consulter le site suivant : <http://concordia.academia.edu/HashemAkbari>.
Voir également : David Biello, « Cool Roofs Might Be Enough to Save Cities from Climate-Overheating », *Scientific American*, 14 février 2014, <https://www.scientificamerican.com/article/cool-roofs-might-be-enough-to-save-cities-from-climate-overheating/>.

- 74 Xuhui Lee et coll., « Observed increase in local cooling effect of deforestation at higher latitudes », *Nature*, vol. 479, 17 novembre 2011, <https://www.nature.com/nature/journal/v479/n7373/full/nature10588.html>.
Dave DeFusco, « Deforestation causes cooling, study shows », *YaleNews*, 21 novembre 2011, <https://news.yale.edu/2011/11/21/deforestation-causes-cooling-northern-us-canada>.
- 75 Nikhil Swaminathan, « More Trees, Less Global Warming, Right?—Not Exactly », *Scientific American*, 10 avril 2007, <https://www.scientificamerican.com/article/tropical-forests-cool-earth/>.
Voir également : Bryan Walsh, « How (Some) Deforestation Might Slow Warming », *Time*, 16 novembre 2011, <http://science.time.com/2011/11/16/how-some-deforestation-might-slow-warming/>.
- 76 Aaron Strong et coll., « Ocean fertilization: time to move on », *Nature*, vol. 461, no 17, septembre 2009.
Voir également : Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (CDB), *Scientific Synthesis of the Impacts of Ocean Fertilization on Marine Biodiversity*, Technical Series No. 45, Montréal : Secrétariat de la CDB, 2009, <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-45-en.pdf>.
- 77 Miriam Ferrer González et Tatiana Ilyina, « Impacts of artificial ocean alkalization on the carbon cycle and climate in Earth system simulations », *Geophysical Research Letters*, vol. 43, no 12, 21 juin 2016, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016GL068576/full>.
- 78 David P. Keller, Ellias Y. Feng et Andreas Oschlies, « Potential climate engineering effectiveness and side effects during a high carbon dioxide-emission scenario », *Nature Communications*, vol. 5, 25 février 2014, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3948393/>.
- 79 A. Oschlies, M. Pahlow, A. Yool et R. J. Matear, « Climate engineering by artificial ocean upwelling: Channelling the sorcerer's apprentice », *Geophysical Research Letters*, vol. 37, no 4, 16 février 2010, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009GL041961/full/>.
- 80 Stuart E. Strand et Gregory Benford, « Ocean Sequestration of Crop Residue Carbon: Recycling Fossil Fuel Carbon Back to Deep Sediments », *Environmental Science & Technology*, vol. 43, no 4, 2009, <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es8015556>.
Voir également : Henry Fountain, « A Carbon Keeper: Crop Waste Sunk to the Ocean Deep », *New York Times*, 2 février 2009, <http://www.nytimes.com/2009/02/03/science/earth/03obcr ops.html>.
- 81 Julia Calderone, « Bill Nye says bubbling air into Earth's oceans might save the planet from ourselves », *Business Insider*, 17 novembre 2015, www.businessinsider.com/bill-nye-climate-change-geoengineering-2015-11.
- 82 Russell Seitz, « Bright Water: Hydrosols, Water Conservation and Climate Change », présentation donnée lors de la Conférence internationale d'Asilomar sur les technologies de modification du climat, 2010, <https://arxiv.org/pdf/1010.5823.pdf>.
- 83 Anonyme, « Brighten the Water: Proceed with Caution », Climate Central, blogue Extreme Planet, 15 février 2011, <http://www.climatecentral.org/blogs/brighten-the-water-proceed-with-caution>.
Voir également : John Morgan, « Low-Intensity Geoengineering: Microbubbles and Microspheres », Brave New Climate (site web), 8 octobre 2011, <https://bravenewclimate.com/2011/10/08/low-intensity-geoengineering-microbubbles-and-microspheres/>.
- 84 S. Zhou et P. C. Flynn, « Geoengineering Downwelling Ocean Currents: A Cost Assessment », *Climatic Change*, vol. 71, 2005, p. 203-220, <http://www.homepages.ed.ac.uk/shs/Hurricanes/Flynn%20downwelling.pdf>.
- 85 Ibid., p. 203.
- 86 Université de Washington, « Could spraying particles into marine clouds help cool the planet? », *ScienceDaily*, 25 juillet 2017, <https://www.sciencedaily.com/releases/2017/07/170725154206.htm>.
- 87 Hannah Osborne, « Climate Change and Geoengineering: Artificially cooling Planet Earth by thinning Cirrus clouds », *Newsweek*, 21 juillet 2017, <http://www.newsweek.com/climate-change-geoengineering-artificially-cool-planet-640124>.
- 88 H. Muri, J. E. Kistjansson, T. Storelvmo et M. A. Pfeiffer, « The climatic effect of modifying cirrus clouds in a climate engineering framework », *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 119, mars 2014, http://people.earth.yale.edu/sites/default/files/files/Storelvmo/Murietal_2014_JGRA_jgrd51304.pdf.
- 89 William R. Travis, *Geoengineering the Climate: Lessons from Purposeful Weather and Climate Modification*, Document de travail du Département de géographie de l'Université de Colorado, 2010, http://www.colorado.edu/geography/class_homepages/geog_3402_s07/Travis_geoengineering.pdf.
Voir également : Tony Tighe et Tamara Elliott, « Hail Suppression Team Protects Alberta Communities from Major Damage », *Global News*, 1er août 2014, <http://globalnews.ca/news/1487932/hail-suppression-team-protects-alberta-communities-from-majordamage/>.
- 90 Eli Kintisch, « Bill Gates Funding Geoengineering Research », *Science*, 26 janvier 2010, <http://www.sciencemag.org/news/2010/01/bill-gates-funding-geoengineering-research>.
- 91 Alaina G. Levine, « An astronomer's solution to global warming », *Smithsonian*, 3 février 2012, <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/astronomers-solution-to-global-warming-87428487/>.
Voir également : Joe Palca, « Telescope Innovator Shines His Genius on New Fields », *National Public Radio (NPR)*, 23 août 2012, <https://www.npr.org/2012/08/23/159554100/telescope-innovator-shines-his-genius-on-new-fields>.
Voir également : Roger Angel, « 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*, 18 septembre 2006, <http://www.pnas.org/content/103/46/17184.full>.

- 92 Rachel Kaufman, « Could Space Mirrors Stop Global Warming? », *Innovation News Daily* et *Live Science*, 8 août 2012, <https://www.livescience.com/22202-space-mirrors-global-warming.html>.
- 93 Roger Angel, *loc. cit.*

Chapitre 3 – Études de cas

- 94 Voir par exemple : The Royal Society, *Geoengineering the climate: Science, governance and uncertainty*, Londres : The Royal Society, 2009, https://royalsociety.org/~media/royal_society_content/policy/publications/2009/8693.pdf.
Voir également : Agence internationale de l'énergie, *Combining bioenergy with CCS: reporting and accounting for negative emissions under UNFCCC and the Kyoto Protocol*, 2011, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/bioenergy_ccs.pdf.
- 95 Kevin Anderson et Glen Peters, « The trouble with negative emissions: Reliance on negative-emission concepts locks in humankind's carbon addiction », *Science*, vol. 354, no 630, 14 octobre 2016, p. 182-183, <http://smartstones.nl/wp-content/uploads/2016/12/Kevin-Anderson-2016.10.13-the-Trouble-with-Negative-Emissions-Science-2016.pdf>.
En ce qui concerne la BECCS et les émissions négatives, voir : Agence internationale de l'énergie, *Combining bioenergy with CCS: reporting and accounting for negative emissions under UNFCCC and the Kyoto Protocol*, 2011, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/bioenergy_ccs.pdf.
- 96 Almuth Ernsting et Oliver Munnion, *New Summary BECCS Report: Last-ditch climate option or wishful thinking? Bioenergy with carbon capture and storage*, Biofuelwatch et Fondation Heinrich Böll, avril 2016, <http://www.biofuelwatch.org.uk/2016/beccs-report-hbf/>.
- 97 Agence internationale de l'énergie, *Storing CO₂ through Enhanced Oil Recovery: Combining EOR with CO₂ storage (EOR+) for profit*, Paris : OCDE/AIE, 2015, p. 6, https://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/CO2EOR_3Nov2015.pdf.
- 98 Une liste de publications révisées par les pairs sur le sujet est accessible au <http://www.biofuelwatch.org.uk/biomass-resources/resources-on-biomass/>.
- 99 Cenovus Energy, « Cenovus reaches agreement to sell interest in Weyburn asset for \$940 million », <https://www.cenovus.com/news/news-releases/2017/11-13-2017-divestiture-weyburn.html>.
- 100 P. Lafleur, *Geochemical soil gas survey: A Site Investigation of SW30-5-13-W2M* », *Weyburn Field, Saskatchewan. Monitoring Project Number 2*, 16 mars 2011, http://www.gasoilgeochem.com/reportcameron_jane_kerrfebruary2011survey.pdf.
- 101 Pour de plus amples détails, voir : Almuth Ernsting et Oliver Munnion, *New Summary BECCS Report: Last-ditch climate option or wishful thinking? Bioenergy with carbon capture and storage*, Biofuelwatch et Fondation Heinrich Böll, avril 2016, <http://www.biofuelwatch.org.uk/2016/beccs-report-hbf/>.

Voir également : A. D. Boyd et coll., « Controversy in technology innovation: contrasting media and expert risk perceptions of the alleged leakage at the Weyburn carbon dioxide storage demonstration project », *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 14, 2013, p. 259-269, https://www.uvm.edu/giee/pubpdfs/Boyd_2013_International_Journal_of_Greenhouse_Gas_Control.pdf.

