



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**

FACULTÉ DE
DROIT
SCIENCES
ÉCONOMIQUES
& GESTION
DE NANCY



UNIVERSITÉ DE LORRAINE
Faculté de Droit, Sciences économiques et Gestion

**Année universitaire
2018/2019**

MÉMOIRE
présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master 2
mention « *Droit public interne et international* »,
spécialité Droit international public

La réglementation internationale de la géo-ingénierie

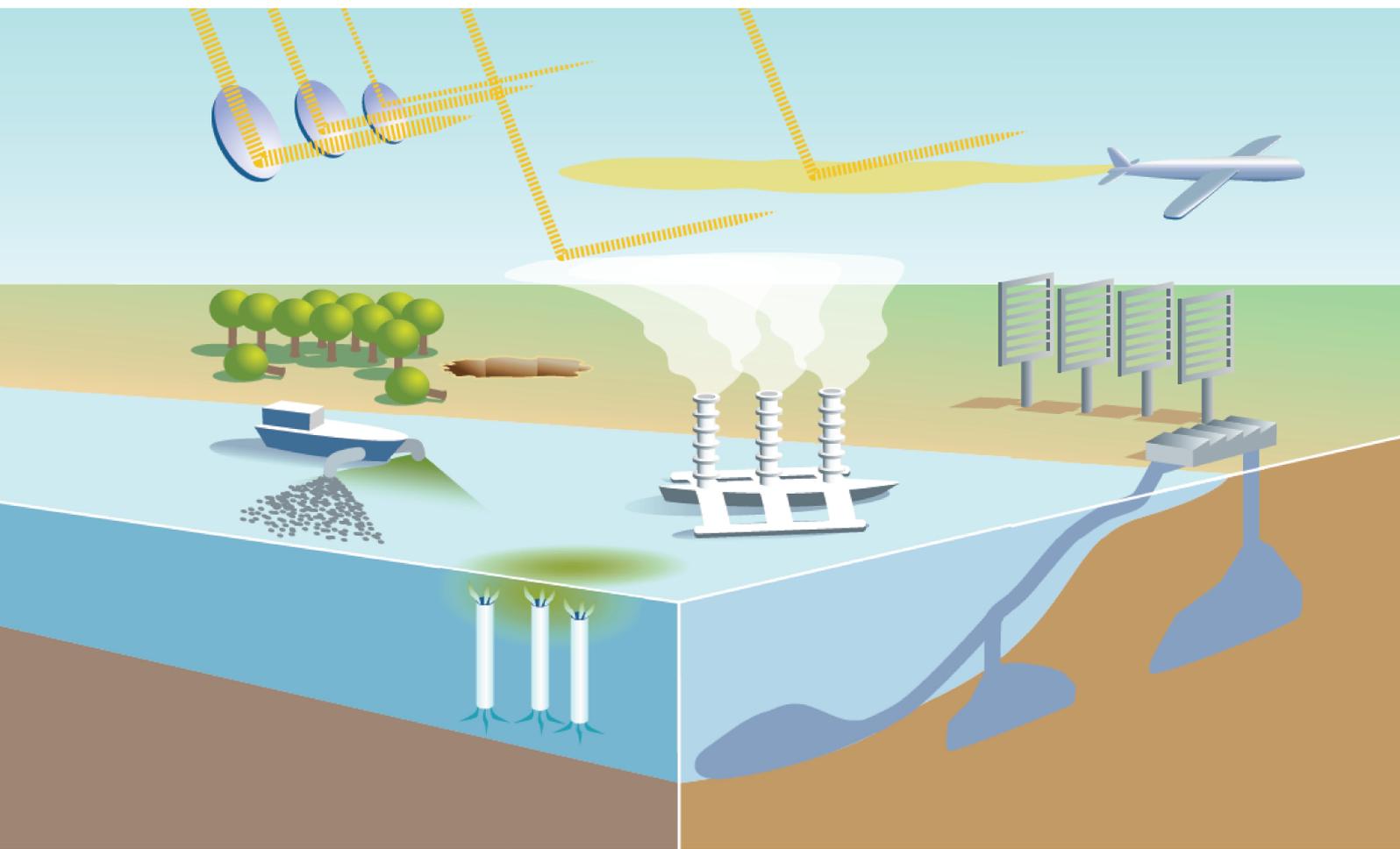
Soutenu le 26/06/2019

par Samuel HURET

**Sous la direction de
M. Jochen SOHNLE**

**Membre du jury :
Mme Mélanie DUBUY**

LA RÉGLEMENTATION INTERNATIONALE DE LA GÉO-INGÉNIERIE



L'Université de Lorraine n'entend ni donner approbation, ni improbation pour les opinions qui sont émises dans ce mémoire, elles sont propre à son auteur et n'engagent pas la faculté.

REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord exprimer ma gratitude envers mon directeur de mémoire, Monsieur Jochen Sohnle, pour m'avoir patiemment guidé et conseillé.

Je remercie également ma famille, qui m'a accompagné et soutenu dans mon travail, ainsi que mes amis, toujours présents pour me remonter le moral.

Je ne remercierai jamais assez Justine, qui a fait preuve d'une patience exceptionnelle et d'un soutien sans faille.

Enfin, je dédie ce travail à mes grands-parents, à qui je souhaite rendre hommage.

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

BECCS :	Bio-énergie avec captage et stockage du carbone (en anglais : <i>Bio-energy with Carbon Capture and Storage</i>)
CCNUCC :	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CDB :	Convention sur la Diversité Biologique
CDI :	Commission du droit international
CDR :	Élimination du dioxyde de carbone (en anglais : <i>Carbon Dioxide Removal</i>)
CEDH :	Cour européenne des droits de l'Homme
CEE-ONU :	Commission économique pour l'Europe des Nations Unies
CEI :	Circonstance excluant l'illicéité
CEPAL :	Commission économique des Nations Unies pour l'Amérique latine et les Caraïbes
CIJ :	Cour Internationale de Justice
CLRTAP :	Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (en anglais : <i>Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution</i>)
CO ₂ :	Dioxyde de carbone (ou encore : « gaz carbonique »)
COP :	Conférence des Parties
DACS :	Capture de carbone dans l'air ambiant (en anglais : <i>Direct Air Capture and Storage</i>)

ENMOD : Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles

GES : Gaz à effet de serre (abréviation anglaise : GHG)

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (abréviation anglaise : IPCC)

MCB : Blanchissement des nuages marins (en anglais : *Marine Cloud Brightening*)

MDP : Mécanisme pour un développement propre dans le cadre du Protocole de Kyoto

MOC : Mise en œuvre conjointe entre pays développés dans le cadre du Protocole de Kyoto

OMM : Organisation Météorologique Mondiale

ONU : Organisation des Nations Unies

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

SAI : Injection d'aérosols stratosphériques (en anglais : *Stratospheric Aerosol Injection*)

SRM : Gestion du rayonnement solaire (en anglais : *Solar Radiation Management* ou *Sunlight Reflection Management*).

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	4
SIGLES ET ABRÉVIATIONS	5
SOMMAIRE	7
INTRODUCTION.....	8
PARTIE 1 : LE TRAITEMENT JURIDIQUE DE LA GÉO-INGÉNIERIE PAR DES RÉGIMES SECTORIELS.....	43
Chapitre 1 : Les régimes applicables aux procédés de géo-ingénierie favorisant la perte de chaleur de la Terre.....	44
Section 1 : Instruments relatifs à la géo-ingénierie au service du stockage terrestre de carbone	46
Section 2 : Instruments relatifs à la géo-ingénierie au service du stockage marin de carbone	53
Chapitre 2 : Les régimes applicables aux procédés de géo-ingénierie réduisant les gains de chaleur de la Terre.....	61
Section 1 : Instruments relatifs au placement de structures artificielles dans l'espace extra-atmosphérique	62
Section 2 : Instruments relatifs à la pulvérisation d'aérosols dans l'atmosphère.....	68
PARTIE 2 : LE TRAITEMENT JURIDIQUE DE LA GÉO-INGÉNIERIE A TRAVERS UN RÉGIME TRANSVERSAL.....	78
Chapitre 1 : Un régime transversal en manque de complétude normative.....	79
Section 1 : Le droit substantiel applicable à la géo-ingénierie.....	80
Section 2 : Le droit procédural applicable à la géo-ingénierie.....	86
Chapitre 2 : Un régime transversal devant affirmer son caractère contraignant.....	93
Section 1 : Les principes de soft-law applicables à la géo-ingénierie.....	94
Section 2 : Les perspectives d'évolution de la réglementation de la géo-ingénierie	99
CONCLUSION	106
BIBLIOGRAPHIE	107
TABLE DES MATIÈRES	118
ANNEXES	121

INTRODUCTION

La géo-ingénierie, ou ingénierie climatique¹, peut se définir comme « l'intervention délibérée à grande échelle sur le système climatique afin de contrer le réchauffement de la planète ou d'en atténuer certains effets »². La manipulation du climat, ou du « système Terre », par le biais de technologies complexes n'est pas une idée nouvelle. De tous temps, la maîtrise de notre environnement a été un fantasme de l'humanité³ ; celle de notre système planétaire en est l'expression ultime. En sommes-nous seulement capables ? Depuis quelques années, la géo-ingénierie a pu être présentée comme le remède miracle contre la menace climatique. De l'absorption du dioxyde de carbone dans l'atmosphère à l'envoi de disques réfléchissants en orbite, en passant par la fertilisation des océans ou la modification du Gulf Stream, cette idée a aujourd'hui quitté la rubrique science-fiction⁴. Néanmoins, le développement de ces technologies n'en est qu'à ses prémices et la plupart sont le fruit de l'imagination de savants fous ou d'apprentis sorciers. Ce n'est en outre qu'une réponse parmi d'autres au changement climatique.

I - La géo-ingénierie : Une réponse parmi d'autres au changement climatique

La géo-ingénierie pourrait, en théorie, permettre de manipuler le climat de façon durable de manière à le rendre optimal. Dans le contexte plus précis du changement climatique, elle est envisagée comme une réponse à ce phénomène. Cela suppose une connaissance parfaite de ce phénomène et de ses effets, que nous n'avons pas, ainsi que des autres réponses envisagées pour le contrer.

¹ Le terme plus généralement utilisé en anglais est « *climate engineering* ».

² Clive HAMILTON, *Les apprentis sorciers du climat - Raisons et déraisons de la géo-ingénierie*, Paris, Seuil, 2013, p.11.

³ Jean-Baptiste FRESSOZ, Fabien LOCHER, « Le climat fragile de la modernité. Petite histoire climatique de la réflexivité environnementale », *La Vie des idées*, 20 avril 2010, p. 1.

⁴ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p.195.

A. Le changement climatique et ses effets

Le changement climatique, loin d'être un phénomène nouveau, a été défini par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) comme une « *variation de l'état du climat, qu'on peut déceler [...] par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus*⁵ ». De tous temps, notre système climatique a été soumis à des *variabilités naturelles*⁶ ayant causé des changements au niveau régional ou global. Ces facteurs naturels, tels que les éruptions volcaniques, les variations de l'activité solaire (« *variabilité externe*⁷ ») ou encore la dynamique propre du système climatique (« *variabilité interne*⁸ »), s'ajoutent à la cause anthropique du changement climatique, plus récemment établie et qui s'aggrave⁹. Ainsi, la variation du système climatique peut être due à des facteurs naturels ou humains¹⁰.

Bien que ce phénomène de changement climatique soit qualifié par certains auteurs de problème majeur pour le XXI^e siècle¹¹, les influences humaines sur le climat n'étaient pas totalement méconnues des sociétés modernes. Les climats étaient alors perçus comme des phénomènes variables, sensibles aux altérations humaines¹² et non comme des cadres fixes et constants¹³. C'est, néanmoins, la nature globale de ce changement et ses effets potentiellement catastrophiques qui font l'objet d'une récente conscientisation. En effet, outre la hausse de la température moyenne à la surface de la Terre¹⁴, le changement climatique se traduit également par une perte massive de biodiversité, une recrudescence des catastrophes naturelles, une progression de la désertification ainsi que par une instabilité des phénomènes météorologiques. Le terme « réchauffement climatique », utilisé parfois pour désigner ce phénomène, nous semble à ce titre réducteur. Néanmoins, les techniques de géo-ingénierie qui seront exposées se focalisent sur la variation de la température terrestre : par conséquent, nous

⁵ Rajendra K. PACHAURI, Leo Meyer (dir.), *Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, GIEC, Genève, 2014, p. 133. (161 p.)

⁶ Expression empruntée à la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, voir *infra*.

⁷ Rajendra K. PACHAURI, Leo Meyer (dir.), *op. cit.*, p. 137. Voir « forçage externe ».

⁸ *Ibid.*, p. 143. Voir « système climatique ».

⁹ *Ibid.*, p.42.

¹⁰ Commission d'enrichissement de la langue française, *Vocabulaire de l'environnement*, JORF n°0087 du 12 avril 2009, texte 38, p. 6438.

¹¹ Valentine VAN GAMEREN, Romain WEIKMANS, Edwin ZACCAI, *L'adaptation au changement climatique*, Paris, La Découverte, 2014, p. 3.

¹² Jean-Baptiste FRESSOZ, Fabien LOCHER, *op. cit.*, p. 3.

¹³ *Ibid.*, p. 13.

¹⁴ Valentine VAN GAMEREN, Romain WEIKMANS, Edwin ZACCAI, *L'adaptation au changement climatique*, Paris, La Découverte, 2014, p. 3.

emploierons les termes « changement climatique » et « réchauffement climatique » de façon interchangeable.

Le réchauffement climatique est défini par le GIEC comme une « *augmentation progressive, prévue ou observée, de la température à la surface du globe, qui est l'une des conséquences du forçage radiatif provoqué par les émissions anthropiques*¹⁵ ». Ce forçage radiatif, c'est-à-dire la « *variation de flux énergétique causée par un facteur*¹⁶ », contribue à déséquilibrer le bilan radiatif de la Terre, qui perd alors moins d'énergie qu'elle n'en reçoit de sources extérieures.

1. Étude du bilan radiatif terrestre

L'analyse de la gestion thermique de la Terre peut être systématisée grâce à l'étude de son bilan radiatif. Le bilan radiatif terrestre est en quelque sorte le « thermostat planétaire ». Il s'agit de l'équation entre les sources et les déperditions d'énergie. S'agissant des sources, elles proviennent essentiellement du Soleil. Une partie du rayonnement solaire incident (*incident shortwave radiation*¹⁷) est alors absorbée par la surface de la Terre. L'énergie absorbée est ensuite réémise, entre autres¹⁸, sous forme de rayonnement infrarouge (*outgoing longwave radiation*¹⁹) : ce sont les déperditions d'énergie, qui se traduisent par une augmentation de la température de l'atmosphère. Pour que le bilan radiatif – et par là même, la température – de la Terre soit à l'équilibre, il faut en principe que la quantité d'énergie entrante soit égale à la quantité d'énergie sortante²⁰. Néanmoins, plusieurs facteurs gouvernent et perturbent les « entrées » et les « sorties » d'énergie : ce sont les agents de forçage radiatif, des « *facteurs affectant le climat sur l'équilibre énergétique du système couplé Terre/atmosphère*²¹ ».

Certains agents produisent un forçage radiatif négatif, c'est-à-dire qu'ils bloquent une partie du rayonnement incident. C'est notamment le cas de la couche d'ozone, qui absorbe une grande partie des rayons ultraviolets présents dans le flux radiatif solaire, et d'autres éléments

¹⁵ Rajendra K. PACHAURI, Leo Meyer (dir.), *op. cit.*, p. 141. Voir « réchauffement mondial ».

¹⁶ *Ibid.*, p. 137. Voir « forçage radiatif ».

¹⁷ Jeffrey T. KIEHL, Kevin E. TRENBERTH, « Earth's Annual Global Mean Energy Budget », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 78, n°2, février 1997, p. 198.

¹⁸ Outre le rayonnement infrarouge, la Terre perd également de l'énergie grâce aux phénomènes de convection et d'évaporation. Voir Rebecca LINDSEY, « Climate and Earth's Energy Budget », *NASA Earth Observatory*, 14 janvier 2009, p. 13.

¹⁹ Jeffrey T. KIEHL, Kevin E. TRENBERTH, *op. cit.*

²⁰ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 75.

²¹ S. SOLOMON, D. QIN, M. MANNING *et al.* (éds), *Changements climatiques 2007 - Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, GIEC, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New-York, États-Unis, 2007, p. 107. Voir également schéma 1 en annexe.

de l'atmosphère tels que la vapeur d'eau et les poussières²². Une autre partie de ce rayonnement est réfléchi par les nuages ou la surface de la Terre. La capacité d'une surface à réfléchir la lumière, appelée réflectance, est appelée plus spécifiquement « albédo » dans les sciences du climat ou en astrophysique. Plus l'albédo est élevé, plus la quantité de lumière réfléchi sera grande : la surface absorbera moins de chaleur. Enfin, de manière épisodique, les éruptions volcaniques peuvent relâcher dans l'atmosphère des particules réfléchissant la lumière²³. En définitive, moins de 50% du rayonnement solaire parvenant jusqu'à notre planète est effectivement absorbé par la Terre²⁴.

D'autres agents produisent, au contraire, un forçage radiatif positif, c'est-à-dire qu'ils bloquent une partie du rayonnement infrarouge sortant. C'est le cas en particulier des gaz à effet de serre, qui absorbent ce rayonnement et le réémettent à leur tour, dont une partie vers la surface de la Terre. Sans l'effet de serre naturel, la température moyenne de la Terre serait plus basse d'environ 30 degrés²⁵. C'est, en outre, l'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère dû à la combustion de matériaux fossiles qui est la principale cause d'un déséquilibre. Ce déséquilibre, en termes d'énergie, est de 3 watts par mètre carré – le rayonnement moyen absorbé étant estimé à 238 watts par mètre carré, tandis que le rayonnement sortant est de 235 watts par mètre carré²⁶. Si ce réchauffement climatique est attribué en partie aux gaz à effet de serre d'origine anthropique²⁷, ce n'est cependant pas la seule cause.

En effet, l'énergie reçue par la surface terrestre est inégalement répartie. Au niveau global, cette inégalité s'explique notamment par la nuit, pendant laquelle une partie de la Terre est cachée du Soleil, mais aussi par sa forme sphérique qui concentre davantage d'énergie au niveau équatorial²⁸. De manière plus localisée, cette inégale répartition s'explique également par des différences d'albédo qui créent des disparités dans l'absorption d'énergie. Cela constitue le « moteur » des courants océaniques²⁹, qui permettent de la redistribuer selon des phénomènes extrêmement complexes. Ainsi, certains courants océaniques tels que le *Gulf Stream* ou *El Niño* ont des implications encore mal comprises sur le climat. Le réchauffement climatique est alors attribué en grande partie aux concentrations de gaz à effet de serre.

²² Rebecca LINDSEY, « Climate and Earth's Energy Budget », *NASA Earth Observatory*, 14 janvier 2009, p. 10.