- 102 Statoil, *Sleipner area*, <https://www.statoil.com/content/statoil/en/what-we-do/norwegian-continental-shelf-platforms/sleipner.html>.
- 103 Greenpeace, *Leakages in the Utsira formation and their consequences for CCS policy*, <http://static.greenpeace.org/int/pdf/081201BRUtsira.pdf>.
- 104 Andy Chadwick, David Noy, Erik Lindeberg, Rob Arts, Ola Eiken et Gareth Williams, « Calibrating reservoir performance with time-lapse seismic monitoring and flow simulations of the Sleipner CO₂ plume », 8e Conférence internationale sur les technologies de contrôle des gaz à effet de serre, Trondheim, Norvège, 19-21 juin 2006.
- 105 Peter Montague, *Looking for CO₂ Buried at Sleipner*, 27 juillet 2010, http://www.precaution.org/lib/looking_for_sleipner_co2.100727.pdf.
- 106 Anna L. Stork, James P. Verdon et J.-Michael Kendall, « The microseismic response at the In Salah Carbon Capture and Storage (CCS) site », *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 32, 2015, p. 159-171, https://ac.els-cdn.com/S1750583614003508/1-s2.0-S1750583614003508-main.pdf?_tid=59b58042-81f0-43ba-8d2a-5ecd4aae2019&acdnat=1522947851_615e361c6de2ccdcddbd8b6446666c21
- 107 Allan Mathieson, John Midgely, Iain Wright, Nabil Saoula et Philip Ringrose, « In Salah CO₂ Storage JIP: CO₂ sequestration monitoring and verification technologies applied at Krechba, Algeria », *Energy Procedia*, vol. 4, p. 3596-3603, 2011, https://ac.els-cdn.com/S1876610211005686/1-s2.0-S1876610211005686-main.pdf?_tid=4e58f63e-dee1-498b-b7ef-02863851cdc3&acdnat=1522951593_0cca4d71470c9f3bc44d6fc98a94204d.
- 108 John Gale, *IEAGHG Information Paper 2014-27; The Trouble with Abandoned Wells*, 23 décembre 2014, http://www.ieaghg.org/docs/General_Docs/Publications/Information_Papers/2014-IP27.pdf.
- 109 S. T. Ide, S. J. Friedmann et H. Herzog, « CO₂ leakage through existing wells: current technology and regulations », 8e Conférence internationale sur les technologies de contrôle des gaz à effet de serre, Trondheim, Norvège, 19-21 juin 2006.
- 110 Département de l'Énergie des États-Unis, *Archer Daniels Midland Illinois ICCS Project*, <https://energy.gov/fe/archer-daniels-midland-company>.

- 111 Chris Mooney, « The quest to capture and store carbon—and slow climate change—just reached a new milestone », *Washington Post*, 10 Avril 2017, https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2017/04/10/the-quest-to-capture-and-store-carbon-and-slow-climate-change-just-reached-a-new-milestone/?utm_term=.4d4d59b05958.
- 112 National Enhanced Oil Recovery Initiative, *CO₂-EOR and Agriculture*, <https://www.c2es.org/site/assets/uploads/2012/02/EOR-agriculture.pdf>.
- 113 National Energy Technology Laboratory, *Near-Term Projections of CO₂ Utilization for Enhanced Oil Recovery*, Washington, D.C. : Département de l'Énergie des États-Unis, 7 avril 2014, [http://netl.doe.gov/File%20Library/Research/Energy%20Analysis/Publications/Near-Term-Projections-CO₂-EOR_april_10_2014.pdf](http://netl.doe.gov/File%20Library/Research/Energy%20Analysis/Publications/Near-Term-Projections-CO2-EOR_april_10_2014.pdf).
- 114 Rich Wong, Adam Goehner et Matt McCulloch, *Net greenhouse gas impact of storing CO₂ through enhanced oil recovery (EOR): An analysis of on-site and downstream GHG emissions from CO₂-EOR crude oil production in Western Canada*, rapport préparé pour ICO₂N, Drayton Valley (Alberta) : Institut Pembina, janvier 2013, <http://www.pembina.org/reports/ico2n-eor-full-report.pdf>.
- 115 Ian Austen, « Technology to Make Clean Energy From Coal Is Stumbling in Practice », *New York Times*, 29 mars 2016, <https://www.nytimes.com/2016/03/30/business/energy-environment/technology-to-make-clean-energy-from-coal-is-stumbling-in-practice.html?mcubz=1&r=0>.
- 116 Les mises à jour sont publiées sur le blogue *BD3 Status Update* du site web de SaskPower. Voir : <http://www.saskpower.com/about-us/blog/bd3-status-update-may-2017/>.
- 117 Sharon Kelly, « Southern Co. Suspends Kemper “Clean Coal” Project, Warns Investors It May Recognize Losses up to \$3.4 Billion », *DeSmog*, 28 juin 2017, <https://www.desmogblog.com/2017/06/28/breaking-southern-co-officially-yanks-plug-kemper-clean-coal-power-plant-warns-it-may-recognize-loss-3-4-billion>
- 118 Sharon Kelly, *New Fraud Allegations Emerge at Troubled « Clean Coal » Project As Southern Co. Records Multi-Billion Loss*, *DeSmog*, 8 août 2017 <https://www.desmogblog.com/2017/08/08/southern-company-fraud-allegations-kemper-clean-coal-project>.
- 119 Partnership for Policy Integrity, *Carbon emissions from burning biomass for energy*, 17 mars 2011, <http://www.pfpi.net/carbon-emissions>.
- 120 Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), *Changements climatiques 2014 : rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième rapport d'évaluation du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Genève : GIEC, 2014, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf.
- 121 AVOID 2, *Overshoot scenarios and their climate response*, 18 septembre 2015, <http://www.avoid.uk.net/2015/09/overshoot-scenarios-and-their-climate-response-a3/>.
- 122 Lydia J. Smith et Margaret S. Torn, « Ecological limits to terrestrial biological carbon removal », *Climate Change*, vol. 118, no 1, mai 2013, p. 89-103, <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-012-0682-3#page-1>.
- 123 C. B. Field et K. J. Mach, « Rightsizing CDR », *Science*, vol. 356, no 6339, 2017, p. 706-707.
- 124 Will Burns et Simon Nicholson, « Bioenergy and carbon capture and storage (BECCS): the prospects and challenges of an emerging climate policy response », *Journal of Environmental Studies*, vol. 7, no 4 p. 527-534, décembre 2017, <https://link.springer.com/article/10.1007/s13412-017-0445-6>.
- 125 D. Moreira et J. C. M. Pires, « Atmospheric CO₂ capture by algae: Negative carbon dioxide emission pathway », *Bioresource Technology*, vol. 215, p. 371-379, septembre 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27005790>.
- 126 Akshat Rathi, « Green goo: The revolutionary technology pushing Sweden toward the seemingly impossible goal of zero emissions », *Quartz*, 21 juin 2017, <https://qz.com/1010273/the-algoland-carbon-capture-project-in-sweden-uses-algae-to-help-the-country-reach-zero-emissions/>.
- 127 Sonal Patel, « A Breakthrough Carbon-Capturing Algae Project », *Power*, 1er mai 2016, <http://www.powermag.com/breakthrough-carbon-capturing-algae-project/>.
- 128 Université du Kentucky, « University of Kentucky algal research hitting the ground in China », *Biomass Magazine*, 19 février 2016, <http://biomassmagazine.com/articles/12937/university-of-kentucky-algal-research-hitting-the-ground-in-china>.
- 129 Votorantim-Cimentos et St. Mary's Cement, *Toward a greener, cleaner future*, 25 janvier 2017, <http://www.stmaryscement.com/Pages/Media%20Centre/News/Toward-a-greener,-cleaner-future-.aspx>.
- 130 Jeremy van Loon, « Canadian Natural to Use Algae to Reduce Emissions From Oil Sands », *Bloomberg L. P.*, 10 mai 2013, <http://www.pondbiofuels.com/resources/Company/Canadian-Natural-to-Use-Algae-to-Reduce-Emissions-From-Oil-Sands--Bloomberg.pdf>.
- 131 Philip Kenny et Kevin J. Flynn, « In silico optimization for production of biomass and biofuel feedstocks from microalgae », *Journal of Applied Phycology*, vol. 27, no 1, février 2015, p. 33-48, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-014-0342-2>.
- 132 Antoine de Ramon N'Yeurt et coll., « Negative carbon via ocean afforestation », *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 90, no 6, novembre 2012, p. 467-474.
- 133 Ibid.
- 134 Jennifer Wilcox et coll., « Assessment of reasonable opportunities for direct air capture », *Environmental Research Letters*, vol. 12, no 6, 2017, p. 12.
- 135 Marc Gunther, « Rethinking Carbon Dioxide: From a Pollutant to an Asset », *Yale Environment 360*, 23 février 2012, http://e360.yale.edu/features/geoengineering_carbon_dioxide_removal_technology_from_pollutant_to_asset.

- 136 Quelle que soit l'application en cause, la culture d'algues microscopiques et macroscopiques à grande échelle se voit confrontée à de sérieux défis. Des activités commerciales à une échelle relativement restreinte permettent déjà de produire des algues comestibles, des nutraceutiques tels que la spiruline, et des extraits comme la carraghénine. Cependant, après plusieurs tentatives infructueuses de créer des algues génétiquement modifiées et de les cultiver pour produire de très grandes quantités de biocarburants, les chercheurs et les entreprises se tournent vers la fabrication de produits de niche qui peuvent être fabriqués en quantités relativement réduites et vendus à fort prix. La crème antiride de l'entreprise Algenist ou l'huile de cuisine Thrive de l'entreprise de biologie synthétique TerraVia sont deux exemples de ce type de produits. L'industrie des produits dérivés d'algues repose de plus en plus sur des techniques du génie génétique. Or, cette approche fort risquée et trop peu réglementée laisse planer d'importants risques pour l'environnement et la santé publique. À ce propos, voir : Biofuelwatch, *Microalgae biofuels: Myths and risks*, septembre 2017, <http://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/Microalgae-Biofuels-Myths-and-Risks-FINAL.pdf>.
- 137 Le Conseil national de recherches au Canada estime que la substitution de seulement 5 % du carburant nécessaire aux transports aux États-Unis par des algocarburants exigerait entre 6 et 15 millions de tonnes d'azote, et entre 1 et 2 millions de tonnes de phosphore, ce qui représente de 44 à 107 % de la quantité totale d'azote utilisée aux États-Unis, et de 20 à 51 % de tout le phosphore utilisé aux États-Unis.
- 138 Andrew J. Bruggeman, Daniel Kueler et Donald P. Weeks, « Evaluation of three herbicide resistance genes for use in genetic transformations and for potential crop protection in microalgae production », *Plant Biotechnology Journal*, vol. 12, no 7, 2014, p. 898-902, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pbi.12192/abstr.act>.
- 139 Allison Snow et Val H. Smith, « Genetically engineered algae for biofuels: A key role for ecologists », *BioScience*, vol. 62, no 8, 2012, p. 765-768, <https://academic.oup.com/bioscience/article/62/8/765/244366/Genetically-Engineered-Algae-for-Biofuels-A-Key>.
- 140 K. J. Flynn et coll., « Monster potential meets potential monster: Pros and cons of deploying genetically modified microalgae for biofuels production », *Interface Focus*, vol. 3, no 1, 6 février 2013, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3638280/>.
- 141 L. C. Backer et coll., « Cyanobacteria and microalgae blooms: Review of health and environmental data from the harmful algal bloom-related illness surveillance system (HABISS) 2007-2015 », *Toxins*, vol. 7, no 4, 2015, p. 1048-1064. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25826054>.
- 142 Tracey A. Beacham, Jeremy B. Sweet et Michael J. Allen, « Large scale cultivation of genetically modified microalgae: A new era for environmental risk assessment », *Algal Research*, vol. 25, 2017, p. 90-100, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211926416305021>
- 143 Pour une mise en contexte et des références, voir : Groupe ETC, *Informational Backgrounder on the 2012 Haida Gwaii Iron Dump*, 27 mars 2013, <http://www.etcgroup.org/content/informational-backgrounder-2012-haida-gwaii-iron-dump>.
- 144 Au Canada, le conseil de bande est le gouvernement élu d'une Première Nation (groupe d'Autochtones).
- 145 Henry Fountain, « A Rogue Climate Experiment Outrages Scientists », *New York Times*, 18 octobre 2012, <http://www.nytimes.com/2012/10/19/science/earth/iron-dumping-experiment-in-pacific-alarms-marine-experts.html?mcubz=0>. Voir également : Andrew Szasz, « Going Rogue: Russ George and the Problem of Governance in Geoengineering », présentation orale lors du Forum de sociologie de l'Association internationale de sociologie (AIS), Vienne, Autriche, 10 juillet 2016, <https://isaconf.confex.com/isaconf/forum2016/webprogram/Paper74676.html>.
- 146 Michael Specter, « The First Geo-Vigilante », *New Yorker*, 18 octobre 2012, <https://www.newyorker.com/news/news-desk/the-first-geo-vigilante>.
- 147 Geordon Omand, « Controversial Haida Gwaii ocean fertilizing experiment pitched to Chile », *CBC News*, 24 avril 2016, <http://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/haida-gwaii-ocean-fertilizing-chile-1.3550783>.
- 148 Jeff Tollefson, « Iron-dumping ocean experiment sparks controversy », *Nature*, 23 mai 2017, <https://www.nature.com/news/iron-dumping-ocean-experiment-sparks-controversy-1.22031>.
- 149 Anonyme, « Científicos denuncian como “peligroso” proyecto para fertilizar el mar y producir más peces », *El Mostrador*, 6 avril 2017, <http://www.elmostrador.cl/cultura/2017/04/06/cientificos-denuncian-como-peligroso-proyecto-para-fertilizar-el-mar-y-producir-mas-peces/>. Peter von Dassow, Cristian Vargas et Carmen Morales, « Experimentos en nuestro mar », *El Mercurio*, 13 avril 2017, <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=351879>.
- 150 Joo-Eun Yoon et coll., « Ocean-Iron Fertilization Experiments: Past-Present-Future with Introduction to Korean Iron Fertilization Experiment in the Southern Ocean (KIFES) Project », manuscrit soumis à *Biogeosciences Discussions* le 15 novembre 2016, <https://www.biogeosciences-discuss.net/bg-2016-472/>.
- 151 Ibid.
- 152 Clive Hamilton, « Why geoengineering has immediate appeal to China », *The Guardian*, 22 mars 2013, <https://www.theguardian.com/environment/2013/mar/22/geoengineering-china-climate-change>.
- 153 « China sets 2020 “artificial weather” target to combat water shortages », *Reuters*, 13 janvier 2015, <http://news.trust.org/item/20150113123425-7bao6/>.

- 154 Kingsley Edney et Jonathan Symons, « China and the blunt temptations of geoengineering: The role of solar radiation management in China's strategic response to climate change », à paraître dans *The Pacific Review*, résumé accessible au https://www.academia.edu/1983811/China_and_the_blunt_temptations_of_geoengineering_the_role_of_solar_radiation_management_in_China_s_strategic_response_to_climate_change.
- 155 James Temple, « China Builds One of the World's Largest Geoengineering Research Programs », *Technology Review*, 2 août 2017, <https://www.technologyreview.com/s/608401/china-builds-one-of-the-worlds-largest-geoengineering-research-programs/>.
- 156 Long Cao, Lei Duan, Govindasamy Bala et Ken Caldeira, « Simultaneous stabilization of global temperature and precipitation through cocktail geoengineering », *Geophysical Research Letters*, vol. 44, no 14, 24 juillet 2017, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2017GL074281/full>.
- 157 Il s'agit du document LC/SG 40/INF.25. Voir : Organisation maritime internationale (OMI), *Report of the Fortieth Meeting of the Scientific Group of the London Convention and the Eleventh Meeting of the Scientific Group of the London Protocol (LC/SG 40/16): Agenda Item 16*, rencontre conjointe tenue du 27 au 31 mars 2017 à Londres (Royaume-Uni), 24 avril 2017, <http://www.iadc.org/wp-content/uploads/2017/06/LC-SG-40-16-Table-of-Contents-Secretariat.pdf>.
- 158 Pan YiWen et coll., « Research Progress in artificial upwelling and its potential environmental effects », *Sciences China D: Earth Sciences*, vol. 59, no 2, 2016, p. 236-248.
- 159 Ibid., p. 243.
- 160 Ibid., p. 237.
- 161 Ibid., p. 236.
- 162 Jack Stilgoe, *Experiment Earth: Responsible innovation in geoengineering*, New York : Routledge, 2015, p. 151.
- 163 Ibid., p. 153.
- 164 Ibid., p. 2.
- 165 Ibid., p. 1
- 166 Ibid., p. 154.
- 167 Ibid., p. 157. Stilgoe note qu'il était initialement prévu que cette conférence de presse prenne un ton plus tapageur : « une série de discussions et de modifications a donné un ton plus modéré à la première version du communiqué de presse qui soulignait la nouveauté et l'agitation suscitées par les techniques de la géoingénierie [...] il demeurerait cependant évident que les chercheurs voulaient "stimuler le débat public" ».
- 168 Groupe ETC, *Say No to the Trojan Hose: No SPICE in our skies say environmental justice groups*, communiqué de presse du Groupe ETC, 27 septembre 2011, <http://www.etcgroup.org/content/say-no-trojan-hose>.
- 169 Erin Hale, « Geoengineering experiment cancelled due to perceived conflict of interest », *The Guardian*, 16 mai 2012, <https://www.theguardian.com/environment/2012/may/16/geoengineering-experiment-cancelled>.
- 170 David Keith interviewé dans le cadre de l'émission de télévision *Hard Talk*, BBC News Channel, 14 novembre 2011; cité dans Jack Stilgoe, op. cit., p. 163.
- 171 Jack Stilgoe, op. cit., p. 36-37.
- 172 Ibid., p. 166.
- 173 Groupe ETC et Econexus, « Say No to the "Trojan Hose" », *Geoengineering Monitor*, 27 septembre 2011, <http://www.geoengineeringmonitor.org/2011/09/2420/>
- 174 Erin Hale, « Geoengineering experiment cancelled due to perceived conflict of interest », *The Guardian*, 16 mai 2012, <https://www.theguardian.com/environment/2012/may/16/geoengineering-experiment-cancelled>.
- 175 Martin Lukacs, « US geoengineers to spray sun-reflecting chemicals from balloon », *The Guardian*, 17 juillet 2012, <https://www.theguardian.com/environment/2012/jul/17/us-geoengineers-spray-sun-balloon>.
- 176 Université Harvard, *Harvard's Solar Geoengineering Research Program*, <https://geoengineering.environment.harvard.edu/about/funding>.
- 177 David W. Keith, Riley Duren, et Douglas G. MacMartin, « Field experiments on solar geoengineering: report of a workshop exploring a representative research portfolio », *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 372, no 2031, 28 décembre 2014, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2031/20140175>.
- 178 Philip Rasch, C.-C. (Jack) Chen et John Latham, *Global Temperature Stabilization via Cloud Albedo Enhancement Geoengineering Options to Respond to Climate Change (Response to National Academy Call)*, 2009, https://cienciaescolar.files.wordpress.com/2009/10/latham_national_academy_geoengineering.pdf
- 179 Ce financement est constitué d'un don de Bill Gates fait à l'Université Harvard. Voir : The Keith Group, *Fund for Innovative Climate and Energy Research*, Université Harvard, <https://keith.seas.harvard.edu/FICER>.
- 180 Groupe ETC, *Geoengineering Experiments Contested at UN Meeting in Nairobi: As Huge Cloud-Whitening Experiment goes Public, Global Coalition Urges an Immediate Halt to Geoengineering*, communiqué de presse, 10 mai 2012, <http://www.etcgroup.org/content/geoengineering-experiments-contested-un-meeting-nairobi>.
- 181 Lisa M. Krieger, « Cloud brightening experiment tests tool to slow climate change », *The Mercury News*, 11 juillet 2015, <http://www.mercurynews.com/2015/07/11/cloud-brightening-experiment-tests-tool-to-slow-climate-change/>.
- 182 Hannah Hickey, « Could spraying particles into marine clouds help cool the planet? », *UW News*, 25 juillet 2017, <http://www.washington.edu/news/2017/07/25/could-spraying-particles-into-marine-clouds-help-cool-the-planet/>.