²³ Rebecca LINDSEY, *op. cit.*, p. 18.

²⁴ *Ibid.*, p. 17.

²⁵ *Ibid.*

²⁶ Jeffrey T. KIEHL, Kevin E. TRENBERTH, *op. cit.*, p. 198.

²⁷ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, pp. 36-37.

²⁸ Voir schéma 2 en annexe.

²⁹ Rebecca LINDSEY, *op. cit.*, p. 9.

2. Étude de l'impact anthropique sur le climat

Les craintes d'un impact néfaste de l'Homme sur le climat ne sont pas récentes. En 1821, le ministre français de l'intérieur observait alors un refroidissement de l'atmosphère, potentiellement causé par le déboisement³⁰. De même, en 1800, un médecin soulignait l'importance du climat sur la santé humaine, et la nécessité de le modifier³¹. Toutefois, ces « étiologies climatiques » ont vite été invalidées par la révolution pasteurienne : « les médecins, pour expliquer les maladies, disposent dorénavant de coupables précis et microscopiques et n'ont plus besoin d'invoquer la généralité des choses environnantes³² ».

En ce qui concerne le réchauffement global, ces « coupables précis et microscopiques » sont les gaz à effet de serre. Le mécanisme de l'effet de serre a été expliqué en 1895 par un chimiste suédois, Arrhenius. En 1896, il a considéré que la combustion de charbon augmenterait considérablement les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère : un doublement des concentrations entraînerait, selon lui, un réchauffement global de 5°C³³. En dépit de ce constat catastrophique, ce n'est qu'en 1957 cependant que les premières mesures systématiques de dioxyde de carbone (CO₂) sont faites par l'institut d'océanographie de Californie, à Hawaï et en Alaska³⁴. C'est donc un phénomène connu depuis longtemps, néanmoins les risques posés par le changement climatique n'ont été largement reconnus qu'à la fin des années 1980. Nous savons désormais que le dioxyde de carbone n'est plus le seul responsable de l'effet de serre. S'il représente à lui seul 60% des gaz incriminés, le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (ou oxyde nitreux – N₂O) et d'autres gaz tels que les hydrofluorocarbures participent aussi à l'effet de serre³⁵. Ces derniers, bien que d'une durée de vie moindre que le CO₂³⁶, produisent un effet de serre nettement supérieur³⁷. Généralement, les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont exprimées en équivalent-CO₂ et leur

³⁰ Jean-Baptiste FRESSOZ, Fabien LOCHER, *op. cit.*, p. 2.

³¹ *Ibid.*, p. 4.

³² *Ibid.*, p. 12.

³³ Guy P. BRASSEUR, Claire GRANIER, « Mitigation, adaptation or climate engineering ? », *Theoretical Inquiries in Law*, De Gruyter, vol. 14, janvier 2013, p. 2.

³⁴ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *Droit international de l'environnement*, 4^e éd., Paris, Ellipses, 2018, p. 205.

³⁵ *Ibid.*, p. 206.

³⁶ Ils sont à ce titre appelés par le GIEC « agents de forçage radiatif de courte durée » (expression originelle : « *short-lived climate forcers* »). Voir : Heleen DE CONINCK, Aromar REVI *et al.*, « Strengthening and Implementing the Global Response », in : *An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, GIEC, Genève, 2018, pp. 341-342.

³⁷ Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *Update on Climate Geoengineering in Relation to the Convention on Biological Diversity : Potential Impacts and Regulatory Framework*, Technical Series No.84, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, 2016, p. 68.

concentration en partie par million (ppm) pour le dioxyde de carbone, voire en partie par milliard (ppb) pour certains autres GES³⁸.

A la suite de la première conférence sur le climat en 1979, un consensus s'est formé pour la création d'un réseau international d'experts pour étudier le phénomène du changement climatique. C'est ainsi que fut créé le GIEC en 1988 sous l'égide de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE).

« Le GIEC a pour mandat "d'évaluer, sans parti pris et de manière méthodique, claire et objective, les informations scientifiques, techniques et socioéconomiques disponibles en rapport avec la question du changement climatique"³⁹ ».

Mobilisant plus de 3000 experts⁴⁰, cette institution a réalisé depuis 1990 plus de 30 rapports, dont les plus célèbres sont les rapports d'évaluation. Ces rapports ont eu une incidence particulière sur notre compréhension du changement climatique et favorisé une prise de conscience, notamment des décideurs politiques grâce à son « résumé à l'intention des décideurs ». Dans le dernier rapport d'évaluation (AR5) de 2014, il a été établi que les concentrations de GES ont quasiment doublé et le réchauffement global a été quantifié en moyenne à +0,85°C entre 1880 et 2012⁴¹. Sont également établies les conséquences prévisibles d'un réchauffement climatique en fonction de divers scénarios, allant du plus optimiste (moins de 1,5°C de réchauffement à la fin du siècle par rapport à la période préindustrielle) aux plus pessimistes (plus de 2°C de réchauffement)⁴². Sont également indiquées les mesures à prendre pour éviter la réalisation des scénarios les plus pessimistes⁴³.

Nul doute que les travaux du GIEC ont eu une influence sur la manière dont la problématique du changement climatique a été appréhendée par le droit. Les politiques nécessaires pour en réduire les risques ont été immédiatement reconnues comme une question de droit international⁴⁴. Les aspects juridiques sont traités notamment par la Convention-cadre des

³⁸ Voir schéma 3 en annexe.

³⁹ Valentine VAN GAMEREN, Romain WEIKMANS, Edwin ZACCAI, *L'adaptation au changement climatique*, Paris, La Découverte, 2014, p. 42.

⁴⁰ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, p. 206.

⁴¹ Rajendra K. PACHAURI, Leo Meyer (dir.), *op. cit.*, p. 2.

⁴² Heleen DE CONINCK, Aromar REVI *et al.*, *op. cit.*, p. 10.

⁴³ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, p. 208.

⁴⁴ Jesse L. REYNOLDS, « International Law and Climate Engineering », in : Michael B. GERRARD, Tracy HASTER (éd.), *Climate Engineering and the Law : Regulation and Liability for Solar Radiation Management and Carbon Dioxide Removal*, Cambridge University Press, mars 2018, contribution disponible sur : <https://works.bepress.com/jessreyn/17/>.

Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), qui s'est dotée de sa propre définition des changements climatiques :

« On entend par "changements climatiques" des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables⁴⁵ ».

Cette Convention a été adoptée lors du troisième Sommet de la Terre qui s'est déroulé à Rio de Janeiro en 1992, avec pour objectif de « stabiliser [...] les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique⁴⁶ ». Cette approche, qui constituait à l'époque un engagement politique fort à l'échelle internationale⁴⁷, correspond à la stratégie d'atténuation. Des mesures pour accroître la résilience des sociétés aux changements climatiques ont été imaginées par la suite. Enfin, dernièrement, des projets de manipulation du climat à l'échelle globale ont vu le jour. Ces trois approches (atténuation ; adaptation ; géo-ingénierie) s'organisent dans un but précis, celle de la lutte contre le changement climatique.

B. La lutte contre le changement climatique

La réponse la plus évidente pour enrayer le changement climatique est la réduction de nos sources émissions. Il est possible de se concentrer sur les effets du changement climatique en en réduisant les conséquences dommageables. Enfin, la géo-ingénierie transcende ces catégories et les réunit dans un projet de modification du climat à grande échelle.

1. L'atténuation du changement climatique

« Au rythme actuel, le seuil des 2°C sera franchi dès 2030. Pour en rester à une augmentation de 2°C d'ici la fin du siècle il faudrait une réduction des émissions de GES entre 40% et 70% d'ici 2050 et les ramener à un niveau proche de zéro d'ici 2100⁴⁸ ».

⁴⁵ Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, New York, 9 mai 1992, article 1, alinéa 2.

⁴⁶ *Ibid.*, article 2.

⁴⁷ Valentine VAN GAMEREN, Romain WEIKMANS, Edwin ZACCAI, *L'adaptation au changement climatique*, Paris, La Découverte, 2014, p. 40.

⁴⁸ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, p. 208.

Les actions à entreprendre pour limiter le réchauffement sous la barre des 2°C sont évidemment coûteuses, mais le rapport de 2006 de Nicholas Stern souligne à plusieurs reprises que « *the benefits of strong action clearly outweigh the costs*⁴⁹ ».

Selon l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;

« *On dit qu'une activité contribue à l'atténuation du changement climatique si elle contribue à la stabilisation des concentrations de Gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. D'après l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), il s'agit d'activités permettant de réduire ou limiter les émissions de gaz à effet de serre [ou] la protection et l'amélioration des puits et réservoirs des GES (ex. forêts et sols)*⁵⁰ ».

L'atténuation (en anglais : *mitigation*) naît alors du constat que l'effet de serre est naturellement présent dans la nature – autrement, la Terre serait couverte de glace⁵¹ – mais qu'une réduction des GES émis par l'activité humaine est nécessaire pour enrayer le réchauffement climatique. Cette réduction peut se faire « à la source » ou « dans le milieu ».

D'une part, les actions à la source peuvent se traduire notamment par des mesures d'efficacité énergétique, de transition vers les énergies renouvelables ou de captage du carbone issu de la combustion de matériaux fossiles⁵². Ces actions sont destinées à limiter toute perturbation du cycle du carbone⁵³ et toute autre émission entraînant un excédent de GES dans l'atmosphère. D'autre part, les actions sur le milieu prennent acte des concentrations (déjà) excessives de GES dans l'atmosphère. Elles font appel à la protection et à l'amélioration des puits et réservoirs pour en réduire les concentrations et ainsi stabiliser l'augmentation de la température sous un certain seuil. En somme, l'objectif ultime de l'atténuation est de parvenir à la « neutralité carbone », en d'autres termes, de « *stabiliser, conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à*

⁴⁹ Nicholas STERN, *Stern Review : The Economics of Climate Change*, 30 octobre 2006, p. 285.

⁵⁰ Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, « L'atténuation et l'adaptation », 2018, disponible sur: <https://www.ademe.fr/expertises/changement-climatique-energie/quoi-parle-t/lattenuation-ladaptation>, (consulté le 10 mai 2019).

⁵¹ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op.cit.*, p. 205.

⁵² Lorsque les techniques de captage et stockage du carbone sont appliquées aux émissions issues de la combustion de matériaux fossiles, celles-ci se rattachent à l'atténuation. Voir *infra*.

⁵³ Voir *infra*.

*un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique*⁵⁴ ». Nous pouvons identifier deux temps, voire trois, des stratégies d'atténuation.

Le premier temps ne s'est intéressé à l'effet de serre qu'indirectement, en s'intéressant davantage à la protection de la couche d'ozone. La couche d'ozone est présente dans la stratosphère, la couche de l'atmosphère directement au dessus de celle dans laquelle nous vivons (la troposphère)⁵⁵. Elle s'étend entre 18 et 50 kilomètres d'altitude. A cette altitude, l'ozone (O₃), qui est toxique, ne nuit pas aux êtres vivants : au contraire, elle les protège des rayons ultraviolets les plus nocifs. Sa réactivité photochimique, qui lui permet de réagir avec les ultraviolets et de les absorber, est aussi une cause de son instabilité. En effet, le jour, une partie des molécules d'ozone se brisent pour former du dioxygène (O₂). La nuit, les molécules de dioxygène se réorganisent pour former de l'ozone à nouveau. C'est donc un élément très vulnérable qu'il convient de préserver⁵⁶. Dès 1988, avec l'entrée en vigueur de la Convention de Vienne de 1985 pour la protection de la couche d'ozone, était mise en place une coopération scientifique, technique, socio-économique, commerciale et juridique entre les États⁵⁷. Très vite, les Parties à cette Convention ont adopté un Protocole – le Protocole de Montréal – dans lequel elles s'engageaient à réduire leur production de huit substances appauvrissant la couche d'ozone⁵⁸. Même si le « trou » dans la couche d'ozone contribue au réchauffement climatique ; c'est davantage l'effet de serre causé par ces substances qui appauvrissent la couche d'ozone – dont les chlorofluorocarbones (CFC) – qui est significatif dans le cadre des stratégies d'atténuation. Cette première série de réglementations, à laquelle s'est ajouté l'amendement de Londres de 1990 réglementant dix-sept autres substances⁵⁹, a donc eu une importance certaine au sein des stratégies d'atténuation.

Le deuxième temps, amorcé à Rio par la CCNUCC, s'intéresse quant à lui directement à l'effet de serre de nature anthropique. Pour la première fois, des engagements ont été pris par les États pour réduire leurs émissions de GES (les « gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal⁶⁰ » à savoir le dioxyde de carbone, mais aussi le méthane et l'oxyde

⁵⁴ *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, op. cit.*, article 2.

⁵⁵ Voir schéma 4 en annexe.

⁵⁶ L'ozone stratosphérique se distingue de l'ozone troposphérique, qui se forme dans la troposphère à cause de l'action du soleil sur certains polluants et provoque un brouillard épais dans les grandes villes appelé smog photochimique.

⁵⁷ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op.cit.*, p. 203.

⁵⁸ *Ibid.*

⁵⁹ *Ibid.*, p. 204. Remarque : D'autres amendements ont encore suivi, raccourcissant les délais accordés initialement pour l'élimination progressive des substances réglementées.

⁶⁰ *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, op. cit.*, article 4.1. a).

nitreux notamment). Contrairement aux substances appauvrissant la couche d'ozone⁶¹, les émissions de GES touchent l'ensemble des secteurs économiques. Une approche globale est plus ardue, ce qui explique que les engagements des États au titre de cette Convention aient été moins ambitieux. Ceux-ci figurent à l'article 4 de ladite Convention. Nous pouvons au moins reconnaître une qualité « inclusive » voire « universaliste » à cette Convention. En effet, dans le contexte particulier du droit au développement des États, il y a eu, en plus des engagements communs⁶², des engagements spécifiques pour les pays industrialisés. Ceux-ci devaient ramener, dès la fin du siècle dernier, leurs émissions de GES au niveau de 1990 en fournissant des ressources financières aux pays en développement. En outre, la CCNUCC prévoyait des réunions périodiques, appelées COP (*Conferences of the Parties*). Les premières COP, à partir de 1994, constataient le manque d'ambition de la Conférence de Rio au regard des nouvelles données du GIEC⁶³.

Dès 1997, lors de la troisième COP, le Protocole de Kyoto a vu le jour. Il est entré en vigueur en 2005. C'est un instrument complexe mettant en place des engagements chiffrés de réduction des émissions⁶⁴, sur la base du principe des responsabilités communes mais différenciées⁶⁵. Pour tenir compte de la situation particulière des pays en développement, les objectifs de réduction ne s'appliquaient alors qu'aux pays industrialisés⁶⁶. A l'appui de ces engagements, un système d'échange de droits d'émission a été mis en place, de façon à « internaliser » le coût de la pollution et inciter les entreprises à réduire leurs émissions. A cela, s'ajoutent deux mécanismes de flexibilité ; la « mise en œuvre conjointe entre pays développés » (MOC) et le « mécanisme pour un développement propre » (MDP), permettant aux pays industrialisés de financer des projets dans d'autres États afin d'obtenir des droits d'émission supplémentaires. Plus de 3000 projets ont été financés dans le cadre du MDP, ce qui a considérablement augmenté la quantité de quotas en circulation, diminuant par là même

⁶¹ Les CFC par exemple étaient notamment utilisés par l'industrie du froid ; les protocoles évoqués précédemment leur ont donc laissé un certain délai pour la « reconversion ».

⁶² Ces engagements visent essentiellement une coopération dans les domaines technique et scientifique par la mise en place d'inventaires nationaux de GES et des échanges de données entre les États. Voir Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op.cit.*, p. 211.

⁶³ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op.cit.*, p. 212.

⁶⁴ Le Protocole prend également en considération le rôle des puits de carbone, ce qui permet en définitive une compensation des émissions par l'amélioration des puits de carbone, prise en compte au titre des engagements chiffrés. Voir Jochen SOHNLE, « Les éléments territoriaux naturels mobiles subissant les conséquences du changement climatique : esquisse d'un régime de droit international en devenir », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 18, n°1, mai 2018, p. 9.

⁶⁵ *Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, Kyoto, 11 décembre 1997, article 3.

⁶⁶ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op.cit.*, p. 213.

sa valeur, si bien que « *les industriels [n'avaient] aucun intérêt à faire des efforts*⁶⁷ ». En ce qui concerne le MOC, la possibilité d'échanger des droits d'émission dans le respect d'un engagement collectif a été vivement critiqué. Ainsi, selon Monique Chemillier-Gendreau : « *Si certains États n'émettent pas les quantités ainsi attribuées ou les réduisent plus rapidement que prévu c'est une chance pour l'équilibre climatique, non un surplus que les plus rapaces peuvent consommer*⁶⁸ ». Nous pouvons donc dire que si les objectifs du Protocole ont été globalement respectés, il n'en est pas moins décevant. En effet, en plus du système d'échange qui s'est montré d'une efficacité relative, certaines puissances telles que les États-Unis, la Chine, la Russie, le Japon ou encore le Canada n'étaient pas concernés par ces objectifs en l'absence de ratification du Protocole de leur part.

Durant la période d'engagement au titre du protocole de Kyoto, les COP et le GIEC ont poursuivi leurs activités. Tandis que le rapport du GIEC de 2007 prévoyait une multiplication par deux des émissions de GES d'ici 2050 dans le meilleur des cas, les États peinaient toujours à se mettre d'accord sur un avenir pour l'après Protocole de Kyoto. Les efforts se sont davantage concentrés sur l'adaptation au changement climatique, une démarche qui a pris de plus en plus d'importance et qui s'est d'abord traduite par l'affectation de ressources financières au Fonds d'adaptation, destiné aux pays pauvres, créé lors de la COP 5 à Bonn, en 2001⁶⁹. C'est le troisième temps de l'atténuation, celui où elle n'est plus considérée sans son binôme « adaptation ». Selon Olivier Godard, l'importance croissante de l'adaptation dans les débats s'explique à la fois par des rapports toujours plus alarmants du GIEC et par l'échec de la Conférence de Copenhague en 2009, qui n'a abouti qu'à un accord politique, une déclaration d'intentions⁷⁰. Un terreau favorable aux stratégies d'adaptation qui n'a fait que se renforcer, à mesure que « *la conviction d'être confronté à une inéluctable altération climatique et la logique du déni du risque convergent ici pour rendre insignifiante, voire inconvenante et immorale, toute idée de politique de prévention du risque climatique*⁷¹ ».

Ainsi, même si les COP suivantes se sont montrées plus conscientes du problème, notamment la COP 16 de Cancun en 2010 qui a reconnu, conformément aux rapports du GIEC, qu'il convenait « *de ne pas dépasser 2°C d'augmentation de la température moyenne de la*

⁶⁷ *Ibid.*, p. 223.

⁶⁸ Propos de Monique Chemillier-Gendreau, cités dans : Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op.cit.*, p. 222.

⁶⁹ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op.cit.*, p. 215.

⁷⁰ *Ibid.*, p. 216. Voir également : Olivier GODARD, « Cette ambiguë adaptation au changement climatique », *Natures Sciences Sociétés*, 2010/3 (vol. 18), p. 290.

⁷¹ Olivier GODARD, *op.cit.*

*Terre*⁷² » ; l'accord prévoyant la deuxième période d'engagement au titre du Protocole de Kyoto votée à Durban en 2012 n'est jamais entré en vigueur, faute de ratifications. Sous couvert d'impuissance de l'atténuation face à la nouvelle donne du réchauffement climatique, la montée en visibilité de la thématique d'adaptation « *habille et disculpe le manque de volonté politique internationale dans la maîtrise des émissions de GES*⁷³ ».

2. L'adaptation au changement climatique

Avant toute chose, il convient de signaler que l'adaptation au changement climatique ne permettra pas de résoudre le problème, mais simplement de s'en protéger. « *Selon une formule courante, l'atténuation vise à éviter l'ingérable, et l'adaptation vise à gérer l'inévitable*⁷⁴ ». Ainsi, selon l'ADEME ;

*« Une action contribue à l'adaptation au changement climatique dès lors qu'elle permet de limiter les impacts négatifs du changement climatique et d'en maximiser les effets bénéfiques »*⁷⁵.

Concrètement, les actions d'adaptation peuvent prendre des formes diverses, telles que le blanchissement des toits, la construction de digues ou l'amélioration de la résistance des bâtiments aux catastrophes naturelles⁷⁶. Ces mesures, pour les États, constituent un coût important : cela pose la question de la capacité des pays en développement et des pays les moins avancés de réaliser cette adaptation. Cette question est d'autant plus critique que ces pays subiront davantage les conséquences du changement climatique. Comme le résume Clive Hamilton ;

*« Pour les habitants des pays pauvres, l'adaptation signifie bien sûr tout autre chose. Les effets du réchauffement climatique seront plus cruels et les capacités d'adaptation bien plus limitées »*⁷⁷.

A supposer même que ces mesures soient efficaces^{78,79}, la mise en avant des stratégies d'adaptation constitue en effet un nouvel artifice des États les plus développés pour ne pas se

⁷² Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op.cit.*, p. 217.

⁷³ Olivier GODARD, *op.cit.*, p. 291.

⁷⁴ Valentine VAN GAMEREN, Romain WEIKMANS, Edwin ZACCAI, *L'adaptation au changement climatique*, Paris, La Découverte, 2014, p. 9.

⁷⁵ Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, *op. cit.*

⁷⁶ Clive HAMILTON, *Requiem pour l'espèce humaine*, Presses de Sciences Po, 2013, p. 43.

⁷⁷ *Ibid.*, p. 44.

confronter au changement climatique, en s'attaquant aux conséquences plutôt qu'aux causes et ainsi éviter de questionner leur mode de vie. Tandis que les coûts de l'adaptation reposent essentiellement sur les pays en développement, ceux de l'atténuation reposent grandement sur les pays développés. L'association entre ces deux principes contribue alors à un équilibre entre les intérêts des États en présence, « à savoir de ceux qui portent atteinte [au climat] à travers leurs émissions de gaz à effet de serre et de ceux qui en sont les victimes⁸⁰ ». Néanmoins, un déséquilibre profond demeure : si les conséquences du changement climatique se font déjà sentir et n'attendent pas les mesures d'adaptation, l'objectif d'équilibre entre les émissions d'origine anthropique et les absorptions par les puits de carbone est fixé *pour la deuxième partie du siècle*⁸¹. Si l'idée d'une combinaison des deux principes peut être pertinente voire nécessaire, étant donné que « les mesures d'atténuation [...] auront des effets à long terme sur le XXI^e siècle [et que] les mesures d'adaptation [...] auront des effets sur le court terme⁸² » ; il reste que l'Accord de Paris avalise pour une large part le réchauffement climatique⁸³.

Une telle démarche, visant davantage les conséquences que les causes du changement climatique, minimise voire occulte le rôle de l'activité humaine dans ce phénomène. C'est donc une solution qui convient parfaitement aux climatosceptiques et qui fait courir aux politiques d'atténuation le risque de ne plus être la priorité. Ce « risque moral » est également présent en ce qui concerne la géo-ingénierie. C'est aussi un risque écologique, car les mesures d'adaptation seront déterminées selon un référentiel anthropocentrique : un grand nombre d'espèces, dont nous dépendons pourtant, est menacé d'extinction à l'heure qu'il est et, alors que les représentants du G7 ont récemment échoué à consacrer un impératif de protection dans un instrument contraignant⁸⁴, les politiques d'adaptation pourraient ne pas tenir compte des conditions de vie des autres espèces que l'Homme.

⁷⁸ La fonte du permafrost, la diminution de l'albédo des pôles et la baisse de la capacité d'absorption des océans constituent autant de variables susceptibles d'amplifier grandement et brusquement les conséquences du changement climatique.

⁷⁹ « L'existence de points de bascule vient détruire l'idée réconfortante selon laquelle l'accumulation lente de gaz à effet de serre entraîne une modification progressive de la température à laquelle nous pourrions remédier lorsque la situation sera jugée suffisamment grave », voir Clive HAMILTON, *Les apprentis sorciers du climat - Raisons et déraisons de la géo-ingénierie*, Paris, Seuil, 2013, p. 25.

⁸⁰ Jochen SOHNLE, *op. cit.*, p. 8.

⁸¹ *Accord de Paris*, 12 décembre 2015, article 4. Voir également : Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, p. 232.

⁸² Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, p. 208.

⁸³ *Ibid.*, p. 232. Voir également : Jochen SOHNLE, *op. cit.*, p. 9.

⁸⁴ *Charte de Metz sur la biodiversité*, 6 mai 2019.

Face à ce déni généralisé, certains auteurs estiment que « *notre confiance dans notre capacité à nous adapter facilement au changement climatique est tout aussi infondée que notre confiance dans notre capacité à stabiliser le changement climatique*⁸⁵ ». Tantôt remède miracle⁸⁶, tantôt scénario du désespoir⁸⁷, la géo-ingénierie nous est alors présentée par certains comme la seule solution face à l'urgence climatique.

3. La géo-ingénierie du climat

Il semble difficile de réaliser une comparaison entre la géo-ingénierie et les deux méthodes préalablement présentées sans s'attarder quelque peu sur la nature de la géo-ingénierie. Elle peut être appréhendée de deux manières. C'est premièrement une unité conceptuelle présentant des caractéristiques propres à savoir, comme nous l'avons défini plus haut, une nature intentionnelle ou délibérée ; une nature globale ou de grande échelle ; un objectif de contrer le réchauffement de la planète. Deuxièmement, cette unité conceptuelle est un terme générique, un « *umbrella term*⁸⁸ » qui renferme une diversité de techniques, de méthodes qui diffèrent dans leur manière de parvenir à cet objectif.

3.1. La géo-ingénierie en tant qu'unité conceptuelle

C'est une unité conceptuelle en ce qu'elle se définit comme « *l'intervention délibérée à grande échelle sur le système climatique afin de contrer le réchauffement de la planète ou d'en atténuer certains effets* »⁸⁹. Selon le Secrétariat de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) – qui est d'ailleurs une organisation internationale à l'avant-garde en matière de géo-ingénierie – « *The inclusion of "counteract" in this definition is intended to emphasize that geoengineering is able to reverse, not just slow, climate change. Climate geoengineering is therefore remedial, rather than preventative*⁹⁰ ». La géo-ingénierie se distingue donc, en ce qu'elle est davantage corrective que préventive, de l'atténuation. C'est cela même qui explique la place croissante que prend la géo-ingénierie dans les débats tant scientifiques que politiques. Selon le géopolitologue Bastien Alex ;

⁸⁵ Clive HAMILTON, *Requiem pour l'espèce humaine*, Presses de Sciences Po, 2013, p. 43.

⁸⁶ Clive HAMILTON, *Les apprentis sorciers du climat - Raisons et déraison de la géo-ingénierie*, Paris, Seuil, 2013, p. 177.

⁸⁷ Dominique BOURG, Gérald HESS, « La géo-ingénierie : réduction, adaptation et scénario du désespoir », *Natures Sciences Sociétés*, 2010/3 (vol. 18).

⁸⁸ Stefan SCHÄFER, Sean LOW, « Asilomar Moments : Formative Framings in Recombinant DNA and Solar Climate Engineering Research », *Philosophical Transactions : Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 372 n° 2031, 2014, p. 7

⁸⁹ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p.11.

⁹⁰ Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 21.

« Face aux attermolements de l'organisation de l'atténuation au niveau international, la géo-ingénierie fait partie des politiques d'adaptation de plus en plus mises en avant. Mais il faut à tout prix éviter que ce qui pourrait devenir un intéressant complément à la lutte contre les impacts du dérèglement climatique devienne la principale alternative aux réductions d'émissions⁹¹ ».

Ainsi, selon cet auteur, la géo-ingénierie dans son ensemble constitue une stratégie d'adaptation qui ne consisterait plus à s'adapter au climat, mais à adapter *le* climat. Au même titre que l'adaptation, la géo-ingénierie apparaît comme un moyen complémentaire de l'atténuation, permettant de se donner un délai supplémentaire pour parvenir à une réduction effective de nos émissions de GES. A l'inverse, pour d'autres auteurs, la géo-ingénierie s'apparente à l'atténuation en ce qu'elle vise à influencer sur la qualité d'un bien collectif planétaire⁹², tandis que l'adaptation « *relève principalement de la protection ou de la production de biens privés [...] c'est-à-dire que [les bénéfices des actions d'adaptation] bénéficient à ceux qui les engagent et à eux seulement*⁹³ ».

C'est ainsi que certains industriels investissent massivement dans la géo-ingénierie, déposent des brevets pour ces technologies destinées à « sauver le monde » grâce à la technique, mais aussi et surtout à se faire un maximum d'argent⁹⁴. D'autres sont déjà passés à l'action à travers des expériences controversées de fertilisation des océans. Ainsi, l'industriel américain Russ George avait fondé l'entreprise Planktos en 2007 pour générer des crédits carbone dans le cadre du Protocole de Kyoto en déversant du fer à proximité des îles Canaries et Galápagos⁹⁵. Il a ensuite renouvelé l'opération en 2012 au large de la côte Ouest du Canada en dépit du moratoire formulé par les Parties à la Convention sur la Diversité Biologique en 2008⁹⁶. Plus tôt, en 2009, une entreprise indo-allemande poursuivant le même objectif, LohaFex, avait été approuvée par le ministère allemand de la recherche en dépit de ce même moratoire qualifié

⁹¹ Bastien ALEX, « Géo-ingénierie marine. Des risques climatiques aux risques géopolitiques », *Revue internationale et stratégique*, 2014/3 n° 95, Armand Colin, p. 136.

⁹² Jesse L. REYNOLDS, « International Law and Climate Engineering », in : Michael B. GERRARD, Tracy HASTER (éd.), *Climate Engineering and the Law : Regulation and Liability for Solar Radiation Management and Carbon Dioxide Removal*, Cambridge University Press, mars 2018, contribution disponible sur : <https://works.bepress.com/jessreyn/17/>, pp. 2-3. Voir aussi : Olivier GODARD, *op. cit.*, p. 292.

⁹³ Olivier GODARD, *op. cit.*, p. 292.

⁹⁴ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, pp. 107-111.

⁹⁵ Sur les procédés de fertilisation des océans, voir *infra*.

⁹⁶ Martin LUKACS, « World's biggest geoengineering experiment 'violates' UN rules », *The Guardian*, 15 octobre 2012. Disponible sur : <https://www.theguardian.com/environment/2012/oct/15/pacific-iron-fertilisation-geoengineering>

alors de *soft-law*⁹⁷. Toutefois, il ne faut pas oublier que « *le climat étant un ensemble de processus très hétérogènes en interaction, la transformation climatique est toujours incertaine*⁹⁸ ». Notre compréhension de certains phénomènes est si imparfaite qu'en la matière la précaution est de rigueur. De la recherche demeure nécessaire en la matière, et celle-ci sera certainement entreprise au niveau national. D'où la nécessité d'encadrer ces recherches, de prévoir un échange d'informations et de les cantonner dans l'espace afin que les éventuels dommages résultant de ces programmes soient restreints.

Enfin, en dépit des risques associés à la géo-ingénierie, certains ont tiré de l'obligation de précaution figurant à l'article 3 de la CCNUCC une autorisation à recourir à la géo-ingénierie⁹⁹. Selon cette disposition ;

*« Il incombe aux Parties de prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes des changements climatiques et en limiter les effets néfastes. Quand il y a risque de perturbations graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de telles mesures, étant entendu que les politiques et mesures qu'appellent les changements climatiques requièrent un bon rapport coût-efficacité, de manière à garantir des avantages globaux au coût le plus bas possible*¹⁰⁰ ».

Cette formulation ambiguë a ainsi pu servir de prétexte à certaines expérimentations, même s'il n'est pas certain qu'elle s'applique à la géo-ingénierie dans son ensemble. En revanche, elle pourrait s'appliquer à certaines méthodes de géo-ingénierie, si tant est qu'elles présentent un bon rapport coût-efficacité.

3.2. La diversité de la géo-ingénierie

Cette diversité ressort particulièrement d'une autre définition de la géo-ingénierie, selon laquelle celle-ci s'entend de « *l'ensemble des techniques et pratiques mises en œuvre ou projetées dans une visée corrective à grande échelle d'effets de la pression anthropique de l'environnement*¹⁰¹ ». La littérature a déjà apporté une classification de ces techniques en

⁹⁷ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 206.

⁹⁸ Jean-Baptiste FRESSOZ, Fabien LOCHER, *op. cit.*, pp. 4-5.

⁹⁹ Voir *infra*, « L'applicabilité du régime international du climat ».

¹⁰⁰ *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, *op. cit.*, article 3.3.

¹⁰¹ Sophie GAMBARELLA, « Le droit international de l'environnement face aux océans : d'un droit de la nature vers un droit d'apprentis sorciers ? » in : *A quoi sert le droit de l'environnement ?*, Bruxelles, Bruylant, 2018, pp. 188-189.

distinguant la plupart du temps deux types d'interventions¹⁰². Le premier, qui s'attache à la cause du réchauffement climatique – les GES – vise à réduire la concentration de GES présents dans l'atmosphère. Ce premier ensemble de techniques est appelé *Carbon Dioxide Removal* (CDR), en français « élimination du dioxyde de carbone », bien que cette dénomination ne vise qu'un type de GES.

Le second, qui s'attache quant à lui à une des conséquences du réchauffement climatique – la chaleur – vise à diminuer artificiellement le bilan radiatif de la Terre en influant sur d'autres variables que les GES. Ce deuxième ensemble est appelé *Solar Radiation Management* (SRM), en français « gestion du rayonnement solaire ». Il convient de donner un aperçu de ces techniques qui sont très variées.

3.2.1. Les techniques d'élimination du dioxyde de carbone

Dans la nature, le carbone est un élément très courant qui est présent sous diverses formes (organique, inorganique, minéral). Il circule en permanence dans les différents grands réservoirs que sont la biosphère (les êtres vivants), la lithosphère (les sols), l'hydrosphère (les eaux douces et salées) et l'atmosphère (l'air). A cette liste, on peut également ajouter la cryosphère, que constituent les glaces piégeant parfois le carbone¹⁰³. Des flux de carbone parcourent ainsi en permanence la Terre, en particulier la biosphère¹⁰⁴ : c'est ce que l'on appelle le cycle du carbone. Typiquement, lorsqu'un arbre croît et se développe, il absorbe du carbone contenu sous forme de CO₂ dans l'atmosphère, l'assimile et en stocke une partie dans le sol grâce à ses racines¹⁰⁵. Lorsqu'il meurt et se décompose, une partie du carbone stocké dans son bois et ses feuilles s'oxyde à nouveau pour être relâché dans l'atmosphère¹⁰⁶, tandis qu'une autre partie de la biomasse se transforme en humus pour être utilisé par d'autres êtres vivants, ou s'enfonce dans la terre pour se fossiliser (d'où le vocable « matériaux fossiles » qui sont composés de biomasse transformée sous l'effet de la chaleur et de la pression).

¹⁰² Exemples : Gerd WINTER, « Climate Engineering and International Law : Final Exit or the End of Humanity ? », in : Oliver C. RUPPEL, Christian ROSCHMANN, Katharina RUPPEL-SCHLICHTING, *Climate Change : International Law and Global Governance*, volume I, Nomos, 2013, p. 980.
Voir aussi : Royal Society, *Geoengineering the Climate : Science, Governance and Uncertainty*, London, 2009, p. 1. Voir aussi : Edward A. PARSON, « Climate Engineering : Challenges to International Law and Potential Responses », *Proceedings of the Annual Meeting*, American Society of International Law, vol. 106, 2012, pp. 265-266.

¹⁰³ Outre le carbone, le pergélisol (permafrost) qui fait partie de la cryosphère contient également de grandes quantités de méthane.

¹⁰⁴ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 37.

¹⁰⁵ Geoffrey J. AGUIRRE, « Why Cutting Down Trees Is Part of the Problem, but Planting Trees Isn't Always Part of the Solution: How Conceptualizing Forests As Sinks Can Work Against Kyoto », *Oregon Review of International Law*, vol. 11, 2009, p. 207.

¹⁰⁶ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 65.

De la même manière, il existe des échanges gazeux permanents entre l'atmosphère et l'hydrosphère, le CO₂ étant soluble dans l'eau où il est utilisé par la biosphère aquatique. Enfin, les volcans entrant en éruption relâchent de grandes quantités de dioxyde de carbone, piégées depuis longtemps, dans l'atmosphère.

Cette brève explication ne se réclame pas d'une rigueur scientifique et d'une exhaustivité sans faille. Elle vise à montrer que tout s'équilibre naturellement suivant des processus complexes, de manière à ce que la concentration de carbone dans chaque réservoir ne cause pas d'effets néfastes. En effet, une trop grande concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère cause, comme nous le savons, l'effet de serre. De la même façon un trop-plein de carbone dans l'hydrosphère cause une acidification et en ce qui concerne la biosphère, le carbone n'est qu'un nutriment parmi d'autres pour la croissance des végétaux. Un surplus de carbone peut donc entraîner un déséquilibre dans d'autres grands cycles tels que ceux du phosphore ou de l'azote¹⁰⁷ ou épuiser les oligo-éléments – encore appelés « micronutriments » tels que le zinc ou le fer. Ainsi le carbone, même s'il est utile, peut avoir des effets néfastes si son cycle est perturbé : « *Tout est poison et rien n'est sans poison ; la dose seule fait que quelque chose n'est pas un poison*¹⁰⁸ ».