183 Fiona Ellis-Jones, « Great Barrier Reef: Making clouds brighter could help to curb coral bleaching, scientists say », *ABC News*, 25 avril 2017, <http://www.abc.net.au/news/2017-04-25/cloud-brightening-could-help-cool-great-barrier-reef/8469960>. Voir également : Alister Doyle, « Scientists dim sunlight, suck up carbon dioxide to cool planet », *Reuters*, 26 juillet 2017, <https://www.reuters.com/article/us-climatechange-geoengineering/scientists-dim-sunlight-suck-up-carbon-dioxide-to-coolplanet-idUSKBN1AB0J3>.

Chapitre 4 – Raisons de s’opposer à la géoingénierie

184 Aaron Strong et coll., « Ocean fertilization: time to move on », *Nature*, vol. 461, no 17, septembre 2009.

185 Silke Beck et Martin Mahony, « The IPCC and the politics of anticipation », *Nature Climate Change*, vol. 7, no 5, avril 2017.

186 Alan Robock, « Albedo enhancement by stratospheric sulfur injections: More research needed », *Earth’s Future*, vol. 4, no 12, 18 décembre 2016, p. 644-648, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016EF000407/full>.

187 Raymond T. Pierrehumbert, « The trouble with geoengineers “hacking the planet” », *Bulletin of the Atomic Scientists*, 23 juin 2017, <https://thebulletin.org/trouble-geoengineers-%E2%80%9CChacking-planet%E2%80%9D10858>.

188 Alan Robock, « 20 Reasons Why Geoengineering May Be A Bad Idea », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 2, no 2, juin 2008, p. 17.

189 Raymond T. Pierrehumbert, « The trouble with geoengineers “hacking the planet” », *Bulletin of the Atomic Scientists*, 23 juin 2017, <https://thebulletin.org/trouble-geoengineers-%E2%80%9CChacking-planet%E2%80%9D10858>. L’argument opposé selon lequel nous pourrions survivre au choc terminal n’est pas convaincant (voir la discussion sur ce sujet au Chapitre 2 du présent rapport).

Jesse L. Reynolds, Andy Parker et Peter Irvine, « Five solar geoengineering tropes that have outstayed their welcome », *Earth’s Future*, vol. 4, no 12, 13 décembre 2016, p. 562-568, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016EF000416/full>.

190 Paul Oldham et coll., « Mapping the landscape of climate engineering », *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 372, no 2031, 28 décembre 2014, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2031/20140065>.

191 Simone Tilmes et coll., « The hydrological impact of geoengineering in the Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP) », *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 118, 2013, p. 11,036-58. Cette étude prévoit « un affaiblissement considérable du cycle hydrologique dans un monde livré à la géoingénierie ».

Voir également : J. M. Haywood et coll., 2013, « Asymmetric forcing from stratospheric aerosols impacts Sahelian rainfall », *Nature Climate Change*, vol. 3, p. 660-665. Ce travail conclut que « davantage d’études détaillées des impacts régionaux sur le Sahel et autres régions vulnérables sont nécessaires pour informer les décideurs politiques ».

Kleidon et M. Renner, 2013, « A simple explanation for the sensitivity of the hydrologic cycle to surface temperature and solar radiation and its implications for global climate change », *Earth System Dynamics*, vol. 4, p. 455-465, <https://www.earth-syst-dynam.net/4/455/2013/esd-4-455-2013.pdf>. L’étude parvient à la conclusion suivante : La gestion du rayonnement solaire « entraînera des différences de taille dans le cycle hydrologique dues à des différences de sensibilités ».

Angus J. Ferraro et coll., (2014), « Weakened tropical circulation and reduced precipitation in response to geoengineering », *Environmental Research Letters*, vol. 9, p. 14001. L’article parvient à la conclusion que « l’injection d’aérosols de sulfate dans la stratosphère n’atténue pas l’affaiblissement de la circulation [tropicale] » déclenchée par le réchauffement climatique anthropique.

Jones et coll., 2013, « The impact of abrupt suspension of solar radiation management (termination effect) in experiment G2 of the Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP) », *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 118, p. 9743-9752. L’article conclut que : « les simulations s’accordent sur une augmentation rapide des températures moyennes si l’on suspend brutalement les techniques de gestion du rayonnement solaire, qui s’accompagnerait d’augmentations des précipitations mondiales et d’une diminution de la couverture de glace des océans ».

192 Kevin Anderson et Glen Peters, « The trouble with negative emissions: Reliance on negative-emission concepts locks in humankind’s carbon addiction », *Science*, vol. 354, no 630, 14 octobre 2016, p. 182-183, <http://smartstones.nl/wp-content/uploads/2016/12/Kevin-Anderson-2016.10.13-the-Trouble-with-Negative-Emissions-Science-2016.pdf>.

193 Groupe ETC, *Géopiraterie : argumentaire contre la géoingénierie*, Communiqué 103, 7 février 2011, <http://www.etcgroup.org/fr/content/g%C3%A9opiraterie-argumentaire-contre-la-g%C3%A9oing%C3%A9nierie>.

194 Paul Oldham et coll., « Mapping the landscape of climate engineering », *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 372, no 2031, 28 décembre 2014, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2031/20140065>.

195 Groupe ETC et Fondation Heinrich Böll, « Jouer au plus malin avec la nature? La biologie synthétique et l’agriculture intelligente face au climat », Communiqué 114, 9 février 2016, p. 9-11, <http://www.etcgroup.org/fr/content/jouer-au-plus-malin-avec-le-nature>.

196 Laura Snider, « New approach to geoengineering simulations is a significant step forward », *AtmosNews*, 6 novembre 2017, http://www.un.org/french/documents/view_doc.asp?symbol=A/RES/31/72 <https://www2.ucar.edu/atmosnews/news/129835/new-approach-geoengineering-simulations-significant-step-forward>.

- 197 Naomi Klein, *La stratégie du choc : la montée d'un capitalisme du désastre*, Toronto : Léméac.
- 198 À l'exception notable de James Rodger Fleming dans son ouvrage *Fixing the Sky: The Checkered History of Weather and Climate Control*, New York : Columbia University Press, 2010.
- 199 Entrée en vigueur en 1978, la Convention ENMOD est un traité international qui interdit l'utilisation de techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou à toutes autres fins hostiles. Voir le Chapitre 1 du présent rapport. Assemblée générale des Nations unies, *Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles*, 10 décembre 1976, http://www.un.org/french/documents/view_doc.asp?symbol=A/RES/31/72.
- 200 James Rodger Fleming, *Fixing the Sky: The Checkered History of Weather and Climate Control*, New York : Columbia University Press, 2010.
- 201 Voir le Chapitre 6 du présent rapport.
- Chapitre 5 – Qui tire les ficelles de la géoingénierie?**
- 202 Groupe ETC, *Gambling with Gaia*, Communiqué 93, janvier 2007.
- 203 James Rodger Fleming, « The Climate Engineers », *The Wilson Quarterly*, printemps 2007, <http://archive.wilsonquarterly.com/essays/climate-engineers>.
- 204 James Rodger Fleming, *Fixing the Sky: The Checkered History of Weather and Climate Control*, New York : Columbia University Press, 2010.
- 205 Paul J. Crutzen, « Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma? », *Climatic Change*, vol. 77, juillet 2006, p. 211-219, <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9101-y>.
- 206 Simone Tilmes, Rolf Müller et Ross Salawitch, « The sensitivity of polar ozone depletion to proposed geo-engineering schemes », *Science Express*, 24 avril 2008, <https://www2.ucar.edu/atmosnews/news/942/stratospheric-injections-counter-global-warming-could-damage-ozone-layer>.
- 207 Oliver Morton, *Planet Remade: How Geoengineering Could Change the World*, Princeton (New Jersey) : Princeton University Press, 2015, p. 152.
- 208 Ibid., p. 156.
- 209 The Keith Group, *Fund for Innovative Climate and Energy Research*, Université Harvard, <https://keith.seas.harvard.edu/FICER>.
- 210 Eli Kinstich, *Hack the planet: Science's Best Hope—or Worst Nightmare—for Averting Climate Catastrophe*, Hoboken (New Jersey) : Wiley, 2010.
- 211 Paul Oldham et coll., « Mapping the landscape of climate engineering », *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 372, no 2031, 28 décembre 2014, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2031/20140065>.
- 212 Clive Hamilton, « How Bill Gates is engineering the Earth to resist climate change », *Crikey*, 26 février 2013, <https://www.crikey.com.au/2013/02/26/how-bill-gates-is-engineering-the-earth-to-resist-climate-change/>.
- 213 The Keith Group, *Fund for Innovative Climate and Energy Research*, Université Harvard, <https://keith.seas.harvard.edu/FICER>.
- 214 Clive Hamilton, « Geoengineering and the Politics of Science », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 70, no 3, mai 2014.
- 215 Ce groupe ethnique est souvent désigné en anglais par l'acronyme « WASP », qui signifie « White Anglo-Saxon Protestant ».
- 216 Paul Oldham et coll., « Mapping the landscape of climate engineering », *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 372, no 2031, 28 décembre 2014, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2031/20140065>.
- 217 Paul J. Crutzen, « Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma? », *Climatic Change*, vol. 77, 2006, p. 211-19, <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-006-9101-y>.
- 218 Paul Oldham et coll., « Mapping the landscape of climate engineering », *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 372, no 2031, 28 décembre 2014, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2031/20140065>.
- 219 IMPLICC, *IMPLICC—Implications and risks of engineering solar radiation to limit climate change*, <http://implicc.zmaw.de/index.php?id=551>.
- 220 Union européenne des géosciences, « Press Release: Geoengineering could disrupt rainfall patterns », *Planet Press*, 6 juin 2012.
- 221 Hauke Schmidt et coll., *Synthesis report for policy makers and the interested public*, novembre 2012, http://implicc.zmaw.de/fileadmin/user_upload/implicc/deliverables/D6_3_synthesis_report_nohead.pdf.
- 222 IMPLICC, *Brief Summary of Scientific Results*, <http://implicc.zmaw.de/index.php?id=551>.
- 223 Voir : <https://www.iass-potsdam.de/de/forschung/eutrace>.
- 224 Voir : <http://climate.envsci.rutgers.edu/GeoMIP/about.html>.
- 225 Groupe ETC, *Geoengineering and Climate Change: Implications for Asia*, 9 décembre 2014, <http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/geoengineering-asia-etc-2014.pdf>.
- Groupe ETC, « *Geoengineering and Climate Change: Implications for Africa* », 9 décembre 2014, <http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/geoengineering-africa-etc-2014.pdf>.
- Groupe ETC, « *Geoengineering and Climate Change: Implications for Latin America* », 9 décembre 2014, <http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/geoengineering-latinamerica-etc-2014.pdf>.
- 226 Voir le http://www.kiel-earth-institute.de/CDR_Model_Intercomparison_Project.html.