Les propositions de géo-ingénierie dont il s'agit se proposent donc « d'éliminer » une partie de ce carbone : en réalité, puisque « *rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme*¹⁰⁹ », il s'agit simplement de le stocker dans des réservoirs où il ne causera pas d'effets néfastes et où il pourra rester longtemps. La problématique de la géo-ingénierie étant essentiellement le réchauffement climatique, la notion « d'effets néfastes » est particulièrement restreinte : ainsi, peu importe où se trouve le carbone ; s'il est extrait de l'atmosphère, la solution sera considérée comme « satisfaisante ». Nous allons maintenant présenter un éventail de ces méthodes de CDR, sans prétendre à l'exhaustivité.

Premièrement, le boisement (en anglais : *afforestation*) et d'autres procédés d'aménagement du territoire tel que le biochar visent à capturer le carbone par l'intermédiaire de la biomasse végétale. Comme nous l'avons vu, les arbres stockent le carbone dans le sol grâce à leurs racines, ce qui fait des forêts un puits de carbone naturel. Toutefois, comme tout système naturel, il tend à s'équilibrer au fil du temps ; les forêts cessent d'absorber le CO₂ lorsqu'elles

¹⁰⁷ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, pp. 52-53.

¹⁰⁸ PARACELSE, *Sieben defensiones*, 1537.

¹⁰⁹ Antoine LAVOISIER, *Traité élémentaire de chimie*, 1789.

arrivent à maturité¹¹⁰. Les techniques de CDR impliquant la foresterie supposent donc une gestion active de la couverture forestière afin que celle-ci ait un « rendement » optimal ; ce qui n'est pas sans danger pour l'environnement.

Dans son article, Gerd Winter distingue bien les activités de foresterie entreprises dans une optique d'atténuation de celles entreprises selon une démarche de géo-ingénierie :

« *Afforestation is a method of carbon dioxide (CO₂) storage. If used in cyclical processes as an alternative to burning fossil fuels it is a mitigation strategy; if aimed at large-scale removal of already existing loads of CO₂ in the atmosphere it should be considered as climate engineering*¹¹¹ ».

De la même manière, les projets impliquant le biochar – un charbon obtenu par pyrolyse de la biomasse végétale¹¹² – ont pour objectif de stocker le carbone contenu dans cette biomasse dans les sols, leur permettant par la même occasion de puiser davantage de carbone de l'atmosphère. Appliqué sur certains sols, en particulier agricoles, le biochar pourrait aussi en augmenter la fertilité en leur permettant de stocker davantage l'humidité¹¹³. A cette liste, nous pouvons ajouter les procédés de production de bio-énergie avec captage et stockage du carbone – en anglais : *Bio-energy with Carbon Capture and Storage* (BECCS) – dans lesquels des cultures sont utilisées pour produire une énergie renouvelable¹¹⁴ et le carbone relâché par cette biomasse est capté en vue d'être séquestré.

Deuxièmement, le stockage dans des réservoirs naturels – *Carbon Capture and Storage* (CCS) – vise à retirer artificiellement le carbone de son cycle. Il peut être capturé par l'intermédiaire de la biomasse (BECCS), mais aussi par des procédés chimiques grâce à la capture de carbone dans l'air ambiant – *Direct Air Capture and Storage* (DACCS). Il peut aussi être capté « à la source », c'est-à-dire à proximité des sites de combustion de matériaux fossiles, mais cela relève alors plutôt d'une démarche d'atténuation¹¹⁵. Concernant la séquestration, le carbone peut notamment être stocké dans des formations géologiques (selon

¹¹⁰ Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *Update on Climate Geoengineering in Relation to the Convention on Biological Diversity : Potential Impacts and Regulatory Framework, Technical Series No.84, Secretariat of the Convention on Biological Diversity*, Montreal, 2016, p. 58.

¹¹¹ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 982.

¹¹² La pyrolyse est un procédé permettant de lier fortement les atomes de carbone entre eux en brûlant la biomasse végétale (bois, paille, fumier) en l'absence d'oxygène. Voir : Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 67.

¹¹³ *Ibid.*

¹¹⁴ Prise comme une alternative aux énergies fossiles, cette méthode participe donc à l'effort d'atténuation.

¹¹⁵ Voir schéma 5 en annexe.

un procédé nommé géoséquestration) où il restera piégé pendant plusieurs décennies voire plusieurs siècles. Ces formations géologiques peuvent être d'anciens réservoirs de gaz, des veines de charbon ou de pétrole, ou encore des aquifères salins profonds. Il peut également être stocké dans le sous-sol marin ou directement dans la colonne d'eau. Selon les promoteurs de cette technique, les quantités de carbone qui se trouvent dans les océans sont « *tellement importantes que ce que nous pourrions ajouter ne ferait pas de grande différence*¹¹⁶ ». Toutefois les océans, tout comme les sols, ont déjà absorbé une part significative de nos émissions de GES. Ce rôle « tampon » n'est pas infaillible, et il pourrait même être inversé si d'importantes quantités de CO₂ atmosphérique étaient injectées dans ces réservoirs. Ces « effets de rebond » pourraient en effet réduire de 50% l'efficacité des méthodes de CDR¹¹⁷. En outre, les océans sont déjà sujets à l'acidification ; le CO₂ réagissant avec l'eau pour former de l'acide carbonique. En rajouter aggraverait ce phénomène d'acidification avec des conséquences désastreuses pour la faune et la flore marines, en plus de ralentir la « pompe à carbone océanique ».

C'est l'objet, troisièmement, de certaines méthodes de géo-ingénierie qui se proposent d'optimiser cette pompe océanique. Celle-ci fonctionne grâce à des interactions biochimiques (pompe biologique) et physiques (pompe physique). La pompe biologique est composée de l'ensemble de la biosphère marine, notamment le phytoplancton qui, grâce à la photosynthèse, capte le CO₂ autour de lui, y compris à la surface. Ce phytoplancton, base de la chaîne alimentaire océanique, est ensuite consommé par les autres maillons de cette chaîne : zooplancton, poissons, mammifères marins tels que les baleines. Lorsqu'ils meurent et se décomposent, tous ces êtres vivants rejettent le carbone qu'ils ont consommé et celui-ci coule, dans le meilleur des cas, au fond de l'océan – c'est ce que l'on appelle la « neige marine¹¹⁸ ». Pour augmenter la vitesse à laquelle la pompe biologique aspire le carbone atmosphérique, des scientifiques ont donc imaginé des procédés de fertilisation des océans, visant à apporter au phytoplancton tous les nutriments dont ils ont besoin pour se développer. Nous avons vu précédemment que le carbone était un de ces nutriments, au même titre que le phosphore ou l'azote. Ceux-ci sont appelés « macro-nutriments » car les êtres vivants en ont besoin en grandes quantités¹¹⁹, mais les océans en regorgent généralement. Toutefois, certaines zones

¹¹⁶ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 40.

¹¹⁷ Albert C. LIN, « Carbon dioxide removal after Paris », *Ecology Law Quarterly*, vol. 45, 2018, p. 543.

¹¹⁸ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 43.

¹¹⁹ *Ibid.*, p. 44.

manquent de micronutriments tels que le fer, en particulier l'océan Austral¹²⁰. Ainsi, en apportant artificiellement du fer dans ces zones, il n'y a plus de « réactif limitant » entravant le développement des efflorescences algales. Ce phénomène de fertilisation existe naturellement à proximité des côtes, lorsque des poussières riches en nutriments sont balayées par les vents¹²¹. Néanmoins, le caractère artificiel et massif de ces procédés de fertilisation risque de perturber l'ensemble de la chaîne alimentaire océanique et provoquer des effets contre-intuitifs¹²². Notamment, le renforcement artificiel des capacités de stockage de CO₂ par les océans contribue à renforcer leur acidification, avec des conséquences néfastes pour la biodiversité, en particulier certaines espèces de phytoplancton à coquille – les diatomées¹²³. Une autre possibilité concernant la fertilisation des océans est de favoriser la remontée des eaux profondes, plus riches en nutriments que les eaux de surface, grâce à des systèmes de pompage artificiels. Ce phénomène, naturellement très lent, est causé par la pompe physique. En effet, outre les phénomènes biologiques, des phénomènes physiques gouvernent également l'absorption de CO₂ par les océans. Cette pompe fonctionne grâce à des variations de solubilité du CO₂ dans l'eau suivant, notamment, sa température et son alcalinité (acidité) ; et aux courants marins tels que le *Gulf Stream* ou le courant circumpolaire Antarctique qui permettent au CO₂ dissous de descendre vers les profondeurs grâce à des variations de température et de salinité de l'eau. Les eaux profondes remontent ensuite, au bout de plusieurs centaines d'années, le tout formant une boucle (la circulation thermohaline) absorbant une partie du CO₂ atmosphérique et redistribuant l'énergie emmagasinée par la Terre. Pour stimuler cette pompe physique, certains procédés de géo-ingénierie se proposent de manipuler l'alcalinité des océans pour leur permettre d'absorber plus efficacement le carbone, c'est l'objet par exemple de certains projets de déversement de chaux dans les océans. Enfin, quatrième, une technique assez singulière envisage de tirer parti de réactions chimiques entre le CO₂ et certaines roches. Cette technique est appelée « altération forcée » – également appelée « érosion accélérée¹²⁴ » ou « météorisation augmentée¹²⁵ » (en anglais : *enhanced weathering*). Le CO₂ dissous dans l'eau constituant un acide faible, ce dernier altère les roches avec lesquelles il entre en contact formant, à l'issue de la réaction, de la silice, du

¹²⁰ *Ibid.*, p. 50.

¹²¹ *Ibid.*, pp. 44-45.

¹²² *Ibid.*, p. 46.

¹²³ *Ibid.*, pp. 45-46.

¹²⁴ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 62.

¹²⁵ Stéphane FOUCART, « Climat : Broyer des roches pour absorber du CO₂ », *Le Monde*, 10 novembre 2015.

magnésium et des carbonates¹²⁶. Cette méthode est particulièrement intéressante car elle pourrait également se combiner avec d'autres procédés de géo-ingénierie ou d'atténuation. Ainsi, elle pourrait remplacer la géoséquestration du carbone capté dans le cadre de la BECCS ou de la DACS, voire à la sortie des cheminées des centrales à charbon¹²⁷. En outre, la solution résultant de cette réaction étant alcaline en raison de la présence de carbonates, elle pourrait être déversée – volontairement ou involontairement – dans les océans afin de contrer dans le même temps leur acidification ; une solution qui s'apparente à l'alcalinisation des océans mentionnée précédemment¹²⁸. Alexander Proelss et Kerstin Güssow expliquent, dans leur rapport, le scénario du déversement involontaire de la solution de carbonates dans les océans. Ils considèrent que l'altération forcée pourrait être mise en œuvre dans un premier temps en milieu terrestre, par l'application de roches broyées sur les sols, où elles réagiront avec l'humidité du sol et le carbone atmosphérique. Dans un second temps, la solution alcaline pourra être emportée par les cours d'eau – « lessivée par les précipitations¹²⁹ » – vers les océans dont elle augmenterait l'alcalinité¹³⁰. Cependant, il y a un risque qu'une partie du CO₂ absorbé soit emporté par les cours d'eau et déversé tel quel dans les océans, auquel cas cette méthode se traduirait par un ajout de carbone qui ne serait pas compensé par une augmentation de l'alcalinité¹³¹. C'est ce qui explique aussi l'ambivalence de cette méthode, qui juridiquement pourrait être traitée de manière analogue à l'alcalinisation (dans le premier cas) ou de manière analogue à la fertilisation (dans le second)¹³².

L'ensemble des méthodes précédemment exposées ont pour objectif commun de soustraire du CO₂ de l'atmosphère, indépendamment de sa provenance – anthropique ou non ; elles constituent alors des technologies à émissions négatives. Il existe en outre des méthodes de géo-ingénierie qui mobilisent des technologies alternatives en agissant sur d'autres variables que la concentration de GES dans l'atmosphère.

3.2.2. Les techniques de gestion du rayonnement solaire

Ces techniques, également appelées *Sunlight Reflection Methods* ou techniques de modification de l'albédo, visent à réduire à grande échelle la quantité d'énergie absorbée par la

¹²⁶ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *Climate Engineering : Instrumente und Institutionen des internationalen Rechts*, Université de Trèves, 2011, p. 58. Voir aussi : Stéphane FOUART, *op. cit.*

¹²⁷ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 63.

¹²⁸ *Ibid.*

¹²⁹ Stéphane FOUART, *op. cit.*

¹³⁰ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 59.

¹³¹ *Ibid.*

¹³² *Ibid.*

Terre dans le but de parvenir à un refroidissement global. Comme les techniques de CDR, elles sont fondamentalement différentes de l'atténuation car elles pourraient, théoriquement, inverser la tendance du réchauffement climatique au lieu de simplement le ralentir. Ces techniques sont néanmoins plus éloignées de l'atténuation que ne l'est la CDR sur le plan conceptuel, car elles agissent sur d'autres variables climatiques que celles sur lesquelles les activités humaines agissent de par leurs émissions de GES. Ainsi, au lieu de gouverner les « sorties » d'énergie par le biais d'une élimination de la cause principale de l'effet de serre, la manipulation de l'albédo gouverne les « entrées » en filtrant artificiellement la lumière du Soleil. Indépendantes de l'effet de serre, elles se proposent au contraire de le surmonter en parvenant à un refroidissement malgré des concentrations toujours plus élevées de GES dans l'atmosphère¹³³. Ces techniques peuvent prendre place dans différents milieux, en augmentant artificiellement l'albédo de la surface terrestre ou celle des océans, ou encore en favorisant la dispersion et la réflexion des rayons du Soleil dans l'atmosphère, voire directement dans l'espace.

En ce qui concerne les milieux terrestre et marin, ces techniques peuvent consister en des entreprises de blanchissement urbain – un procédé d'adaptation qui, à grande échelle, peut entrer dans le champ de la géo-ingénierie ; d'augmentation de l'albédo océanique par le biais de mousses réfléchissantes¹³⁴. Ces procédés ne sont cependant pas viables : en ce qui concerne la gestion de l'albédo urbain ; « *worldwide white roof conversion could achieve a mean cooling of ~0.02°C in populated areas, global warming of ~0.07°C could also result*¹³⁵ ». En ce qui concerne la gestion de l'albédo océanique ;

*« While the production of such foams may be technically possible, their use at the scale necessary for climatic effectiveness is unlikely to be societally-acceptable (effects on fishing and tourism, with wind-blown foams affecting coastal communities, particularly on islands) and would have major adverse consequences for biogeochemistry (air-sea exchange rates, including increasing de-oxygenation and reducing net ocean CO2 uptake), and for ecosystems and organisms (from phytoplankton, to fish, sea mammals and seabirds)*¹³⁶ ».

¹³³ Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 31.

¹³⁴ *Ibid.*, p. 79.

¹³⁵ *Ibid.*

¹³⁶ *Ibid.*

En revanche, les procédés de modification de l'albédo atmosphérique et spatial attirent davantage l'attention des scientifiques.

Dans l'espace, l'idée avancée est d'envoyer en orbite autour de la Terre des matériaux réfléchissants afin de bloquer une partie du rayonnement solaire¹³⁷. Ils peuvent prendre différentes formes, tels que des disques métalliques d'un diamètre de 60 centimètres envoyés par milliards en orbite ; un réflecteur gigantesque fabriqué à partir de verre d'origine lunaire, ou encore un disque de poussières autour de l'équateur donnant à la Terre des allures saturniennes¹³⁸. Ces matériaux seraient placés dans l'orbite basse, qui a l'avantage d'être relativement facile d'accès, mais le désavantage d'être déjà truffée de débris et d'astéroïdes (*space junk*¹³⁹). Néanmoins un lancement depuis la Terre reste très coûteux, d'autant plus que la cargaison, pour un voyage spatial, est fortement réduite par la masse importante des fusées qui servent à la transporter. A ce titre, l'usage de matériaux déjà présents dans l'espace pourrait se révéler avantageux¹⁴⁰. Ces techniques pourraient être très efficaces en dépit des risques que la manipulation de l'albédo suppose. En l'occurrence, des simulations ont prévu une modification de certains phénomènes climatiques comme l'oscillation australe et de courants marins comme *El Niño* et la plongée de masses d'eau dans l'Atlantique Nord (un phénomène très important dans la circulation thermohaline dont fait partie, notamment, le *Gulf Stream*). Les recherches suivent néanmoins leur cours et un brevet européen a d'ores et déjà été déposé pour ces techniques¹⁴¹. Ainsi, un seul individu détient un brevet dont la description est « *Utilisation adaptative de satellites artificiels dans les orbites terrestres pour modifier l'effet que les rayonnements solaires auraient autrement sur le climat de la Terre*¹⁴² ».

Dans l'atmosphère, enfin, ces procédés peuvent prendre la forme d'une pulvérisation de particules de soufre (dioxyde de soufre SO₂ ou sulfure d'hydrogène H₂S¹⁴³) qui formeraient des aérosols de sulfure réfléchissant le rayonnement solaire. Ces projets sont nés de l'observation du Mont Pinatubo en 1991, un volcan des Philippines ayant, suite à une grande éruption, dégagé un nuage contenant environ 10 millions de tonnes de particules de soufre qui

¹³⁷ Wilfried RICKELS, Gernot KLEPPER, Jonas DOVERN (dir), *Large-Scale Intentional Interventions into the Climate System ? Assessing Climate Engineering Debate*, Scoping report conducted on behalf of the German Federal Ministry of Education and Research, 2011, p. 40.

¹³⁸ The Royal Society, *op. cit.*, p. 32.

¹³⁹ Wilfried RICKELS, Gernot KLEPPER, Jonas DOVERN (dir), *op. cit.*, p. 40.

¹⁴⁰ *Ibid.*

¹⁴¹ *Ibid.*

¹⁴² Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 111.

¹⁴³ *Ibid.*, p. 85. Voir également : The Royal Society, *op. cit.*, p. 29.

a diminué la température globale de 0,5°C pendant environ deux ans^{144,145}. Partant de ces modèles, un climatologue a estimé à « 5 millions de tonnes par an la quantité de soufre nécessaire pour bloquer environ 2% du rayonnement solaire incident¹⁴⁶ ». Ces méthodes de *Stratospheric Aerosol Injection* (SAI) visent donc à pulvériser ces particules grâce à des aéronefs ou à l'aide de tuyaux suspendus à des ballons¹⁴⁷ dans la stratosphère (à partir de 18km d'altitude¹⁴⁸). A cette altitude, les aérosols soufrés sont moins susceptibles d'être emportés par la pluie et restent en moyenne cinquante fois plus longtemps que s'ils étaient injectés dans la troposphère¹⁴⁹. En revanche, ils risquent d'appauvrir la couche d'ozone.