- 227 Plus d'informations au <http://www.china-geoengineering.org/>.
- 228 Long Cao, Chao-Chao Gao, et Li-Yun Zhao, « Geoengineering: Basic science and ongoing research efforts in China », *Advances in Climate Change Research*, vol. 6, no 3-4, septembre-décembre 2015, p. 188-196, <http://dx.doi.org/10.1016/j.accre.2015.11.002>.
- 229 James Temple, « China Builds One of the World's Largest Geoengineering Research Programs », *MIT Technology Review*, 2 août 2017, <https://www.technologyreview.com/s/608401/china-builds-one-of-the-worlds-largest-geoengineering-research-programs/>.
- 230 Natural Environment Research Council (NERC), £8.6 million UK research programme on greenhouse gas removal, 20 avril 2017, <http://www.nerc.ac.uk/press/releases/2017/09-greenhousegas/>.
- 231 National Research Council, *Climate Intervention: Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration*, Washington, D.C. : The National Academies Press, 2015. National Research Council, *Climate Intervention: Reflecting Sunlight to Cool Earth*, Washington, D.C. : The National Academies Press, 2015. Ces deux rapports peuvent être consultés à l'adresse suivante : <https://nas-sites.org/americasclimatechoices/other-reports-on-climate-change/climate-intervention-reports/>.
- 232 Université Harvard, *Harvard's Solar Geoengineering Research Program*, <https://geoengineering.environment.harvard.edu/>.
- 233 Le 8 novembre 2017, le Comité sur la Science, l'Espace et la Technologie de la Chambre des Représentants des États-Unis a organisé une audition publique sur la géoingénierie. Voir : <https://democrats-science.house.gov/legislation/hearings/geoengineering-innovation>.
- 234 Groupe ETC, *Open letter to IPCC on geoengineering*, 14 juin 2011, <http://www.etcgroup.org/content/openletter-ipcc-geoengineering>. Groupe ETC, *The IPCC's AR5 and Geoengineering: A Briefing for Delegates March/April 2014*, 28 mars 2014, <http://www.etcgroup.org/content/ipcc-ar5-geoengineering-march2014>.
- 235 Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), *Changements climatiques 2014 : rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième rapport d'évaluation du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Genève : GIEC, 2014, p. 99, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf.
- 236 Almuth Ernststein et Olivier Munnion, *New Summary BECCS Report: Last-ditch climate option or wishful thinking? Bioenergy with Carbon Capture and Storage*, Biofuelwatch et Fondation Heinrich Böll, avril 2016, <http://www.biofuelwatch.org.uk/2016/beccs-report-hbf/>.
- 237 Voir la lettre signée par 108 organisations de la société civile qui a été envoyée au GIEC en mai 2017 : <http://www.etcgroup.org/content/open-letter-ipcc-108-civilsociety-organizations>.
- 238 Elke Bunge, « Porträt Hoesung Lee: Von Exxon zum Weltklimarat », *Südwest Presse*, 8 octobre 2015. Suzanne Goldenberg, « UN climate science chief: it's not too late to avoid dangerous temperature rise », *The Guardian*, 11 mai 2016, <https://www.theguardian.com/environment/2016/may/11/un-climate-change-hoesung-lee-global-warming-interview>.
- 239 À ce jour, personne n'a été déclaré vainqueur : <http://www.virginearth.com>.
- 240 Andrew C. Revkin, « Branson on the Power of Biofuels and Elders », *New York Times*, 15 octobre 2009, <https://dotearth.blogs.nytimes.com/2009/10/15/branson-on-space-climate-biofuel-elders/>.
- 241 Ils ont créé le Fonds pour la recherche innovante sur le climat et l'énergie (FICER), qui finance leurs propres recherches et celles d'autres chercheurs. Voir : <https://keith.seas.harvard.edu/FICER>.
- 242 Intellectual Ventures, *Senior Inventors*, <http://www.intellectualventures.com/inventor-network/senior-inventors>.
- 243 Voir le site du Fonds pour la recherche innovante sur le climat et l'énergie (FICER) : <https://keith.seas.harvard.edu/FICER>. Voir également le site du Solar Radiation Management Governance Initiative (SRMGI) : <http://www.srmgi.org/about/>.
- 244 Groupe ETC, *Trump Administration: A Geoengineering Administration?*, 28 mars 2017, <http://www.etcgroup.org/content/trump-administration-geoengineering-administration>.
- 245 Clive Hamilton, *Earthmasters: The Dawn of the Age of Climate Engineering*, New Haven (Connecticut) : Yale University Press, 2013, p. 78.
- 246 Anonyme, « Climate change fears overblown, says ExxonMobil boss », *The Guardian*, 28 juin 2012, www.guardian.co.uk/environment/2012/jun/28/exxonmobil-climate-change-rex-tillerson.
- 247 Kruger compte parmi les auteurs qui ont fait la promotion d'un ensemble de principes de gouvernance qui ont influencé la géoclique, dont celui, plutôt étonnant, voulant que la géoingénierie soit un bien commun. Voir le <http://www.cquestrate.com>, de même que <http://www.geoengineering.ox.ac.uk/>.
- 248 David Hone, « The geo-engineering taboo », *Energy Post*, 26 juin 2017, <http://energypost.eu/the-geo-engineering-taboo/>.
- 249 J. J. Blackstock et coll., *Climate Engineering Responses to Climate Emergencies*, Santa Barbara (Californie) : Novim, 2009, <https://arxiv.org/pdf/0907.5140.pdf>.
- 250 Commonwealth Club of California, « Geoengineering: Global Salvation or Ruin », *Fora.tv*, http://library.fora.tv/2010/02/23/Geoengineering_Global_Salvation_or_Ruin.
- 251 Keith Driver et John Gaunt, *Bringing Biochar Projects into the Carbon Market Places*, Carbon Consulting LLC, Blue Source, Carbon War Room, ConocoPhillips Canada, mai 2010.

- 252 Steven Horn, « How the Biochar Lobby Pushed for Offsets, Tar Sands, and Fracking Reclamation Using Unsettled Science », *DeSmog*, 23 mars 2017, <https://www.desmogblog.com/biochar-lobby-offsets-tar-sands-fracking-reclamation-unsettled-science>.
- 253 Voir : <http://www.oceannourishment.com/>.
- 254 Voir : <https://atmocean.com/>.
- 255 Ivan Semeniuk, « Could this plant hold the key to generating fuel from CO₂ emissions? », *Globe and Mail*, 1er janvier 2016, <https://beta.theglobeandmail.com/technology/science/a-canadian-companys-attempt-to-get-a-grip-on-the-carbonemissionsproblem/article27970800/>.
Voir également : Alister Doyle, « Scientists dim sunlight, suck up carbon dioxide to cool planet », *Reuters*, 26 juillet 2017, <https://www.reuters.com/article/us-climatechange-geoengineering/scientists-dim-sunlight-suck-up-carbon-dioxide-to-coolplanet-idUSKBN1AB0J3>.
- 256 Virgin Earth Challenge, *Climeworks launches world's first commercial plant to capture CO₂ from air*, 31 mai 2017, <http://www.virginearth.com/2017/05/climeworks-launches-worlds-first-commercial-plant-to-capture-co2-from-air/>.
Voir également : Alister Doyle, *loc. cit.*
- 257 Voir : <http://algasystems.com>.
Voir également : <https://globalthermostat.com/>.
- 258 Voir : <http://www.infinitreelc.com>.
Voir également : <https://www.skytree.eu/>.
- 259 Marc Gunther, « The business of cooling the planet », *Fortune*, 7 octobre 2011, <http://fortune.com/2011/10/07/the-business-of-cooling-the-planet/>.
- 260 Marc Gunther, « The Gunther Report: Direct air carbon capture: Oil's answer to fracking? », *GreenBiz*, 12 mars 2012, <https://www.greenbiz.com/blog/2012/03/12/direct-air-carbon-capture-oil-answer-fracking>.
- 261 Marc Gunther, *Direct air capture of CO₂ is becoming a business, for better or worse*, 11 mars 2012, <http://www.marcgunther.com/direct-air-capture-of-co2-is-becoming-a-business-for-better-or-worse/>.
- 262 Katie Fehrenbacher, « Algae startup Sapphire Energy raising \$144M », *Gigaom*, 2 avril 2012, <https://gigaom.com/2012/04/02/algae-startup-sapphire-energy-raising-144m/>.
- 263 Cette proposition de recourir à des centrales nucléaires a été faite par David Sevier (Carbon Cycle Limited, Royaume-Uni) lors d'un échange de courriels dans le cadre d'un groupe de discussion électronique sur le captage direct dans l'air (CDA) qui s'est déroulé en septembre 2017.
- 264 Clive Hamilton, *Earthmasters: The Dawn of the Age of Climate Engineering*, New Haven (Connecticut) : Yale University Press, 2013, p. 80.
- 265 Jeff Goodell, *How to Cool the Planet*, Boston : Houghton Mifflin Harcourt, 2010, p. 207-208.
- 266 Clive Hamilton, *op. cit.*, p. 132.
- 267 James Rodger Fleming, *Fixing the Sky: The Checkered History of Weather and Climate Control*, New York : Columbia University Press, 2010, p. 166.
- 268 Jeff Goodell, *op. cit.*, p. 125.
- 269 Eli Kintisch, « DARPA to explore geoengineering », *Science*, 14 mars 2009, <http://www.sciencemag.org/news/2009/03/darpa-explore-geoengineering>.
- 270 J. J. Blackstock et coll., *Climate Engineering Responses to Climate Emergencies*, Santa Barbara (Californie) : Novim, 2009, <https://arxiv.org/pdf/0907.5140.pdf>.
- 271 Robert Lempert et Don Prosnitz, *Governing geoengineering research: A political and technical vulnerability analysis of potential near-term options*, Santa Monica (Californie) : RAND Corporation, 2011, cité dans Hamilton, *op. cit.*, p. 132.
- 272 Chris Mooney, « Climate Intelligence Agency », *Slate*, 17 juillet 2013, https://www.slate.com/articles/technology/future_tense/2013/07/cia_funds_nas_study_into_geoengineering_and_climate_change.html.
National Research Council, *Climate Intervention: Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration*, Washington, D.C. : The National Academies Press, 2015.
National Research Council, *Climate Intervention: Reflecting Sunlight to Cool Earth*, Washington, D.C. : The National Academies Press, 2015. Ces deux rapports peuvent être consultés à l'adresse suivante : <https://nas-sites.org/americasclimatechoices/other-reports-on-climate-change/climate-intervention-reports/>.
- 273 Steven Koonin, « A "Red Team" Exercise Would Strengthen Climate Science », *Wall Street Journal*, 20 avril 2017, <https://www.wsj.com/articles/a-red-team-exercise-would-strengthen-climate-science-1492728579>.
- 274 Brad Plumer et Coral Davenport, « E.P.A. to Give Dissenters a Voice on Climate, No Matter the Consensus », *New York Times*, 30 juin 2017, <https://www.nytimes.com/2017/06/30/climate/scott-pruitt-climate-change-red-team.html>.
- 275 Ibid.
- 276 Pour plus d'informations sur le lien entre les climatosceptiques et les partisans de la géoingénierie, voir : Groupe ETC, *Géopiraterie : argumentaire contre la géoingénierie*, Communiqué 103, 2009, p. 14 (section intitulée « Le revirement de Lomborg : jadis négationniste du changement climatique, aujourd'hui apôtre de la géoingénierie »), <http://www.etcgroup.org/fr/content/g%C3%A9opiraterie-argumentaire-contre-la-g%C3%A9oing%C3%A9nierie>.
- 277 James Rodger Fleming, *op. cit.*, p. 167-168.
- 278 Jeff Goodell, *op. cit.*, p. 211.
- 279 Clive Hamilton, *op. cit.*, p. 133.
- 280 Jon Taylor, « Geo-engineering—useful tool for tackling climate change, or dangerous distraction? », blogue de la filiale britannique du Fonds mondial pour la nature, 6 septembre 2012, <http://blogs.wwf.org.uk/blog/climate-energy/geo-engineering-not-our-first-choice-but-could-it-now-be-essential-for-tackling-climate-change/>.
Rhea Suh, *Geoengineering: Research is Prudent, But No Substitute for Carbon Pollution Cuts*, communiqué de presse du National Resources Defense Council (NRDC), 10 février 2015, <https://www.nrdc.org/media/2015/150210>.