Une autre méthode d'augmentation de l'albédo atmosphérique concerne les nuages. Différentes méthodes se proposent de « blanchir » les nuages afin qu'ils reflètent davantage de lumière¹⁵⁰. L'idée serait de lesensemencer en leur fournissant des noyaux de condensation, des fines particules permettant aux nuages de se former plus vite et pour une plus longue durée. L'idée est que plus ces noyaux sont petits, plus leur concentration dans un même volume est grande. Par conséquent, les nuages formés sont plus denses, et donc plus blancs. Ainsi, leur effet réfléchissant serait amélioré. Ces particules peuvent être diverses, mais la méthode la plus mise en avant concerne le déploiement de ce procédé en milieu marin, où le sel contenu dans l'eau peut servir de noyau de condensation¹⁵¹. Ces méthodes, appelées *Marine Cloud Brightening* (MCB), seraient vraisemblablement déployées grâce à une flotte de navires, naviguant de manière autonome et pulvérisant de l'eau de mer à une hauteur de 30 mètres¹⁵².

Une des principales craintes concernant ces activités de SRM est qu'elles ne s'intéressent pas aux concentrations de GES dans l'atmosphère. Ainsi, si ces activités devaient être déployées, puis soudainement interrompues pour des raisons diverses, il en résulterait un réchauffement

¹⁴⁴ Edward A. PARSON, Lia N. ERNST, « International governance of climate engineering », *Theoretical Inquiries in Law*, volume 14, De Gruyter, janvier 2013, pp. 314-315.

¹⁴⁵ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, pp. 85-87. D'après cette source, le refroidissement observé a duré une année.

¹⁴⁶ *Ibid.*, p. 86

¹⁴⁷ *Ibid.*, p. 85.

¹⁴⁸ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 24.

¹⁴⁹ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 86.

¹⁵⁰ *Ibid.*, p. 77.

¹⁵¹ *Ibid.*

¹⁵² *Ibid.*, p. 78.

abrupt, appelé « *termination shock* », de 1,3°C en l'espace d'une décennie, plus néfaste encore pour les écosystèmes qu'un réchauffement progressif¹⁵³.

3.2.3. Les autres techniques

Cette distinction entre les techniques de CDR et de SRM ne couvre cependant pas la totalité du spectre de la géo-ingénierie. Premièrement, les méthodes de CDR, comme nous l'avons dit, ne couvrent que le dioxyde de carbone. « *There is therefore the possibility of inadvertent neglect of processes that might remove other greenhouse gases from the atmosphere; e.g. methane and nitrous oxide*¹⁵⁴ ». Ces procédés existent, mais sont bien moins efficaces que ceux visant à capturer le dioxyde de carbone¹⁵⁵, même si une partie des connaissances relatives à la CDR pourraient leur être transposées¹⁵⁶. En particulier, le méthane capturé pourrait être utilisé pour la génération d'énergie¹⁵⁷.

D'autres techniques de modification visent à supprimer certains nuages, les cirrus, qui se forment à partir de 6 kilomètres d'altitude. Les nuages, en général, ont un double rôle concernant la température terrestre. S'ils réfléchissent une partie du rayonnement solaire incident, ils absorbent également le rayonnement réémis par la surface de la Terre. Les cirrus sont alors ciblés, particulièrement, car ils « *empêchent davantage de chaleur de [s'échapper de la planète] qu'ils n'en autorisent à y entrer*¹⁵⁸ ». Diamétralement opposée au MCB, cette méthode viserait à injecter des particules favorisant la nucléation, un phénomène permettant aux nuages de produire des cristaux de glace. En accélérant le rythme d'agrégation de ces cristaux, ils deviendraient plus gros et tomberaient plus rapidement, éliminant ainsi les cirrus¹⁵⁹. Cette méthode de géo-ingénierie, traditionnellement rattachée aux modifications de l'albédo en ce qu'elle ne vise pas l'effet de serre¹⁶⁰, s'en distingue à notre sens car elle permet de diminuer en partie l'absorption atmosphérique du rayonnement infrarouge réémis par la surface de la Terre, favorisant la perte d'énergie.

¹⁵³ *Ibid.*, p. 93-95. Voir également Stefan SCHÄFER, Sean LOW, « Asilomar Moments : Formative Framings in Recombinant DNA and Solar Climate Engineering Research », *Philosophical Transactions : Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 372 n° 2031, 2014, p. 7. Voir également schéma 6 en annexe.

¹⁵⁴ Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 68.

¹⁵⁵ Secretariat of the Convention on Biological Diversity, *Geoengineering in Relation to Biological Diversity : Technical and Regulatory Matters*, Technical Series No. 66, Montreal, 2012, p. 9.

¹⁵⁶ *Ibid.*, p. 70.

¹⁵⁷ Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 68.

¹⁵⁸ Clive HAMILTON, *Les apprentis sorciers du climat – raisons et déraisons de la géo-ingénierie*, Paris, Seuil, 2013, p. 82.

¹⁵⁹ *Ibid.*

¹⁶⁰ Voir schéma 7 en annexe.

Enfin, il existe des méthodes de redistribution de l'énergie appelant à des modifications des courants océaniques. Celles-ci ne se limitent pas à la stimulation de la pompe physique des océans, ils font également intervenir des modifications complexes de l'albédo océanique. C'est donc une approche transversale, s'intéressant spécifiquement aux courants marins.

Tous ces projets de modification du climat pourraient mener, en plus de l'objectif premier de refroidissement, à une modification incidente de certains phénomènes météorologiques¹⁶¹. A cet égard, le Conseil d'administration du PNUE a adopté une décision, « *Provisions for Co-operation between States in Weather Modification* » en 1980. Il a assorti sa décision de lignes directrices invitant les États, notamment, à acquérir et échanger des informations en la matière, avec les autres États et avec l'OMM, ainsi que de s'abstenir de causer un dommage à l'environnement¹⁶². Il y est fait, en outre, une définition des modifications météorologiques ;

« *Any action performed with the intention of producing artificial changes in the properties of the atmosphere for purposes such as increasing, decreasing or redistributing precipitation or cloud coverage, moderating severe storms and tropical cyclones, decreasing or suppressing hail or lightning or dissipating fog*¹⁶³ ».

La mention du terme « notamment » (*such as*) dans cette définition indique que la liste est non exhaustive. Par conséquent, les procédés de géo-ingénierie pourraient entrer dans le champ d'application de cette décision, à condition qu'ils visent une modification météorologique *intentionnelle*. Néanmoins, le concept de phénomène météorologique ne couvre que les aspects perceptibles de l'état de l'atmosphère au niveau local. Il se distingue par conséquent du climat, et il n'est pas certain que la nature positiviste du droit international permette une transposition de ces lignes directrices à la géo-ingénierie¹⁶⁴. Enfin, un rapport du groupe d'experts de l'OMM sur la modification météorologique, publié en 2015, évoque brièvement son rôle par rapport à la géo-ingénierie. Il estime notamment que ce sujet mérite plus d'attention de la communauté scientifique et admet que certains enseignements tirés de la recherche sur la modification météorologique pourraient être utiles dans les discussions

¹⁶¹ Secretariat of the Convention on Biological Diversity, *Geoengineering in Relation to Biological Diversity : Technical and Regulatory Matters*, Technical Series No. 66, Montreal, 2012, p. 29. Voir *infra*, Partie 1, chapitre 2.

¹⁶² Conseil d'administration du PNUE, Décision 8/7/A, *Rapport de la huitième session*, 16-29 avril 1980, pp. 117-118. Disponible sur : https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17274/80_04_GC8_report_K8003525.pdf?sequence=8&isAllowed=y

¹⁶³ *Ibid.*

¹⁶⁴ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 10.

relatives à la géo-ingénierie¹⁶⁵. Nous voyons donc que la géo-ingénierie suscite de plus en plus d'intérêt, non seulement de la part de la communauté scientifique, mais aussi juridique. Se pose alors la question de la réglementation de la géo-ingénierie.

II - Réglementer la géo-ingénierie

« Réglementer » signifie « *soumettre à des règles*¹⁶⁶ » c'est-à-dire assujettir à des normes juridiquement obligatoires¹⁶⁷ une matière. Il s'agit dès lors de s'intéresser à ce qu'est le droit, plus particulièrement international, en se demandant comment il pourrait appréhender la question de la géo-ingénierie. Ensuite, nous allons nous intéresser au « pourquoi » de cette réglementation.

A. Le rôle du droit international pour la réglementation de la géo-ingénierie

« *Ubi societas, ibi jus* » disaient les juristes romains¹⁶⁸. Cela signifie que toute société, pour conserver son équilibre, exige nécessairement des contraintes¹⁶⁹. Le développement des phénomènes sociaux et des rapports de force ont ainsi permis la naissance du droit, attribuant des obligations et des droits subjectifs à chaque sujet de droit. L'organisation des compétences au sein de chaque société leur a permis de s'institutionnaliser, les gouvernants laissant progressivement la place à des entités abstraites, des personnes morales nommées États. Les États disposent chacun d'une population, d'un territoire déterminé par des frontières et d'un pouvoir politique leur permettant de gouverner effectivement la société qui les compose. Ce pouvoir suprême (*summa potestas*), appelé souveraineté, a été défini par Jean Bodin comme « *le pouvoir de commander et de contraindre sans être commandé ni contraint par qui que ce soit sur la Terre*¹⁷⁰ ». Le concept de souveraineté a été consacré dans les Traités de Westphalie de 1648, mettant fin à la guerre de trente ans en affirmant la souveraineté d'une multitude de principautés en Allemagne et provoquant la chute de l'Empire Romain Germanique.

¹⁶⁵ Roelof BRUINTJES, Deon TERBLANCHE, *Report of the expert team on weather modification meeting*, Phitsanuok, Thailand, 17-19 mars 2015, p. 14.

¹⁶⁶ Gérard CORNU (dir), *Vocabulaire juridique*, 9^{ème} éd., Presses universitaires de France, octobre 2013, p. 875.

¹⁶⁷ *Ibid.*, p. 872.

¹⁶⁸ Georges SCELLE, *Précis de droit des gens. Principes et systématique*, reproduction du volume I paru initialement en 1932, Dalloz, 2008, p. 2.

¹⁶⁹ *Ibid.*, p. 3.

¹⁷⁰ Renaud DENOIX DE SAINT MARC, *L'État*, Presses universitaires de France, 2016, p. 107.

Dotés d'une égale souveraineté, les États ont entretenu des rapports, faisant valoir leurs intérêts propres et donnant naissance au droit international moderne¹⁷¹. Ce droit international, établissant des règles sous forme de traités internationaux, est le fait exclusif des États qui, ce faisant, s'assujettissent à des obligations internationales qu'ils respectent sur le fondement de la règle « *Pacta sunt servanda* ». Cette règle, qui a été très controversée¹⁷², consiste en l'obligation pour un État de respecter ses propres engagements internationaux¹⁷³. Si cela semble entrer en contradiction avec la définition classique de la souveraineté, dans laquelle réside en principe un pouvoir illimité, la Cour Permanente de Justice Internationale a affirmé ceci en 1923 ;

« *L'abandon des droits dont il s'agit ne peut être considéré comme inadmissible pour des raisons tirées de la souveraineté [...] car la Cour se refuse à voir dans la conclusion d'un traité quelconque [...] un abandon de sa souveraineté : précisément au contraire, la faculté de contracter des engagements internationaux est un attribut de la souveraineté d'un État*¹⁷⁴ ».

Il en découle que les États sont « *la pierre angulaire de l'édifice*¹⁷⁵ » en ce qu'ils sont les seuls sujets du droit international à posséder la souveraineté¹⁷⁶. Néanmoins, le droit international contemporain se caractérise, depuis la fin de la seconde guerre mondiale, par des relations d'interdépendance entre les États. Aux intérêts propres des États s'ajoutent des intérêts universels ou sectoriels, défendus notamment par les organisations internationales, au premier rang desquelles figure l'Organisation des Nations Unies (ONU). Ces intérêts peuvent également être défendus par les États, collectivement, dans le cadre d'engagements internationaux multilatéraux. En outre, les individus qui n'étaient traditionnellement pas considérés comme des sujets de droit international, ont fait l'objet d'une reconnaissance croissante dans le droit international contemporain. Ils sont désormais titulaires d'obligations au titre du droit international pénal¹⁷⁷ mais aussi de droits, grâce à certains systèmes

¹⁷¹ A cet égard, Georges Scelle compare la naissance du droit international avec celle du droit en général, en considérant que « *la source du droit international découle des rapports internationaux comme la source du Droit des rapports individuels* ». Voir Georges SCELLE, *op. cit.*, pp. 31-32.

¹⁷² Voir Georges SCELLE, *op. cit.*, pp. 30-42.

¹⁷³ Elle est désormais reconnue comme une coutume internationale et codifiée par la *Convention de Vienne sur le droit des traités*, Vienne, 23 mai 1969, article 26.

¹⁷⁴ CPJI, *Affaire du vapeur Wimbledon*, 17 août 1923.

¹⁷⁵ Propos cités de Boutros Boutros-Ghali dans : Christian SCHRICKE, « L'Agenda de la Paix du Secrétaire général B. Boutros-Ghali. Analyses et premières réactions », *Annuaire Français de Droit International*, 1992, vol. 38, p. 13.

¹⁷⁶ Pierre-Marie DUPUY, Yann KERBRAT, *Droit international public*, Dalloz, 14^{ème} éd., septembre 2018, p. 31.

¹⁷⁷ *Ibid.*, p. 243.

régionaux tels que l'Union européenne qui ont fait une place sans précédent à l'individu dans le droit international. Enfin, et surtout, le développement exceptionnel des droits de l'Homme à la suite de la seconde guerre mondiale a constitué un bouleversement pour le droit international¹⁷⁸. Avec la Charte des Nations Unies de 1945, « *la reconnaissance et la protection internationale des droits de l'Homme sont présentées comme l'un des axiomes de la nouvelle organisation dont les nations [...] entendent désormais doter la société internationale*¹⁷⁹ ».

La déclaration universelle des droits de l'Homme de 1948 affirme les principaux droits et attributs de la personne humaine¹⁸⁰. Les Pactes internationaux de 1966 divisent les droits selon leur nature. Ainsi, le Pacte international relatif aux droits civils et politiques consacre des « droits - liberté », de première génération, d'inspiration libérale tels que le droit à la vie, le droit de ne pas être torturé, etc. Le Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels consacre quant à lui des « droits - créance », de deuxième génération, d'inspiration sociale tels que le droit à un travail rémunéré, le droit à l'alimentation, etc. Enfin, à la fin des années 1970, « *la notion de "troisième génération des droits de l'homme" a été proposée pour rendre compte d'un certain nombre de revendications nouvelles apparues sur la scène internationale [...] les droits de la troisième génération consacraient l'aspiration à la fraternité et à la solidarité : droit au développement, droit à la paix et à la sécurité, droit à un environnement sain*¹⁸¹ ».

D'abord droit de l'Homme, le droit de l'environnement est rapidement devenu une discipline à part entière – bien que le droit de l'Homme à un environnement sain existe toujours – et l'environnement lui-même a connu un changement d'appréhension. Avec la prise de conscience de l'impact des activités humaines sur l'environnement global, à la fin des années 1970, un certain nombre d'engagements internationaux ont porté sur sa protection (par exemple, la Convention de Ramsar de 1971 sur les zones humides ou la Convention de Washington de 1973 sur le commerce international des espèces sauvages menacées d'extinction puis, plus tard, les instruments internationaux sur le climat mentionnés précédemment). Ce droit se trouve néanmoins tirailé par des revendications souverainistes et des intérêts économiques qui ne sont pas toujours compatibles avec la protection de l'environnement.

¹⁷⁸ *Ibid.*, p. 241.

¹⁷⁹ *Ibid.*

¹⁸⁰ *Ibid.*

¹⁸¹ Danièle LOCHAK, *Les droits de l'Homme*, Paris, La Découverte, 2018, pp. 39-40.

En effet, l'État exerce sa souveraineté sur son territoire national, qui comprend à la fois le territoire terrestre mais aussi un territoire maritime – qui s'étend jusqu'à 12 milles marins à partir de la ligne de base – et un territoire aérien qui couvre à la fois le territoire terrestre et marin. S'agissant de la limite supérieure de ce territoire aérien, le droit international n'a pas encore fourni de réponse explicite mais la principale hypothèse place cette limite à environ 100 à 110 kilomètres d'altitude¹⁸², limite à partir de laquelle commence l'espace extra-atmosphérique. En outre, chaque État peut revendiquer une zone économique exclusive s'étendant jusqu'à 200 milles marins à partir de la ligne de base, ainsi qu'un plateau continental pouvant aller jusqu'à 350 milles marins et sur lesquels il a un privilège pour exploiter les ressources naturelles. La question des ressources naturelles a été à l'origine de revendications souverainistes et les intérêts économiques relatifs à leur exploitation ont rendu difficile toute tentative de réglementation en matière environnementale. De même, dans un contexte de décolonisation, la question du droit au développement s'est posée et une conciliation du développement économique avec les exigences environnementales a été ardue. Néanmoins, la promotion du développement durable – terme popularisé par le rapport Brundtland en 1987 – a permis au moins en théorie une telle conciliation des intérêts économiques, sociaux et environnementaux.

Progressivement, le *corpus* normatif en matière de protection de l'environnement s'est renforcé et a poussé les États à adopter des législations nationales et toute une série de normes à cette fin, mettant alors en œuvre le droit international au plan interne. La géo-ingénierie étant à l'origine de risques pour l'environnement à l'échelle globale, le droit international de l'environnement revêt une évidente pertinence s'agissant de sa réglementation.

De manière générale, le droit international s'articule autour de sources officielles du droit, qui sont d'égale valeur normative et qui traduisent le consentement des États à être liés. Le Statut de la Cour internationale de Justice (CIJ) énonce, dans son article 38, les sources du droit international utilisées lors du règlement juridictionnel des différends étatiques. Il s'agit des conventions internationales ; la coutume internationale comme preuve d'une pratique générale acceptée comme étant le droit ; les principes généraux de droit ; la doctrine comme moyen auxiliaire de détermination des règles de droit¹⁸³. En outre, les actes unilatéraux des États peuvent servir à établir la pratique étatique dans le cadre d'une coutume et sont à l'origine

¹⁸² Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 985.

¹⁸³ *Statut de la Cour internationale de justice*, annexé à la Charte des Nations Unies, 26 juin 1945, article 38.

d'obligations internationales pour les États qui les formulent. La pratique étatique demeure donc un élément important du droit international.

A cet égard, Clive Hamilton a identifié quatre scénarios de gouvernance pour la géo-ingénierie :

« Le premier serait l'émergence d'un ensemble de régimes nationaux de gouvernance, plus ou moins coordonnés entre les États. [...] Le deuxième scénario serait le développement par la communauté scientifique de codes de bonne conduite, de principes et de "droit mou", qu'elle pourrait ensuite appliquer à ses activités. [...] Dans un troisième scénario, des traités ou des organisations existants pourraient être mobilisés ou voir leur champ d'application étendu pour inclure la réglementation de l'ingénierie climatique. [...] Le quatrième scénario serait la création d'un nouveau traité ou d'une nouvelle agence internationale de supervision des différentes techniques de géo-ingénierie¹⁸⁴ ».

Au regard de ces différents scénarios, le droit international peut jouer un rôle variable, que ce soit pour coordonner des réglementations nationales ou pour fournir un cadre juridique complet, un régime, c'est-à-dire « *un système normatif considéré comme un tout ordonnant les règles en raison d'une finalité*¹⁸⁵ ». Il est également possible d'esquisser le régime de la géo-ingénierie en partant des instruments internationaux déjà ratifiés par les États, néanmoins le caractère positiviste du droit international ne permet pas toujours d'extrapoler les obligations souscrites par les États en faisant usage de leur souveraineté.

B. La nécessité de réglementer la géo-ingénierie

La nécessité de réglementer la géo-ingénierie ressort de plusieurs éléments. Ces éléments révèlent plusieurs intérêts (philosophique, scientifique, politique, économique, juridique) qu'il convient d'examiner successivement.

L'intérêt philosophique correspond au rapport que l'Homme entretient avec la nature, et plus particulièrement au climat. Si la perception de ce rapport est avant tout le reflet d'un sentiment personnel, elle est également influencée par les connaissances scientifiques relatives au climat et aux temps géologiques¹⁸⁶. Comparée aux 4,6 milliards d'années qui se sont écoulés depuis

¹⁸⁴ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, pp. 202-204.

¹⁸⁵ Jochen SOHNLE, *op. cit.*, p. 1.

¹⁸⁶ L'étude des temps géologiques, appelée chronostratigraphie, est encadrée au niveau international par l'Union internationale des sciences géologiques. C'est une organisation non gouvernementale qui édite et met régulièrement à jour, par le biais de sa Commission internationale de stratigraphie, une charte

la formation de notre planète, l'extinction des dinosaures d'il y a 65 millions d'années nous paraît très proche. Pourtant, depuis le Crétacé supérieur, plusieurs périodes se sont succédées, dont les dernières sont le Pliocène, le Pléistocène et maintenant l'Holocène, avec un climat très stable depuis 10000 ans¹⁸⁷. Auparavant, le climat était très variable, ainsi en quelques années le climat « *pouvait basculer d'une froideur glaciale à une relative douceur*¹⁸⁸ » et inversement¹⁸⁹. Si ces changements climatiques s'expliquaient par des phénomènes naturels, certains rejettent alors la thèse du changement climatique anthropique actuelle¹⁹⁰. Pourtant, certains scientifiques, dont le chimiste Paul Crutzen, estiment que nous sommes aujourd'hui entrés dans une nouvelle période géologique, l'Anthropocène. Avec l'écologue Eugene Stoermer, Paul Crutzen estime que cet « Âge de l'Homme » pourrait avoir commencé en 1784, date du brevet déposé par James Watt sur la machine à vapeur¹⁹¹, à partir de laquelle l'Homme a commencé à constituer, de par ses activités, une force géologique¹⁹². « *L'idée selon laquelle l'humanité est l'auteur de sa propre histoire, avec en toile de fond la lente évolution inconsciente de la Terre, constitue un des fondements de la modernité*¹⁹³ ». C'est cette modernité et l'idée d'un progrès constant qui ont rendu presque naturelle l'idée de géo-ingénierie : « *We already are inadvertently changing the climate. So why not advertently try to counterbalance it ?*¹⁹⁴ ».

Elle est pourtant longtemps restée restreinte aux milieux scientifiques. Ils craignaient en effet que « *l'éventualité d'une alternative à la réduction des émissions, même notoirement insuffisante, serait si alléchante pour les dirigeants politiques qu'elle saperait encore davantage leur volonté d'agir*¹⁹⁵ ». C'est la problématique du « risque moral¹⁹⁶ » : l'existence d'un « plan B » mène à diminuer les efforts entrepris au titre du « plan A ». C'est néanmoins Paul Crutzen en 2006 qui, face à l'inaction politique, a brisé le tabou entourant la géo-

mondialement reconnue décrivant les différentes ères, périodes, époques des temps géologiques. Cette charte est disponible à l'adresse suivante :

<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2012French.pdf>

¹⁸⁷ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 250.

¹⁸⁸ *Ibid.*

¹⁸⁹ *Ibid.*, p. 251.

¹⁹⁰ Reiner GRUNDMANN, « Climate skepticism », in : Karin BÄCKSTRAND, Eva LÖVBRAND (dir), *Research handbook on Climate Governance*, Edward Elgar Publishing, 2015, pp. 175-176.

¹⁹¹ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 254.

¹⁹² *Ibid.*, p. 253.

¹⁹³ *Ibid.*, p. 263.

¹⁹⁴ Propos de Michael MacCracken dans le rapport d' ETC Group, *Geopiracy. The Case Against Geoengineering*, 2010, p. i. Disponible sur : <https://www.cbd.int/doc/emerging-issues/etcgroup-geopiracy-2011-013-en.pdf>

¹⁹⁵ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 28.

¹⁹⁶ Andrew LOCKLEY, D'Maris COFFMAN, « Distinguishing morale hazard from moral hazard in geoengineering », *Environmental Law Review*, vol.18.3, 2016, p. 194.

ingénierie en publiant un article relatif à l'injection de sulfates pour combattre le réchauffement climatique¹⁹⁷.

Depuis lors, les projets se sont multipliés, au risque de pousser le paradigme prométhéen à son paroxysme¹⁹⁸. La géo-ingénierie a ainsi fait son entrée dans les débats politiques. Un groupe d'économistes a notamment affirmé, au moment de la Conférence de Copenhague en 2009 que ;

« *Climate engineering could provide a cheap, effective and rapid response to global warming. Remarkably, research considered by the Expert Panel, written by lead author Dr Eric Bickel, suggests that a total of about \$9 billion spent developing marine cloud whitening technology might be able to cancel out this entire century's global warming*¹⁹⁹ ».

En l'absence d'encadrement juridique effectif, un grand nombre d'entreprises et de projets se développent autour de la géo-ingénierie. En plus des projets Planktos et LohaFex²⁰⁰, le projet Oceaneos s'intéresse aussi à la fertilisation des océans²⁰¹. Citons également Cquestrate, un projet de recherche sur l'ajout de chaux dans les océans²⁰² ; SPICE (*Stratospheric Particle Injection for Climate Engineering*), dont l'expérimentation à grande échelle a été annulée par les autorités britanniques²⁰³ et SCoPEX, une expérience similaire dans le cadre du programme de géo-ingénierie solaire de Harvard²⁰⁴ ; un projet d'éclaircissement des nuages marins et un projet d'augmentation de l'albédo en Alaska sont également prévus²⁰⁵.

Dans ce contexte, une réglementation de la géo-ingénierie serait évidemment souhaitable pour prévenir les risques associés à la géo-ingénierie, permettre une coopération scientifique, voire interdire tout ou partie des méthodes de géo-ingénierie. Néanmoins, ce n'est peut être pas si simple dans le contexte du changement climatique car les méthodes de géo-ingénierie, bien que risquées, se proposent de supprimer un autre risque, celui du réchauffement et de ses conséquences. Ainsi ;

¹⁹⁷ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, pp. 28-29.

¹⁹⁸ *Ibid.*, pp. 32-33.

¹⁹⁹ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 1008.

²⁰⁰ Voir *supra*.

²⁰¹ ETC Group, *Bas les pattes ! Ne touchez pas à notre Terre-Mère*, Manifeste contre la géo-ingénierie, octobre 2018, p. 2. Disponible sur : http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/home_manifesto-fr-1.pdf

²⁰² Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 108.

²⁰³ *Ibid.*, p. 203.

²⁰⁴ ETC Group (2018), *op. cit.*, p. 2.

²⁰⁵ *Ibid.*

« The major argument in their favour is that not considering them as options may have disastrous consequences, while the major argument against them is that considering them as options may also have disastrous consequences²⁰⁶ ».

En l'absence de réponse scientifique, morale, politique évidente à cette question, il convient alors de se demander si le droit international peut apporter un encadrement juridique pour la géo-ingénierie. Celle-ci étant à la fois une unité conceptuelle et un terme générique regroupant des éléments distincts, il sera nécessaire de s'intéresser aux régimes sectoriels susceptibles de réglementer les différentes méthodes de géo-ingénierie (Partie 1) puis de chercher un régime transversal susceptible d'appréhender le concept de la géo-ingénierie (Partie 2).

²⁰⁶ Anders HANSSON, Steve RAYNER, Victoria WIBECK, « Climate engineering », in : Karin BÄCKSTRAND, Eva LÖVBRAND (dir), *Research handbook on Climate Governance*, Edward Elgar Publishing, 2015, p. 418.

PARTIE 1 : LE TRAITEMENT JURIDIQUE DE LA GÉO-INGÉNIERIE PAR DES RÉGIMES SECTORIELS

La géo-ingénierie, dans sa diversité, recouvre des procédés très différents qui affectent souvent des milieux distincts. Le droit actuel n'ayant pas été créé pour la géo-ingénierie, il n'est donc applicable à la géo-ingénierie que de manière incidente, en fonction des caractéristiques intrinsèques de ces techniques. Nous avons vu en introduction que ces techniques étaient le plus souvent divisées en deux catégories, à savoir certaines agissant sur la cause du changement climatique (les concentrations de GES) et d'autres sur un de ses symptômes (le réchauffement). Si en l'état actuel des technologies, cette distinction est pertinente, elle « *dissimule autant de choses qu'elle n'en révèle. Même si ces techniques ont toutes pour objectif la modification du climat global, il pourrait être plus utile de les diviser entre celles qui portent sur le fonctionnement du système Terre dans son ensemble, dont les risques sont plus importants, et celles qui cherchent à intervenir de manière plus localisée, dont l'impact sur l'environnement est limité géographiquement et dont les dégâts sont moindres en cas d'échec*²⁰⁷ ». Néanmoins, ne peut être considéré comme de la géo-ingénierie que ce qui est susceptible d'avoir un impact sur le système climatique global. C'est la raison pour laquelle certaines expérimentations, cantonnées à un espace géographique restreint, peuvent être autorisées à des fins de recherche.

Une autre conception, basée sur l'étude du bilan radiatif terrestre, permet d'avoir une vision plus complète de la géo-ingénierie. Cette conception des méthodes de géo-ingénierie en tant que procédés de modification du système énergétique de la Terre²⁰⁸ en distingue trois types : des procédés favorisant la perte de chaleur de la Terre ; des procédés réduisant les gains de chaleur de la Terre ; des procédés redistribuant l'énergie. Ces derniers, comprenant essentiellement des modifications dans les courants marins, ne seront pas analysés ici. Cette division semble pertinente au regard du droit international. En effet, le premier type s'inscrit dans le long terme et nécessite beaucoup d'investissements mais répond davantage à la cause du réchauffement climatique, qui se traduit par la diminution des déperditions de chaleur de la Terre. A l'inverse, le second type s'inscrit dans le court terme et comporte des procédés moins

²⁰⁷ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 36.

²⁰⁸ Voir schéma 8 en annexe.

couteux, mais agit directement sur la quantité d'énergie entrante. Un premier chapitre sera donc consacré aux régimes applicables aux procédés de géo-ingénierie favorisant la perte de chaleur de la Terre (Chapitre 1) et le second sera consacré aux régimes applicables à ceux qui réduisent le gain de chaleur de la Terre (Chapitre 2).

CHAPITRE 1 : LES RÉGIMES APPLICABLES AUX PROCÉDÉS DE GÉO-INGÉNIERIE FAVORISANT LA PERTE DE CHALEUR DE LA TERRE

Nous avons vu en introduction que la principale cause du réchauffement climatique était l'accroissement des concentrations de GES dans l'atmosphère, entraînant un effet de serre empêchant l'énergie provenant du Soleil de s'échapper de l'atmosphère terrestre. C'est cette énergie qui est convertie en chaleur sous forme de rayons infrarouges. Les procédés de géo-ingénierie agissant sur l'effet de serre favorisent, par conséquent, la perte d'énergie de la Terre dans le but de parvenir à un refroidissement global. D'autres procédés poursuivent le même objectif en éliminant certains nuages. Ces procédés, encore jeunes technologiquement, ne seront pas abordés dans le présent chapitre. Pour les mêmes raisons, nous nous intéresserons ici principalement au dioxyde de carbone dans notre prise en considération de l'effet de serre (ci-après, les techniques d'élimination de dioxyde de carbone ou « CDR »).

Comme dit plus tôt, la CDR n'est pas la seule méthode s'intéressant aux concentrations de CO₂ dans l'atmosphère. Ces dernières ayant été sensiblement augmentées en raison des activités humaines, elles sont également une problématique centrale dans les stratégies d'atténuation. Il est donc important juridiquement de différencier les pratiques de CDR des pratiques d'atténuation. Dans le cadre de l'atténuation, cette action peut se faire, rappelons le, à la source (en agissant sur les volumes de CO₂ émis) ou dans le milieu (en agissant sur les puits et réservoirs de carbone). Dans le cadre de la CDR, seules les actions sur les puits et réservoirs de carbone sont pertinentes. A cet égard, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) pose deux définitions particulièrement intéressantes.

D'une part, la notion de « puits » est définie comme « *tout processus, toute activité ou tout mécanisme, naturel ou artificiel, qui élimine de l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur de gaz à effet de serre*²⁰⁹ ».

D'autre part, la notion de « réservoir » est définie comme « *un ou plusieurs constituants du système climatique qui retiennent un gaz à effet de serre ou un précurseur de gaz à effet de serre*²¹⁰ ».

Traditionnellement, les procédés d'atténuation impliquant le renforcement des puits et réservoirs vise un équilibre entre les émissions et les absorptions de CO₂. S'agissant de la CDR, selon le Secrétariat de la CDB ;

*« Reductions of greenhouse gas emissions, e.g. by at-source carbon capture and storage (CCS), are excluded from the definition. Techniques and processes that are considered to be geoengineering need to be at sufficient scale for significant climatic impact, and carried out with that intention*²¹¹ ».

Ainsi, s'il y a une porosité entre l'atténuation et la CDR, il est possible de distinguer ces deux démarches en s'intéressant à l'objectif poursuivi et à l'envergure des techniques entreprises. Dans le cadre de la CCNUCC, l'engagement des États à « [renforcer les] puits et réservoirs de tous les gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal, notamment la biomasse, les forêts et les océans de même que les autres écosystèmes terrestres, côtiers et marins²¹² » ne vise pas, en principe, les techniques de CDR. Néanmoins, les récents travaux du GIEC ont établi des « scénarios de dépassement » (*overshoot scenarios*), à partir desquels le déploiement de technologies à émissions négatives de CO₂ serait nécessaire²¹³.

Ces technologies déployées nécessairement à grande échelle ne sont cependant pas sans risques. Ainsi, selon qu'elles soient entreprises en milieu terrestre (Section 1) ou marin (Section 2), elles peuvent entrer dans le champ d'application de certains instruments internationaux.

²⁰⁹ *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, op. cit.*, article 1.8.

²¹⁰ *Ibid.*, article 1.7.

²¹¹ Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012), *op. cit.*, p. 84.

²¹² *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, op. cit.*, article 4.1.d).

²¹³ Heleen DE CONINCK, Aromar REVI *et al.*, *op. cit.*, p. 342.

Section 1 : Instruments relatifs à la géo-ingénierie au service du stockage terrestre de carbone

Au regard de ce qui a été dit précédemment, la CDR vise à « stocker » artificiellement, ou favoriser le stockage naturel de carbone dans les puits et réservoirs, en l'occurrence terrestres, en vue de l'éliminer durablement de l'atmosphère. Le terme « stockage » ne se limite pas, par conséquent, aux procédés de géoséquestration.

Cette précision étant faite, il importe de souligner les liens étroits qui existent entre le régime international du climat et la CDR, en particulier en milieu terrestre (Paragraphe 1), puis d'analyser l'applicabilité d'autres régimes du droit international en raison des risques causés par le déploiement de procédés de CDR à grande échelle (Paragraphe 2).

Paragraphe 1 : L'applicabilité du régime international du climat à la CDR

Bien que la CDR soit plus ambitieuse, ses objectifs corrélerent avec ceux de la CCNUCC et des instruments juridiques connexes²¹⁴ (le « régime international du climat »). Une partie de la doctrine s'est donc demandée si la CDR pourrait être autorisée ou, au contraire, interdite par ces instruments. Aucune référence expresse n'y est faite. Dans la Convention de 1992, l'objectif de stabilisation des émissions de GES ne correspond pas nécessairement, selon un rapport du Secrétariat de la CDB, à une interdiction d'autres mesures destinées à combattre le changement climatique, dont la géo-ingénierie²¹⁵. Ceci est valable en particulier pour la CDR, qui est assimilée à l'usage de puits de carbone tels que définis dans l'article premier²¹⁶ et qui permet conformément à cet objectif de maintenir « *les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique*²¹⁷ ». La CDR comporte des risques néanmoins et ceux-ci pourraient être considérés comme une perturbation anthropique dangereuse du système climatique. La CCNUCC reste donc très évasive sur le sujet, ce qui a donné le champ libre à toutes les interprétations, notamment au regard de l'article 3.3 qui a pu être interprété comme un « *encouragement and perhaps even an obligation to intervene to prevent global warming using climate engineering*²¹⁸ », en précisant que « *Article 3(3) of the UNFCCC does not apply*

²¹⁴ *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, op. cit.*, article 2.

²¹⁵ Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012), *op. cit.*, p. 127.

²¹⁶ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *Climate Engineering : Instrumente und Institutionen des internationalen Rechts*, Université de Trèves, 2011, p. 8. Voir aussi : Albert C. LIN, *op. cit.*, p. 547.

²¹⁷ *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, op. cit.*, article 2.

²¹⁸ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 987.

to SRM methods within this enumerated list of measures, because the purpose of this provision is to control the causes of climate change²¹⁹ ». A contrario, cela signifie que cette disposition *pourrait* être applicable à la CDR.

Le Protocole de Kyoto, quant à lui, avait pris en considération la séquestration de carbone dans le cadre du mécanisme pour un développement propre²²⁰ ainsi que les changements d'affectation de terres dans la mesure où cela avait un impact sur les émissions ou les absorptions de carbone²²¹. Ces changements d'affectation ont une pertinence dans le cadre de la CDR, en particulier terrestre, car elle nécessite de dédier de grandes étendues de terres agricoles ou des prairies à ces projets à grande échelle (boisement, biochar, altération forcée). Cette prise en considération demeure indirecte et aucun élément ne nous permet d'en déduire une incitation à l'usage de la CDR. S'agissant des forêts, Geoffrey Aguirre explique, dans son article²²², comment la conception des forêts comme de simples « *puits* » ou « *réservoirs* » de carbone dans le Protocole de Kyoto, ainsi que l'octroi de crédits au titre de « *variations vérifiables des stocks de carbone*²²³ » a engendré une véritable instrumentalisation des forêts dans un sens qui n'est pas favorable à l'environnement. En effet, la préférence donnée aux termes « *boisement et reboisement* » dans le Protocole, par rapport aux termes « *conservation et protection* » limite les forêts à leur rôle dans le changement climatique²²⁴, sans tenir compte de leur qualité. Elles deviennent « *plus ou moins fongibles*²²⁵ », ce qui tend à entériner implicitement le modèle de la CDR²²⁶.