- 281 Martin Lamonica, « Stewart Brand warms up to nukes, geoengineering », CNET, 13 avril 2010, <https://www.cnet.com/news/stewart-brand-warms-up-to-nukes-geoengineering/>.
- 282 Colin McInnes, « Time to Embrace Geoengineering: Beyond Planetary Boundaries », *Breakthrough*, 27 juin 2013, <http://thebreakthrough.org/programs/energy-and-climate/time-to-embrace-geoengineering>.
- 283 James Lovelock, Medicine for a feverish planet: kill or cure?, *The Guardian*, 1er septembre 2008, <https://www.theguardian.com/environment/2008/sep/01/climatechange.scienceofclimatechange>.
- 284 *Accord des peuples de Cochabamba*, Conférence mondiale des peuples sur le changement climatique et les droits de la Terre mère, 24 avril 2010. Le texte de l'Accord mentionne notamment : « [N]ous rejetons les accords de libre-échange, les accords associatifs, toutes les formes d'application des droits de propriété intellectuelle sur la vie, de même que les technologies actuelles (agrochimie, génie génétique) et celles qui proposent de fausses solutions (biocarburants, géoingénierie, nanotechnologies, etc.) et ne font qu'aggraver la crise actuelle ».
- 285 Université des Nations unies, *Report of the Indigenous Peoples' Global Summit on Climate Change*, Potsdam : Université des Nations unies (Institute of Advanced Sustainability Studies), 2010, compte rendu du Sommet des peuples autochtones sur les changements climatiques, 20-24 avril 2009, <http://www.un.org/ga/president/63/letters/globalsummitoncc.pdf>.
- 286 Guujaaw, « Let it be known », Conseil de la nation haïda, 18 octobre 2012.
- 287 Pour une description des techniques de géoingénierie et de leurs impacts potentiels, voir : <http://www.geoengineeringmonitor.org/>. Voir également : Groupe ETC et Fondation Heinrich Böll, *A civil society briefing on Geoengineering: Climate change, smoke and mirrors*, 10 mai 2017, <http://www.etcgroup.org/content/civil-society-briefing-geoengineering>.
- 288 Traité d'interdiction partielle des essais nucléaires (également connu sous le nom de Traité interdisant les essais nucléaires dans l'atmosphère, dans l'espace extra-atmosphérique et sous l'eau), 1963. Accessible au <https://treaties.un.org/doc/Publication/UNTS/Volume%20480/volume-480-I-6964-French.pdf>. Traité d'interdiction complète des essais nucléaires, A/RES/50/245, 1996. Accessible au https://treaties.un.org/doc/source/docs/A_RES_50_245-F.pdf.
- 289 Traité sur l'interdiction des armes nucléaires, A/CONF.229/2017/8, 2017. Accessible au <http://www.icanw.org/wp-content/uploads/2017/07/TPNW-French.pdf>.
- 290 Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), *The Emissions Gap Report 2016: A UNEP Synthesis Report*, novembre 2016, https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10016/emission_gap_report_2016.pdf.
- 291 Joshua B. Horton, David W. Keith et Matthias Honegger, « Implications of the Paris Agreement for Carbon Dioxide Removal and Solar Geoengineering », Viewpoints, Harvard Project on Climate Agreements, juillet 2016, http://www.belfercenter.org/sites/default/files/legacy/files/160700_horton-keith-honegger_vp2.pdf. John Shepherd, « What does the Paris Agreement mean for geoengineering? », *In Verba* (blogue de sciences politiques de la Royal Society), 17 février 2017, <http://blogs.royalsociety.org/in-verba/2016/02/17/what-does-the-paris-agreement-mean-for-geoengineering/>.
- 292 Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique (CDB), *Décision adoptée par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique à sa neuvième réunion : IX/16 : diversité biologique et changements climatiques*, 2008, p. 8 (C : Fertilisation des océans, paragraphe 4), <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-09/cop-09-dec-16-fr.pdf>.
- 293 Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique (CDB), *Décision adoptée par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique à sa dixième réunion : X/33 : diversité biologique et changements climatiques*, 2010, p. 6 (paragraphe 8[w]), 2010, <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-33-fr.pdf>.
- 294 Parties contractantes au Protocole de 1996 à la Convention de Londres, *Résolution LP. 4(8), LC 35/15*, Annexe 4, 2013, http://www.gc.noaa.gov/documents/resolution_lp_48.pdf. Cette résolution n'a toujours pas été ratifiée.
- 295 Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (CDB), *Geoengineering in Relation to The Convention on Biological Diversity: Technical and Regulatory Matters*, Technical Series No. 66, Montréal : Secrétariat de la CDB, septembre 2012, <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-66-en.pdf>. Voir également : P. Williamson et R. Bodle, *Update on Climate Geoengineering in Relation to the Convention on Biological Diversity: Potential Impacts and Regulatory Framework*, Technical Series No. 84, Montréal : Secrétariat de la CDB, octobre 2016, <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-84-en.pdf>.
- 296 Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles (ENMOD), adoptée le 10 décembre 1976, http://www.un.org/french/documents/view_doc.asp?symbol=A/RES/31/72.
- 297 Voir par exemple : Jeff Tollefson, « Asilomar geoengineering conference report released », *Nature News*, 8 novembre 2010, http://blogs.nature.com/news/2010/11/asilomar_geoengineering_confer.html.
- 298 Naomi Klein, *Tout peut changer : capitalisme et changement climatique*, Montréal : Lux Éditeur, 2015, p. 103.