Les développements ultérieurs tendent également à confirmer cette hypothèse. En 2011, au vu de la faible détermination des Parties pour négocier une suite au Protocole de Kyoto, la précédente Secrétaire exécutive de la CCNUCC, Christiana Figueres, avait affirmé : « *We are putting ourselves in a scenario where we will have to develop more powerful technologies to*

²¹⁹ *Ibid.*

²²⁰ Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012), *op. cit.*, p. 127.

²²¹ *Ibid.* Voir aussi : *Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, *op. cit.*, article 3.3.

²²² Geoffrey J. AGUIRRE, « Why Cutting Down Trees Is Part of the Problem, but Planting Trees Isn't Always Part of the Solution: How Conceptualizing Forests As Sinks Can Work Against Kyoto », *Oregon Review of International Law*, vol. 11, 2009, p. 210.

²²³ *Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, *op. cit.*, article 3.3.

²²⁴ Geoffrey J. AGUIRRE, *op. cit.*, p. 208.

²²⁵ *Ibid.*, p. 206.

²²⁶ Pour rappel, la géo-ingénierie ne s'intéresse qu'aux changements climatiques observés au niveau global, ce qui suppose nécessairement une action à grande échelle. Inversement, les données climatiques locales (microclimats, écosystèmes) ne sont pas prises en compte dans la géo-ingénierie, tandis qu'une approche d'atténuation couvrirait ces aspects.

*capture emissions out of the atmosphere*²²⁷ ». En outre le GIEC, dans son rapport de 2014 – qui constitue une référence scientifique pour les développements juridiques dans le cadre du régime international du climat²²⁸ – avait commencé à traiter de méthodes de géo-ingénierie y compris la CDR.

Enfin, dans l'Accord de Paris, il n'y a toujours pas de référence expresse à la CDR. Lors des négociations, une brève référence était faite dans une première version de l'accord à un objectif de parvenir à des « émissions négatives » dans le long terme ; cela n'a cependant pas été retenu pour la version définitive²²⁹. A défaut, le texte de l'Accord reprend l'objectif classique de plafonnement mondial des émissions de GES puis de réduction dans le but de « parvenir à un équilibre entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre²³⁰ ». Ceci n'a rien de nouveau dans la mesure où l'article 5 de ce même accord renvoie à la Convention de 1992 : « Les Parties devraient prendre des mesures pour conserver et, le cas échéant, renforcer les puits et réservoirs de gaz à effet de serre comme le prévoit l'alinéa d) du paragraphe 1 de l'article 4 de la Convention, notamment les forêts²³¹ ».

Selon Albert Lin, « Together, these agreements lay the foundation for widespread CDR implementation without explicitly committing to it²³² ».

L'article 5 précité de l'Accord de Paris ne se limite pas, cependant, à la gestion des forêts. Le terme « notamment » rend cette disposition applicable à d'autres procédés d'élimination du dioxyde de carbone, en particulier le biochar. Cette technique de stockage du carbone issu de la biomasse permet également de réaliser une adaptation de l'agriculture aux changements climatiques. C'est l'objet de l'initiative « 4 pour 1000 » lancée par le ministre français de l'agriculture lors de la COP 21²³³. Dans ces proportions, cela constitue davantage une technique d'atténuation. L'idée d'un déploiement à grande échelle de ces techniques de CDR reste donc une grande inconnue, même si d'autres instruments internationaux seraient susceptibles d'y faire obstacle.

²²⁷ Fiona HARVEY, « Global warming crisis may mean world has to suck greenhouse gases from air », *The Guardian*, 5 juin 2011.

²²⁸ Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012), *op. cit.*, p. 127.

²²⁹ Albert C. LIN, *op. cit.*, p. 547.

²³⁰ *Accord de Paris*, 12 décembre 2015, article 4.1.

²³¹ *Accord de Paris*, *op. cit.*, article 5.1.

²³² Albert C. LIN, *op. cit.*, p. 546.

²³³ Romain LOURY, « Agriculture et climat : "4 pour 1.000" se cherche un référentiel », *Journal de l'environnement*, 3 juillet 2017.

Paragraphe 2 : L'applicabilité de régimes sectoriels à raison des risques liés à la CDR

La CDR, en tant que catégorie de géo-ingénierie, consiste nécessairement en une gestion active des puits de carbone, à grande échelle, dans le but de générer des émissions négatives, c'est-à-dire éliminer du dioxyde de carbone de l'atmosphère. Les procédés pour parvenir à ce résultat sont néanmoins variés, et peuvent générer deux types de risques. D'une part, si les États auraient en principe pleine souveraineté pour entreprendre ces actions sur leur propre territoire, elles peuvent entrer en concurrence avec d'autres usages des terres et mettre en péril la faune, la flore ou la population (A). D'autre part, le stockage du carbone peut générer des risques notamment transfrontaliers (B).

A. Les risques de la CDR liés aux usages concurrents des terres

Nous avons vu précédemment que les changements d'affectation des terres pouvaient générer des émissions ou des absorptions de dioxyde de carbone, elles ont à ce titre été prises en considération dans le Protocole de Kyoto. Cette notion ressort particulièrement de la distinction qui est faite entre le boisement et le reboisement. Si le reboisement se définit comme la restauration d'une forêt récemment abattue²³⁴, le boisement consiste en l'implémentation d'une forêt sur des terres déboisées depuis 50 ans ou plus²³⁵. Dans le cadre du Protocole de Kyoto, une distinction similaire a été posée dans l'Accord de Bonn de 2001, qui distinguait les zones boisées en 1990 de celles qui ne l'étaient pas. Outre la question des émissions et des absorptions de CO₂, l'objectif poursuivi par ces « marqueurs temporels » est la préservation de la spécificité des écosystèmes non forestiers²³⁶. À ce titre, nous pouvons souligner la pertinence de la CDB. Cette Convention pose une obligation générale de conservation des habitats naturels et des écosystèmes²³⁷ et interdit l'introduction d'espèces exotiques²³⁸. Cette dernière interdiction pourrait se montrer particulièrement pertinente pour empêcher l'implémentation massive de monocultures d'espèces végétales cultivées pour leur efficacité en tant que puits de carbone. Pour cette raison, le rapport précité du Secrétariat de la CDB se montre plus favorable à la lutte contre la déforestation – une mesure d'atténuation –

²³⁴ US National Research Council, *Climate Intervention : Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration*, The National Academies, 2015, Washington DC, p. 39 (sur 140). Citation originale : « *The restoration of forest on recently deforested land* ».

²³⁵ *Ibid.* Citation originale : « *The restoration of forest on land that has been deforested for 50 years or more* ». Voir aussi : Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 58.

²³⁶ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 57. Voir aussi : Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 9, point 7.

²³⁷ *Convention sur la diversité biologique*, Rio de Janeiro, 5 juin 1992, article 8.d).

²³⁸ *Ibid.*, article 8.h).

qu'à des mesures de boisement et de reboisement en raison des risques encore mal compris que cela comporte. Parmi ces risques figurent, entre autres, des impacts négatifs sur l'albédo de certaines zones, sur la couverture nuageuse ou même sur les océans²³⁹. Outre leur effet néfaste sur la biodiversité, ces effets secondaires pourraient annihiler tout effort de CDR et ainsi constituer une « perturbation anthropique dangereuse du système climatique » interdite par la CCNUCC. Enfin, nous savons que la foresterie en tant que méthode de CDR suppose une gestion active des forêts, leur permettant de rester des puits de carbone efficaces²⁴⁰, qui pourrait compromettre la biodiversité et les habitats naturels.

Un autre impact néfaste des usages concurrents des territoires concerne l'alimentation et l'agriculture. La BECCS, une des méthodes de CDR les plus mises en avant, représente le plus grand risque à cet égard. Ce procédé suppose en effet de dédier de larges étendues de terres arables pour la production de bio-énergie. Il entrerait alors en concurrence avec la production alimentaire. Selon Jesse Reynolds, une telle démarche pourrait entraîner une hausse des prix de la nourriture, ce qui mettrait en péril le droit à l'alimentation garanti par le Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels²⁴¹ et l'objectif, fixé dans la CCNUCC, que la production alimentaire ne soit pas menacée²⁴² dans la lutte contre les changements climatiques. De la même manière, la DACS nécessiterait également de grandes étendues. « *Une machine type de capture de l'air ressemblerait à une longue boîte en métal de dix mètres de haut et d'un kilomètre de long. Pour extraire un million de tonnes de dioxyde de carbone par an, il faudrait un dispositif composé de cinq de ces boîtes couvrant une surface d'un kilomètre carré*²⁴³ ». Les émissions mondiales se comptant en milliards chaque année, la DACS représenterait en outre une infrastructure gigantesque et un investissement énorme. Outre la capture du dioxyde de carbone, il faut également le stocker. Ce stockage présente des risques de dommages, en particulier transfrontaliers.

²³⁹ Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 58.

²⁴⁰ Au bout d'un certain temps, les forêts « saturent » et n'absorbent plus le CO₂ atmosphérique. Voir *supra*, note 82. Voir également : Heleen DE CONINCK, Aromar REVI *et al.*, *op.cit.*, p. 343.

²⁴¹ Jesse L. REYNOLDS, *op. cit.*, p. 71. Voir aussi : *Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels*, adopté par l'Assemblée générale des Nations unies le 16 décembre 1966, article 11.

²⁴² *Ibid.*, p. 13. Voir aussi : *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, *op. cit.*, article 2.

²⁴³ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 71.

B. Les risques de la CDR liés au stockage du carbone

Les risques dont il s'agit seront essentiellement analysés à la lumière du stockage de carbone. En effet, si un État entreprend des activités de CDR sur son territoire, ce ne sera qu'au moment où le carbone sera stocké dans des puits et des réservoirs qu'ils risquera de s'échapper et causer, en plus d'un dommage environnemental, un éventuel dommage transfrontalier. Le stockage du carbone atmosphérique peut prendre différentes formes ; ce peut être un stockage biologique ou géochimique (réactions naturelles) ou géologique (procédé artificiel appelé géoséquestration).

En ce qui concerne le stockage biologique et géochimique, il s'agit en milieu terrestre du boisement, du biochar et de l'altération forcée. Ces procédés ne proposent qu'une séquestration temporaire en accroissant les capacités de puits de carbone naturels que sont les forêts et le sol. Il est temporaire car les sols, comme les forêts, peuvent saturer en carbone et devenir des sources d'émission. Un feu de forêt peut aussi survenir et relâcher brutalement de grandes quantités de dioxyde de carbone, ainsi que des gaz toxiques pouvant mettre en danger la biodiversité et la population, y compris de l'autre côté d'une frontière étatique.

En ce qui concerne la géoséquestration du carbone, elle est réputée permettre un stockage plus durable du carbone, et en plus grandes quantités. Ces procédés artificiels, regroupés sous le vocable de « *captage et séquestration du carbone* » (en anglais : *Carbon Capture and Storage – CCS*), constituent une question très discutée, notamment vis-à-vis de la BECCS qui en est une déclinaison²⁴⁴. Concernant le captage et le transport du carbone vers des sites de stockage, une mise en place à grande échelle de ces techniques supposerait la création d'infrastructures lourdes, ce qui constituerait une véritable « usine à gaz ». Cependant, la question juridique porte sur le point de savoir où serait stocké ce carbone. Dans la présente section, nous ne nous intéresserons qu'au stockage dans des formations géologiques terrestres pour lequel, en principe, les États auraient pleine souveraineté. L'injection de carbone dans le sol dans le but d'exploiter le pétrole est une pratique assez courante²⁴⁵, de même que des projets de stockage de CO₂ dans une optique d'atténuation sont déjà en place. Ces projets font par ailleurs l'objet d'une réglementation, le plus souvent nationale, mais aussi dans le cadre de l'Union européenne. Ainsi, le quatrième considérant de la directive 2009/31/CE du 23 avril 2009 énonce :

²⁴⁴ D'ailleurs, c'est l'association entre la bioénergie et la séquestration du carbone qui fait de la BECCS un procédé de géo-ingénierie. Voir à cet égard : Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 52.

²⁴⁵ Cette technique s'appelle « *enhanced oil recovery* », voir : Albert C. LIN, *op. cit.*, pp. 562-563.

« *Le captage et le stockage géologique du dioxyde de carbone (CSC) est une technologie de transition qui contribuera à atténuer le changement climatique. Ce moyen consiste à capter le dioxyde de carbone (CO₂) émis par les installations industrielles, à le transporter vers un site de stockage et à l'injecter dans une formation géologique souterraine adaptée en vue de son stockage permanent*²⁴⁶ ».

Néanmoins, dans l'optique d'un déploiement à grande échelle de ces procédés, deux obstacles surviennent. Le premier est celui de la faisabilité : il sera difficile de trouver des « *formations géologiques souterraines adaptées* » pour stocker les 3,5 milliards tonnes de dioxyde de carbone annuels nécessaires pour inverser la tendance du changement climatique²⁴⁷, tout en se cantonnant aux territoires étatiques. Le second est celui de la sécurité : les séismes, qui se produisent régulièrement partout à l'intérieur des continents – et qui pourraient être déclenchés par l'injection de carbone elle-même – seraient susceptibles de compromettre l'étanchéité de ces formations géologiques. Le risque est réel, indépendamment de tout stockage : en 1986, au Cameroun, un lac qui emprisonnait une grande quantité de carbone d'origine volcanique a subitement relâché une chape de gaz d'environ un kilomètre cube, détruisant toute vie aux alentours²⁴⁸.

Dans l'hypothèse du stockage dans une formation géologique transfrontière, le droit international peut avoir toute sa pertinence, en particulier en cas de dommage (séisme, fuite de carbone). En principe, un État est responsable internationalement des activités qui se déroulent sur son territoire. Encore faut-il qu'une formation géologique fasse partie d'un territoire étatique. Il existe à cet égard une maxime provenant du droit anglosaxon ; « *Cuius est solum, eius est usque ad coelum et ad inferos*²⁴⁹ », qui signifie que le propriétaire du sol est aussi propriétaire de l'espace aérien surjacent et du sous-sol. Néanmoins, il n'est pas certain que cette maxime soit applicable en droit international pour le sous-sol. Les questions de responsabilité en matière de géoséquestration du CO₂ relèvent donc principalement des systèmes nationaux et régionaux, mais restent complexes dans la mesure où un dommage peut survenir longtemps après l'opération de stockage. Dans le système de l'Union européenne et

²⁴⁶ Directive 2009/31/CE du Parlement européen et du Conseil, 23 avril 2009, JOCE n°L.140 du 5 juin 2009, pp. 114-135.

²⁴⁷ Anonyme, « Climat : le risque sismique rend hasardeux le stockage géologique du CO₂ », *AFP*, 19 juin 2012.

²⁴⁸ https://www.sciencesetavenir.fr/archeo-paleo/lac-nyos-le-danger-n-est-pas-ecarte_20948

²⁴⁹ Jill MORGAN, « Digging Deep : Property rights in subterranean space and the challenge of Carbon Capture and Storage », *The International and Comparative Law Quarterly*, vol. 62, n°4 (octobre 2013), Cambridge University Press, p. 818.

dans le système OSPAR – qui est quant à lui spécifique au stockage de CO₂ dans des formations géologiques sous-marines – la responsabilité est attribuée à « l'opérateur », c'est-à-dire celui qui a réalisé l'opération de stockage²⁵⁰. La responsabilité demeure difficile à établir, dans la mesure où « *hundreds of square kilometres of surface land may overlies a storage site*²⁵¹ », ainsi « *establishing causal linkages of damage from carbon storage in court may prove difficult as could attribution and partition of damage between multiple actors injecting into the same reservoir*²⁵² ».

Enfin, en ce qui concerne l'État, il ne sera responsable d'un dommage que s'il a pris « *toutes les mesures appropriées pour prévenir les dommages transfrontières significatifs ou en tout état de cause pour en réduire le risque au minimum*²⁵³ ». Ainsi, dans l'hypothèse d'un dommage transfrontière causé par une entreprise de séquestration menée par un opérateur privé, c'est le comportement de l'État qui a autorisé cette activité « *qui déterminera si celui-ci s'est acquitté de l'obligation qui lui incombe en vertu des présents articles*²⁵⁴ ».

Parmi les puits et réservoirs de carbone, l'espace terrestre en est toutefois une petite partie et c'est dans les océans que les plus grands projets de CDR sont susceptibles de voir le jour.

Section 2 : Instruments relatifs à la géo-ingénierie au service du stockage marin de carbone

La norme de référence en milieu océanique est la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, signée à Montego Bay en 1982. Au regard de l'objectif poursuivi par les techniques de CDR, le régime international du climat est également pertinent mais ses dispositions en elles-mêmes ne font pas de différence selon le milieu dans lequel ces activités se déroulent. Il y a, en outre, un panel d'instruments spécifiques au milieu marin et qui peuvent s'appliquer à différents procédés de CDR en fonction de leurs caractéristiques intrinsèques, c'est-à-dire selon les activités menées en milieu marin. Ces dernières sont variées et l'éventail des

²⁵⁰ Jan GLAZEWSKI, « Legal and Regulatory Aspects of Carbone Capture and Storage : A Developed and Developing Country Perspective », in : Oliver C. RUPPEL, Christian ROSCHMANN, Katharina RUPPEL-SCHLICHTING, *Climate Change : International Law and Global Governance*, volume I, Nomos, 2013, p. 948. Voir aussi : *Décision OSPAR 2007/2 sur le stockage des flux de dioxyde de carbone dans des structures géologiques*, Réunion de la Commission OSPAR du 25 au 29 juin 2007, Ostende, Annexe 6.

²⁵¹ Jill MORGAN, *op. cit.*, p. 831.

²⁵² Jan GLAZEWSKI, *op. cit.*, p. 948.

²⁵³ Commission du droit international, *Projet d'articles sur la prévention des dommages transfrontières résultant d'activités dangereuses et commentaires y relatifs*, Annuaire de la Commission du droit international, 2001, vol. II(2), article 3.

²⁵⁴ *Ibid.*, commentaires de l'article 3.

méthodes de CDR en milieu marin est large. Néanmoins, nous pouvons en distinguer deux grands types à savoir les procédés qui passent par le déversement de substances variées en milieu océanique pour augmenter leur capacité à absorber du carbone (Paragraphe 1) et ceux qui passent par le placement de structures artificielles (Paragraphe 2).

Paragraphe 1 : Le déversement de substances en milieu océanique

Le terme « substance » est volontairement large et inclut tant des solutions de fer pour fertiliser les océans, de chaux pour contrer leur acidification ou même du dioxyde de carbone à des fins de stockage. Nous aborderons ici les régimes sectoriels permettant de réglementer le déversement de substances pour augmenter l'absorption naturelle de carbone par les océans (A) et le stockage du carbone en milieu océanique (B).