- 299 Raymond T. Pierrehumbert, « The trouble with geoengineers “hacking the planet” », *Bulletin of the Atomic Scientists*, 23 juin 2017, <https://thebulletin.org/trouble-geoengineers-%E2%80%99Chacking-planet%E2%80%9D10858>.
- 300 Paul Oldham et coll., « Mapping the landscape of climate engineering », *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 372, no 2031, 28 décembre 2014, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2031/20140065>.
- 301 Raymond T. Pierrehumbert, loc. cit.
- 302 Stephen Gardiner, « Is “Arming the Future” with Geoengineering Really the Lesser Evil? Some Doubts About the Ethics of Intentionally Manipulating the Climate System », in Stephen M. Gardiner et coll. (dir.), *Climate Ethics: Essential Readings*, Oxford (Royaume-Uni) : Oxford University Press, 2010, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1357162.
- ## Chapitre 7 – La voie à suivre
- 303 Lili Fuhr, « Radical Realism About Climate Change », Project Syndicate, 2 novembre 2016, <https://www.project-syndicate.org/commentary/paris-climate-agreement-and-geo-engineering-by-lili-fuhr-2016-11?barrier=accessreg>.
- 304 Groupe ETC, *Qui nous nourrira? Réflexions sur les crises alimentaires et climatiques*, 21 avril 2010, <http://www.etcgroup.org/fr/content/qui-nous-nourrira>.
- 305 Voir par exemple : Richard Rosen, « Is the IPCC’s 5th Assessment a Denier of Possible Macroeconomic Benefits from Mitigating Climate Change? », *Climate Change Economics*, vol. 7, no 1, 2016, <http://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/S2010007816400030>.
- 306 Voir par exemple : John Parker, « Special report: Feeding the World: The 9 billion-people question », *The Economist*, 24 février 2011, <http://www.economist.com/node/18200618>.
- 307 Voir le Chapitre 6 du présent rapport.
- 308 Comme il est indiqué dans les objectifs de la CDB et dans l’article 8 (j). Voir : <https://www.cbd.int/traditional/>.
- 309 Voir la section intitulée « Irréversibilité » au Chapitre 4 du présent rapport.
- 310 Ibid.
- ## ANNEXE 1 – Les Nations unies et la géoingénierie
- 311 Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (CDB), *Scientific Synthesis of the Impacts of Ocean Fertilization on Marine Biodiversity*, Technical Series No. 45, Montréal : Secrétariat de la CDB, 2009, <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-45-en.pdf>.
- 312 Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (CDB), *Geoengineering in Relation to the Convention on Biological Diversity: Technical and Regulatory Matters*, Technical Series No. 66, Montréal : Secrétariat de la CDB, septembre 2012, <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-66-en.pdf>.
- 313 P. Williamson et R. Bodle, *Update on Climate Geoengineering in Relation to the Convention on Biological Diversity: Potential Impacts and Regulatory Framework*, Technical Series No. 84, Montréal : Secrétariat de la CDB, octobre 2016, <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-84-en.pdf>.
- 314 Pour un historique des négociations sur la géoingénierie dans le cadre de la Convention de Londres et de son Protocole de 1996, voir : Organisation maritime internationale, *Ocean Fertilization under the LC/LP*, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/EmergingIssues/geoengineering/OceanFertilizationDocumentRepository/OceanFertilization/Pages/default.aspx>.
- 315 Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique (CDB), *Décision adoptée par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique à sa neuvième réunion : IX/16 : diversité biologique et changements climatiques*, 2008, p. 8 (C : Fertilisation des océans, paragraphe 4), <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-09/cop-09-dec-16-fr.pdf>.
- 316 Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique (CDB), *Décision adoptée par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique à sa dixième réunion : X/33 : diversité biologique et changements climatiques*, 2010, p. 6 (paragraphe 8[w],[x]), 2010, <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-33-fr.pdf>.
- 317 La note de page no 3 de la décision X/33 de la Conférence des Parties à la CDB indique ce qui suit : « Sans porter préjudice aux futures délibérations sur la définition des activités de géo-ingénierie, étant donné que toute technologie qui réduit délibérément le rayonnement solaire ou augmente la séquestration du carbone de l’atmosphère à grande échelle et qui pourrait affecter la diversité biologique (à l’exclusion de la capture et du stockage du carbone par les carburants fossiles quand le dioxyde de carbone est capturé avant d’être émis dans l’atmosphère) doit être prise en compte comme formes de géo-ingénierie pertinentes pour la Convention sur la diversité biologique jusqu’à ce qu’une définition plus précise soit élaborée. À noter que le rayonnement solaire est défini comme une mesure de l’énergie de la radiation solaire reçue sur une surface donnée, à une heure donnée, et que la séquestration du carbone est définie comme le processus d’augmentation du contenu en carbone d’un réservoir/réserve autre que l’atmosphère. » Voir : <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-33-fr.pdf>.
- 318 Les négociations et les rapports produits dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique au cours des dernières décennies sont rassemblées sur cette page web : CDB, *Géo-ingénierie liée au climat et biodiversité : questions techniques et réglementaires sur la géo-ingénierie en rapport à la CDB*, <https://www.cbd.int/climate/geoengineering/>.
- 319 Quirin Schiermeier, « Ocean fertilization experiment suspended », *Nature News*, 14 janvier 2009, <http://www.nature.com/news/2009/090114/full/news.2009.26.html>.
- 320 Groupe ETC, *Case Study: Ocean Fertilization near Haida Gwaii*, 28 mars 2013, <http://www.etcgroup.org/content/case-study-ocean-fertilization-near-haida-gwaii>.

- 321 Groupe ETC, Say No to the Trojan Hose: No SPICE in our skies say environmental justice groups, communiqué de presse du Groupe ETC, 27 septembre 2011, <http://www.etcgroup.org/content/say-no-trojan-hose>.
- 322 Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique (CDB), *Décision adoptée par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique : XIII/14 : géo-ingénierie climatique*, 2016, <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-13/cop-13-dec-14-fr.pdf>.
- 323 Pour plus d'informations, voir les études de cas III et VI au Chapitre 3 du présent rapport.
- 324 Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles (ENMOD), adoptée le 10 décembre 1976, http://www.un.org/french/documents/view_doc.asp?symbol=A/RES/31/72.
- 325 Selon l'accord interprétatif de l'article I de la Convention ENMOD, ces effets sont définis comme suit (il suffit que ces effets possèdent une seule de ces caractéristiques pour constituer une violation du traité) : « (a) il faut entendre par "étendus" les effets qui s'étendent à une superficie de plusieurs centaines de kilomètres carrés; (b) "durables" s'entend d'une période de plusieurs mois, ou environ une saison; (c) "graves" signifie qui provoque[nt] une perturbation ou un dommage sérieux ou marqué pour la vie humaine, les ressources naturelles et économiques ou d'autres richesses ». Voir : Claude Pilloud et coll., *Commentaire des Protocoles additionnels du 8 juin 1977 aux Conventions de Genève du 12 août 1949*, Genève : Comité international de la Croix-Rouge, 1986, p. 419.
- 326 Tim Dixon, Justine Garrett et Edward Kleverlaan, « Update on the London Protocol—Developments on transboundary CCS and on geoengineering », *Energy Procedia*, vol. 63, p. 6623-6628, 2014, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214025132>.
- 327 Parties contractantes à la Convention de Londres et au Protocole de 1996 à la Convention de Londres, *Annex 6: Resolution LC-LP.1 (2008) on the regulation of ocean fertilization (adopted on 31 October 2008): The thirtieth meeting of the Contracting Parties to the London Convention and the third meeting of Contracting Parties to the London Protocol*, Genève : Commission océanographique intergouvernementale, 31 octobre 2008, http://www.ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=5580.
- 328 Pour un compte rendu plus détaillé de la manière dont la Convention de Londres et son Protocole de 1996 abordent la fertilisation des océans, voir : Duncan E. J. Carrie, *A brief primer on ocean fertilization at the CBD and London Convention and Protocol*, Groupe ETC, 19 novembre 2012, <http://www.etcgroup.org/content/brief-primer-ocean-fertilization-cbd-and-london-convention-and-protocol>
- 329 Parties contractantes au Protocole de 1996 à la Convention de Londres, *Résolution LP. 4(8), LC 35/15, Annexe 4*, 2013, http://www.gc.noaa.gov/documents/resolution_lp_48.pdf.
- 330 Ibid., p. 3.
- 331 La Conférence des Parties à la CDB compte 196 pays membres, alors que la Convention de Londres et son Protocole de 1996 ont été ratifiés par moins de 100 pays. Sur ce dernier point, voir la carte suivante, mise à jour le 1er août 2017 : <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/Documents/Parties%20to%20the%20London%20Convention%20and%20Protocol%20Aug%202017.pdf>.
- 332 Assemblée générale des Nations unies, L'avenir que nous voulons : résolution A/RES/66/288, Genève : Nations unies, 11 septembre 2012, http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/66/288&Lang=F.
- 333 Conférence des Nations unies sur les changements climatiques (CNUCC), *Decision 7/CMP.6 : Carbon dioxide capture and storage in geological formations as clean development mechanism project activities*, 15 mars 2011, <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cmp6/eng/12a02.pdf#page=27>.
- 334 Groupe de travail ad hoc sur la Plateforme de Durban pour une action renforcée (ADP), *ADP Technical Expert Meetings: Carbon capture, use and storage*, rencontre tenue à Bonn (Allemagne) le 21 octobre 2014, <https://unfccc.int/event/adp-technical-expert-meetings-carbon-capture-use-and-storage>.
- 335 L'accord de Paris, qui est entré en vigueur en 2016, peut être consulté à l'adresse suivante : <https://unfccc.int/event/adp-technical-expert-meetings-carbon-capture-use-and-storage>.
- 336 2018 Talanoa Dialogue Platform : <http://unfccc.int/items/10265.php>.
- 337 Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), *The Emissions Gap Report 2016: A UNEP Synthesis Report*, novembre 2016, https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10016/emission_gap_report_2016.pdf.
- 338 Ottmar Edenhofer et coll., *Climate change 2014 Synthesis Report: Summary for Policymakers*, Genève : GIEC, 2014, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf.
- 339 Carnegie Institution for Science, « Could "cocktail geoengineering" save the climate? », *Science Daily*, 24 juillet 2017, <https://www.sciencedaily.com/releases/2017/07/170724105044.htm>.
- 340 Pour de plus amples informations sur les traités et les instances qui encadrent la géoingénierie, voir : Ralph Bodle et coll., « The regulatory framework for climate-related geoengineering relevant to the Convention on Biological Diversity », in Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (CDB), *Geoengineering in Relation to the Convention on Biological Diversity: Technical and Regulatory Matters*, Technical Series No. 66, Montréal : Secrétariat de la CDB, septembre 2012, chapitres 3 et 4, p. 123-140, <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-66-en.pdf>.

Voir également : Groupe ETC, *Géopiraterie : argumentaire contre la géoingénierie*, Communiqué 103, 2009, p. 14 (section intitulée « Le revirement de Lomborg : jadis négationniste du changement climatique, aujourd’hui apôtre de la géoingénierie »), <http://www.etcgroup.org/fr/content/g%C3%A9opiraterie-argumentaire-contre-la-g%C3%A9oing%C3%A9nierie>.

ANNEXE 2 – Initiatives non gouvernementales en matière de gouvernance de la géoingénierie

- 341 The Royal Society, *Geoengineering the climate: Science, governance and uncertainty*, Londres : The Royal Society, 2009, p. xii, https://royalsociety.org/~media/royal_society_content/policy/publications/2009/8693.pdf.
- 342 Voir : <http://www.srmgi.org/>
- 343 Ibid.
- 344 Voir : <http://www.srmgi.org/about/previous-working-group/>.
- 345 Voir par exemple : Andy Parker, « Introduction to SRM », présentation dans le cadre du Solar Radiation Management Governance Initiative Workshop tenu le 7 juillet 2016 au Mona Campus de l’Université des Indes occidentales, Kingston (Jamaïque). Une vidéo de la présentation est accessible au <https://www.youtube.com/watch?v=h6tO260qp8g>.
- 346 Voir : <http://www.srmgi.org/events/>.
- 347 Voir : <https://www.carnegiecouncil.org/programs/ccgg>.
- 348 Ibid
- 349 Pour connaître la composition du comité consultatif de la C2G2, consulter le <https://www.carnegiecouncil.org/programs/ccgg/advisory-group>. Elenita (Neth) Daño, codirectrice générale du Groupe ETC, siège à ce comité.
- 350 Raymond T. Pierrehumbert, « The trouble with geoengineers “hacking the planet” », *Bulletin of the Atomic Scientists*, 23 juin 2017, <https://thebulletin.org/trouble-geoengineers-%E2%80%9Chacking-planet%E2%80%9D10858>.
- 351 Jeff McMahon, « As Humans Fumble Climate Challenge, Interest Grows in Geoengineering », *Forbes.com*, 24 septembre 2017, <https://www.forbes.com/sites/jeffmcmahon/2017/09/24/interest-rises-in-geoengineering-as-humans-fail-to-mitigate-climate-change/#10b9a206472a>.
- 352 Le choix du mot « suspendre » est intentionnel : il suggère fortement la mise en place d’un moratoire, mais reste ambigu et n’a aucune valeur juridique. La deuxième priorité de la C2G2 consiste à « [s]uspendre le déploiement de la gestion du rayonnement solaire d’ici à ce que (i) les risques et les bénéfices potentiels soient mieux connus, et (ii) qu’une entente soit conclue quant aux cadres de gouvernance nécessaire au déploiement de ces techniques [...] les organes universels tels que le Programme des Nations unies pour l’environnement (PNUE), la Conférence des Nations unies pour les changements climatiques (CNUCC) et l’Assemblée générale des Nations unies doivent mettre ce sujet [la gestion du rayonnement solaire] à leur ordre du jour, et des décisions devraient être prises dans le cadre des traités appropriés telles que la Convention sur la diversité biologique et la Convention de Londres ». Carnegie Council for Ethics in International Affairs, *Priority Two: Putting Solar Geoengineering Deployment on Hold*, <https://www.c2g2.net/wp-content/uploads/C2G2-Priority2.pdf>.
- 353 Voir : <https://www.c2g2.net/c2g2-priorities/>.
- 354 Edward A. Parson et David W. Keith, « End the Deadlock on Governance of Geoengineering Research », *Science*, 15 mars 2013, <http://science.sciencemag.org/content/339/6125/1278>.
- 355 Ibid.
- 356 Il devrait être possible de consulter la liste des membres de l’Academic Working Group on International Governance of Climate Engineering sur la page suivante, mais cette dernière ne présente que les membres du personnel du FCEA : <http://ceassessment.org/staff-category/staff/>.
- 357 Comme ce « recensement » partial des rapports sur la géoingénierie : David Morrow, *International Governance of Climate Engineering: A Survey of Reports on Climate Engineering*, 2009-2015, FCEA Working Paper Series: 001, <http://ceassessment.org/wp-content/uploads/2017/06/Morrow-WPS001.pdf>
- 358 Par exemple, Jane Long, Tom Ackerman et Doug MacMartin siègent à ce comité consultatif. Voir : <https://ceassessment.org/staff-category/board-of-advisors/>.
- 359 Academic Working Group on International Governance of Climate Engineering, « Meeting 4: Meeting Report », Washington, D.C. : Forum for Climate Engineering Assessment (FCEA), <http://ceassessment.org/academic-working-group-fourth-meeting/>.

Glossaire des acronymes des technologies de géoingénierie

ADC : Absorption du dioxyde de carbone

AGES : Absorption des gaz à effet de serre

BECSC : Bioénergie avec captage et stockage du carbone

BNM : Blanchiment des nuages marins

CDA : Captage direct dans l'air

CSC : Captage et stockage du carbone

CUSC : Captage, utilisation et stockage du carbone

GES : Gaz à effet de serre

IAS : Injection d'aérosols stratosphériques

RAP : Récupération assistée du pétrole

Groupe ETC

Le Groupe ETC travaille à aborder les problèmes socioéconomiques et écologiques entourant les nouvelles technologies pouvant avoir un impact sur les populations les plus pauvres et vulnérables de la planète. Nous étudions l'érosion écologique (y compris l'érosion des cultures et des droits de l'homme) ; le développement des nouvelles technologies (en particulier agricoles mais aussi d'autres technologies travaillant avec la génomique et la matière) et nous examinons les questions de gouvernance internationale, y compris la concentration économique et le commerce dans le domaine technologique. Nous opérons au niveau politique international et travaillons en étroite collaboration avec des organisations de la société civile (OSC) et avec les mouvements sociaux, en particulier en Afrique, en Asie et en Amérique latine.

www.etcgroup.org



Biofuelwatch

Biofuelwatch se charge de produire des informations, des activités de plaidoyer et des campagnes liées aux impacts occasionnés par la bioéconomie et la bioénergie industrielle à grande échelle sur le climat, l'environnement, les droits de l'homme et la santé publique. Nous encourageons, pour l'usage de la terre et les autorisations environnementales, les décisions politiques qui privilégient la protection du climat, de l'environnement, de la justice sociale, de la santé publique et d'une citoyenneté active. Au Royaume-Uni, nous nous attachons aujourd'hui avant tout aux biocarburants et à la biomasse électrique. Au niveau international, notre travail se concentre actuellement sur les risques liés au développement de la biotechnologie servant la « bioéconomie » (manipulation génétique de cultures, d'arbres et de microbes), et sur les approches terrestres de la géoingénierie climatique (« bioséquestration »). www.biofuelwatch.org



Fondation Heinrich Böll

Les objectifs qui animent les idées et les actions de la Fondation Heinrich Böll sont les suivants : promouvoir la démocratie et défendre les droits de l'homme, agir pour empêcher la destruction des écosystèmes mondiaux, faire progresser l'égalité entre les femmes et les hommes, assurer la paix par la prévention de conflits dans les zones de crise, et défendre la liberté des individus contre le pouvoir excessif de l'état et de l'économie. Nous entretenons des liens étroits avec le parti écologique allemand (Alliance 90 / Les Verts) et en tant que centre de réflexion sur les visions et projets écologiques, nous appartenons à un réseau international regroupant plus de 100 projets partenaires sur une soixantaine de pays. La Fondation Heinrich Böll travaille de manière indépendante et entretient un esprit d'ouverture intellectuelle.

www.boell.de/en



La grande fraude climatique

le cas contre la géoingénierie climatique

Après son rapport « Géopiraterie » publié en 2010, le Groupe ETC expose ici le contexte, les objectifs, les acteurs et rapides développements en cours visant à faire avancer la manipulation du climat, à savoir : la géoingénierie. Le nouveau cadre des géoingénieurs se borne à nous faire accepter ces fausses solutions technologiques dangereuses : ils ne sont pas capables de voir d'autres alternatives permettant de stopper ou de prévenir les ravages climatiques.

« La géoingénierie » est une distraction dangereuse et risquée quant aux réelles solutions à la crise climatique. Nous devons radicalement transformer nos systèmes énergétiques, alimentaires et économiques. Cependant, de puissants intérêts économiques meurent d'envie de détourner notre attention du changement de système et de la réduction radicale des émissions nécessaire à la source. Les Amis de la Terre International rejettent la géoingénierie à grande échelle comme étant une technologie non éprouvée qui pourrait nous conduire à l'accaparement des terres et des ressources et à la dépossession des communautés locales. Toutes celles et ceux qui nous préoccupons des impacts de la géoingénierie et de ce qui peut être fait pour y remédier devons lire ce texte ».

Karin Nansen

REDES-AT Uruguay,
Présidente de Amis de la Terre
International



« Il est inacceptable qu'alors que certaines nations subissent les impacts brutaux du changement climatique, des entreprises guidées par le profit envisagent de coloniser le ciel par la géoingénierie et de rester enfermées dans l'inaction climatique. Le monde doit se sevrer des combustibles fossiles, réduire les émissions à la source et ne permettre aucune manipulation du climat susceptible d'entraîner plus de dommages en Afrique et sur d'autres territoires. Le présent rapport est un excellent document pour comprendre les véritables objectifs de la géoingénierie et devrait être lu par tou-te-s les militant-e-s œuvrant pour la justice climatique ».

Nnimmo Bassey

Fondation HOME,
Nigeria

Depuis la publication de « Géopiraterie », les discours ont évolué pour répondre aux inquiétudes grandissantes du public face à la crise climatique et aux avancées technologiques, mais les acteurs — ainsi que leurs objectifs — restent les mêmes. Les propositions de la géoingénierie, qui vont de l'ajustement du thermostat de la planète à la modification de la chimie des océans, constituent une menace inacceptable pour les populations et pour l'environnement.

« En tant que peuples autochtones, nous sommes unis dans notre opposition à toute forme de géoingénierie. En tant qu'êtres humains, nous dépendons entièrement de notre relation respectueuse au monde naturel. Nous sommes maintenant confrontés aux conséquences de l'exploitation du monde naturel qui menacent l'existence future de toute vie sur notre Terre-Mère. Nos enseignements traditionnels autochtones, nos modes de vie, notre spiritualité, nos cultures et le leadership de nos peuples nous soutiennent depuis des millénaires et continueront de le faire pour d'innombrables générations à venir mais seulement si le monde adhère aux Lois naturelles de la Création et au Principe de Précaution. La géoingénierie agit contre tous ces derniers ».

Tom BK Goldtooth

Réseau Environnemental
Autochtone, Etats-Unis



www.etcgroup.org



www.biofuelwatch.org



www.boell.de/en