A. Le déversement de substances à des fins d'amélioration des puits de carbone océaniques

Si le texte même de la CCNUCC ne pose pas de restrictions supplémentaires au déploiement de la CDR dans l'océan, ce dernier est néanmoins beaucoup plus mobile que l'espace terrestre. Le risque et l'ampleur des éventuels dommages collatéraux sont par conséquent accrus, d'autant plus que l'océan est un milieu dynamique, qui s'autocompense et dont les nombreuses interactions sont encore mal connues. Par conséquent, si des projets de fertilisation ou d'alcalinisation des océans permettent effectivement d'éliminer du dioxyde de carbone en grandes quantités, la méconnaissance de ces phénomènes accroît le risque de causer une « *perturbation anthropique dangereuse* » des océans, mais aussi du système climatique dans son ensemble.

S'agissant de la Convention de Montego Bay, elle pose dans son article premier la définition de la notion de pollution du milieu marin, étant entendue comme ;

« l'introduction directe ou indirecte, par l'homme, de substances ou d'énergie dans le milieu marin, y compris les estuaires, lorsqu'elle a ou peut avoir des effets nuisibles tels que dommages aux ressources biologiques et à la faune et la flore marines, risques pour la santé de l'homme, entrave aux activités maritimes, y compris la pêche et les autres utilisations légitimes de la mer, altération de la qualité de l'eau de mer²⁵⁵ ».

De ce point de vue, ces activités pourraient être considérées comme une pollution du milieu marin. Il en résulte pour les États des obligations découlant de la partie XII de la Convention,

²⁵⁵ Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, Montego Bay, 10 décembre 1982, article 1.1.4.

relative à la protection et la préservation du milieu marin. A cet égard, une obligation générale s'impose aux États de prendre « *séparément ou conjointement selon qu'il convient, toutes les mesures compatibles avec la Convention qui sont nécessaires pour prévenir, réduire et maîtriser la pollution du milieu marin, quelle qu'en soit la source*²⁵⁶ ». Les articles de la section 5 distinguent les sources de pollution.

En ce qui concerne l'altération forcée qui, comme nous le disions précédemment, peut avoir des ramifications dans l'océan par infiltration dans les cours d'eau, elle peut être réglementée par l'article 207, relatif à la pollution d'origine tellurique, qui invite les États à prendre des « *mesures tendant à limiter autant que possible l'évacuation dans le milieu marin de substances toxiques, nuisibles ou nocives*²⁵⁷ ». Si en elle-même, la solution alcaline de bicarbonates issue de l'altération forcée n'est pas toxique, elle peut avoir des effets nuisibles ou nocifs pour la biodiversité en cas d'accroissement local excessif de l'alcalinité²⁵⁸.

En ce qui concerne la fertilisation et l'alcalinisation des océans, elles seraient vraisemblablement opérées via un déversement direct des substances dans l'océan. Ce déversement peut être assimilé à de l'immersion, définie comme « *tout déversement délibéré de déchets ou autres matières, à partir de navires, aéronefs, plates-formes ou autres ouvrages placés en mer*²⁵⁹ ». Ainsi, ces activités sont soumises à l'autorisation de l'État côtier²⁶⁰. En l'absence d'État côtier, en ce qui concerne les activités en Haute Mer, il y a en principe une liberté d'action sous réserve de prendre « *dûment compte de l'intérêt que présente l'exercice de la liberté de la haute mer pour les autres États*²⁶¹ ». En outre, ces activités, y compris dans la Haute Mer, sont également réglementées par la Convention et le Protocole de Londres sur la pollution marine résultant de l'immersion de déchets.

La Convention de Londres pose la même définition de l'immersion que la Convention de Montego Bay et ne se limite pas aux déchets en incluant « *d'autres substances* »²⁶². Cependant, les deux conventions formulent une exclusion à l'égard du déversement de

²⁵⁶ *Ibid.*, article 194.1.

²⁵⁷ *Ibid.*, article 207.5.

²⁵⁸ Secretariat of the Convention on Biological Diversity, *Geoengineering in Relation to Biological Diversity : Technical and Regulatory Matters*, Technical Series No. 66, Montreal, 2012, tableau p. 55.

²⁵⁹ *Ibid.*, article 1.1.5.a) i).

²⁶⁰ Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, *op. cit.*, article 210. Voir également Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 40.

²⁶¹ Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, *op. cit.*, article 87.2. Voir également Jesse L. REYNOLDS, *op. cit.*, p. 35.

²⁶² Convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets, Londres, 13 novembre 1972, article 3.1.a).

substances dans les océans à des fins autres que leur simple élimination, sous réserve que cela n'aille pas à l'encontre des buts de la Convention²⁶³. Dans la mesure où ces activités entrent dans le champ d'application de la « pollution du milieu marin », elles ne peuvent pas être compatibles avec les objectifs de la Convention de Montego Bay²⁶⁴. En ce qui concerne plus précisément la Convention de Londres, elle liste dans ses Annexes I et II des substances dont l'immersion est complètement interdite (Annexe I – « *black list* »²⁶⁵) ou des substances dont l'immersion est soumise à une autorisation spéciale (Annexe II – « *grey list* »²⁶⁶). La plupart des substances susceptibles d'être utilisées dans le cadre de la CDR ne figure pas dans ces listes. Toutefois des « *substances qui, bien que non toxiques, peuvent devenir dangereuses en raison des quantités dans lesquelles elles ont été immergées*²⁶⁷ » figurent dans la liste grise ; ce qui englobe au moins les procédés de fertilisation et d'alcalinisation à grande échelle des océans à raison des risques que ces procédés comportent²⁶⁸. S'agissant de projets de recherche à petite échelle, ils ont fait l'objet d'une décision de 2008 à l'occasion de la treizième réunion des Parties à la Convention et la troisième réunion des Parties au Protocole. Lors de cette réunion, les Parties ont convenu d'exclure du champ d'application de l'immersion les activités de recherche en matière de fertilisation des océans en considérant désormais ces activités comme « *placement of matter for a purpose other than the mere disposal thereof under Article III.1(b)(ii) of the London Convention and Article 1.4.2.2 of the London Protocol*²⁶⁹ ».

Le Protocole à la Convention de Londres a repris, dans son Annexe 1, la liste qui figure à l'Annexe II de la Convention de 1972. Ces substances constituent, dans la liste du Protocole, des exceptions à la règle générale de l'interdiction d'immersion (elle est à cet égard appelée la « contre-liste ». En outre, elles incluent les flux de dioxyde de carbone à des fins de stockage²⁷⁰.

²⁶³ *Ibid.*, article 3.1.b). Voir aussi : Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, *op. cit.*, article 1.1.5.b).

²⁶⁴ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 42.

²⁶⁵ Jesse L. REYNOLDS, *op. cit.*, p. 47.

²⁶⁶ *Ibid.*

²⁶⁷ Convention de Londres, *op. cit.*, Annexe II.D. Citation originale : « Materials which, though of a non-toxic nature, may become harmful due to the quantities in which they are dumped ».

²⁶⁸ Jesse L. REYNOLDS, *op. cit.*, p. 47.

²⁶⁹ Assemblée des Parties à la Convention et au Protocole de Londres, *Résolution LC-LP.1 sur la régulation de la fertilisation des océans*, 31 octobre 2008, point 3.

²⁷⁰ Protocole de Londres sur la prévention de la pollution marine, 1996, Annexe 1, article 1.8.

B. Le déversement de carbone à des fins de stockage en milieu océanique

Comme dans le cadre de la géoséquestration précédemment évoquée, la principale question consiste à savoir où serait stocké le carbone. « *Le carbone stocké dans les roches est effectivement immobile, contrairement au carbone se trouvant dans l'atmosphère, la biosphère et, dans une moindre mesure, dans les océans, qui est très mobile*²⁷¹ ». Les États, même s'ils sont souverains sur une partie de leur territoire maritime, sont donc sujets à des obligations plus strictes. A cet égard, deux grands types de stockage de carbone en milieu océanique se dessinent.

Premièrement, le carbone peut être stocké dans la colonne d'eau. C'est un procédé très débattu en raison de l'acidification extrême que cela provoquerait s'il était déversé en grande quantité, avec des conséquences désastreuses pour la biodiversité²⁷². Une telle pratique serait sans doute qualifiée d'immersion par la Convention de Montego Bay²⁷³. Du point de vue du Protocole de Londres, les flux de dioxyde de carbone à des fins de stockage figurant à l'Annexe 1 ne sont éligibles à l'immersion que s'ils sont destinés au stockage dans des formations géologiques sous-marines ; qu'ils contiennent en majorité du dioxyde de carbone ; et qu'aucune autre substance n'est ajoutée à ces flux²⁷⁴. La liste figurant à l'annexe 1 de ce Protocole étant exclusive, cela signifie en principe que l'injection de carbone dans la colonne d'eau est interdite. En ce qui concerne la Convention de Londres, qui compte un plus grand nombre de ratifications, elle n'interdit pas spécifiquement ces procédés. Néanmoins, comme pour la fertilisation et l'alcalinisation, l'injection des flux de dioxyde de carbone dans la colonne d'eau peut être visée par la mention, à l'Annexe II (liste grise), des « *substances qui, bien que non toxiques, peuvent devenir dangereuses en raison des quantités dans lesquelles elles ont été immergées* ». Par conséquent, une autorisation spéciale de l'État hôte d'un opérateur privé serait requise pour entreprendre ces activités.

Enfin, la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est, « Convention OSPAR » interdit également le stockage de carbone dans la colonne d'eau en

²⁷¹ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 40.

²⁷² Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 138.

²⁷³ Jesse L. REYNOLDS, *op. cit.*, p. 41.

²⁷⁴ Protocole de Londres, *op. cit.*, Annexe 1, article 4.

reprenant, à son article 3.2.f) les conditions fixées à l'Annexe 1 du Protocole de Londres pour le stockage des flux de CO₂²⁷⁵.

Deuxièmement, le dioxyde de carbone peut aussi être stocké dans des formations géologiques sous-marines. Si ces activités sont réglementées, nous l'avons vu, par le Protocole de Londres et la Convention OSPAR, elles représentent moins de danger pour les écosystèmes que la géoséquestration en milieu terrestre. En effet, « *l'eau qui se trouve dans les sédiments marins est beaucoup moins salée que celle des aquifères salins terrestres. [...] Si elle s'écoule dans la mer lors de l'injection de dioxyde de carbone, elle causera peu de dommages, contrairement à l'eau ultra-salée et toxique des formations terrestres qui pourrait déborder et empoisonner les campagnes*²⁷⁶ ». Le risque de fuite ne concerne donc que le CO₂ lui-même, avec des conséquences néfastes sur le milieu marin. Dans le cadre de la Convention OSPAR, des lignes directrices ont été adoptées pour l'évaluation et la gestion de ces risques²⁷⁷. D'après ces lignes directrices, la Décision OSPAR précitée pose des conditions strictes, notamment le stockage « *ne doit pas être autorisé par les Parties contractantes sans qu'elles aient, au préalable, obtenu l'autorisation ou la réglementation correspondante auprès de leurs autorités compétentes*²⁷⁸ ». Enfin, la demande d'autorisation doit spécifier un certain nombre d'éléments, notamment un plan de gestion des risques comprenant, entre autres, des exigences de surveillance et de notification²⁷⁹.

Paragraphe 2 : La mise en place de structures artificielles en milieu océanique

A des fins de CDR, des structures peuvent être mises en place pour favoriser l'absorption de carbone par les océans. Présentées sous le nom de « *Oceanic upwelling or downwelling modification methods*²⁸⁰ », celles-ci prendraient la forme de pompes verticales destinées à faire remonter les eaux profondes à la surface (*upwelling*) ou à pomper les eaux de surface vers les profondeurs (*downwelling*). Dans le premier cas, il s'agirait de faire remonter les nutriments situés en profondeur afin de favoriser la croissance d'efflorescences algales à la surface, lesquelles absorberont le CO₂ présent dans l'atmosphère. Dans le second cas, il s'agirait de favoriser la coulée des eaux de surface et, avec elles, le CO₂ absorbé.

²⁷⁵ Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est, 21-22 septembre 1992, article 3.2.f).

²⁷⁶ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 69.

²⁷⁷ Commission OSPAR, *Lignes directrices OSPAR pour l'évaluation et la gestion des risques du stockage des flux de CO₂ dans les structures géologiques*, 2007-12.

²⁷⁸ *Décision OSPAR 2007/2 sur le stockage des flux de dioxyde de carbone dans des structures géologiques*, *op. cit.*, article 3.1.

²⁷⁹ *Ibid.*, article 3.2.

²⁸⁰ The Royal Society, *op. cit.*, p. 19.

Comme tout procédé de CDR, celui-ci devrait être déployé à grande échelle pour se distinguer de procédés déjà existants tels, en l'occurrence, que l'aquaculture conventionnelle ou la production d'énergie²⁸¹. Par conséquent un grand nombre de systèmes devraient être implémentés ce qui poserait, outre des difficultés de financement, des questions juridiques. Selon des estimations, environ 800 millions de pompes d'un mètre de diamètre seraient nécessaires pour augmenter l'absorption océanique de carbone d'un milliard de tonnes de carbone par an²⁸² – ce qui représenterait un peu moins d'un tiers de l'excédent mondial d'émissions²⁸³. Cependant, toutes les zones ne sont pas éligibles à ce type de systèmes : celles qui le sont seraient probablement couvertes de ces pompes²⁸⁴. Cela risque donc de poser des problèmes par rapport à la liberté de navigation garantie par la Convention de Montego Bay.

Premièrement, dans la Haute Mer, « *la liberté de construire des îles artificielles et autres installations autorisées par le droit international*²⁸⁵ » ne doit pas nuire aux libertés de naviguer, de poser des câbles ou des pipelines ou de pêcher des autres États²⁸⁶. Dans l'hypothèse où ces installations très nombreuses venaient à perturber la navigation, voire causer des risques de collision, les États devraient limiter autant que possible « *la pollution provenant des autres installations ou engins qui fonctionnent dans le milieu marin, en particulier les mesures visant à prévenir les accidents et à faire face aux cas d'urgence*²⁸⁷ ». Pour éviter au maximum le risque de collision, Alexander Proelss et Kerstin Gussow appellent, dans leur article, au développement de lignes directrices opérationnelles à défaut d'un régime international contraignant encadrant ces questions²⁸⁸.

Deuxièmement, dans sa zone économique exclusive, un État la compétence pour mettre en place des installations ou des ouvrages²⁸⁹, sur lesquels il a la juridiction exclusive et la faculté, si nécessaire, d'établir un périmètre de sécurité²⁹⁰. Pour le reste, les dispositions relatives à la liberté de navigation en Haute Mer s'appliquent à ces installations.

²⁸¹ Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012), *op. cit.*, p. 27.

²⁸² Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 49.

²⁸³ Cet excédent est d'environ 3,5 milliards de tonnes. Voir *supra*.

²⁸⁴ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 49.

²⁸⁵ Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, *op. cit.*, article 87.1.c).

²⁸⁶ *Ibid.*, article 87.2.

²⁸⁷ Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, *op. cit.*, article 194.1.d).

²⁸⁸ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 50.

²⁸⁹ Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, *op. cit.*, article 56.1.b) i).

²⁹⁰ *Ibid.*, article 60.

Troisièmement, dans sa mer territoriale, l'État côtier a la souveraineté pour placer ces structures sous réserve de respecter le droit de passage pacifique des navires battant le pavillon d'un État tiers.

De la recherche reste cependant nécessaire avant d'envisager l'implantation d'un grand nombre de ces installations. En particulier, leur effet sur le milieu marin est susceptible, dans l'état actuel des connaissances, de causer des dommages potentiellement irréversibles. S'agissant du *downwelling* par exemple, un grand nombre de ces systèmes placés au bon endroit pourrait avoir un impact sur la circulation thermohaline²⁹¹ dont fait partie le *Gulf Stream*. La manipulation de ces courants est donc très hasardeuse. S'agissant de l'*upwelling*, l'effet sur le milieu marin serait sensiblement le même que la fertilisation des océans²⁹², cependant le caractère fixe de ces installations pourrait causer une eutrophisation de certaines zones, pouvant mener à l'apparition de zones anoxiques (« zones mortes ») dans les eaux profondes et moyennement profondes avec la libération de méthane et d'oxyde nitreux²⁹³. En outre, la manipulation de l'*upwelling* pourrait, outre les nutriments, faire remonter également d'importantes concentrations de CO₂ ; ce qui annihilerait une grande partie, sinon la totalité des efforts entrepris pour augmenter la productivité des océans²⁹⁴.

Nous voyons donc que chaque solution contenant sa part d'inconnu²⁹⁵ ; il serait peut être plus simple, finalement, de réduire nos émissions de GES au lieu de jouer à l'apprenti sorcier²⁹⁶. Néanmoins, le réchauffement climatique étant déjà à notre porte, « *la géo-ingénierie solaire pourrait compenser partiellement le déséquilibre énergétique causé par l'accumulation de gaz à effet de serre*²⁹⁷ ». Ceci nous amène à une autre série de techniques de géo-ingénierie, destinées à réduire les gains de chaleur de la Terre, et à l'analyse des régimes juridiques qui leur sont applicables.

²⁹¹ The Royal Society, *op. cit.*, p. 19. En anglais : « *overturning circulation* ».

²⁹² Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012), *op. cit.*, p. 58.

²⁹³ *Ibid.*, p. 60.

²⁹⁴ *Ibid.*

²⁹⁵ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 73.

²⁹⁶ Jochen SOHNLE, *op. cit.*, p. 9.

²⁹⁷ David KEITH, « Osons débattre de la géo-ingénierie », *Project Syndicate*, 21 mars 2019.

CHAPITRE 2 : LES RÉGIMES APPLICABLES AUX PROCÉDÉS DE GÉO-INGÉNIERIE RÉDUISANT LES GAINS DE CHALEUR DE LA TERRE

La « géo-ingénierie solaire » regroupe les techniques visant à réduire les gains de chaleur de la Terre par le biais d'une manipulation de l'albédo par des moyens variés. Il s'agit alors de compenser, par ces moyens, le déséquilibre énergétique engendré par les émissions excessives de CO₂ résultant de l'activité humaine. La modification de l'albédo à la surface (terre, mer) ne peuvent réaliser qu'une compensation locale ou régionale peu significative à l'échelle globale. C'est par conséquent davantage un procédé d'adaptation destiné à accroître la résilience des zones peuplées au réchauffement. A l'inverse, la réflexion du rayonnement solaire dans l'atmosphère ou dans l'espace est susceptible de produire un réel refroidissement à grande échelle et à court terme. Ces méthodes pourraient aller jusqu'à contrer le réchauffement estimé dans le cadre d'un doublement, voire d'un quadruplement des concentrations de GES dans l'atmosphère²⁹⁸. C'est la raison pour laquelle ces méthodes sont plébiscitées par une partie du domaine scientifique, mais elles présentent également des risques beaucoup plus élevés que la CDR.

Grâce à ces techniques, les ingénieurs du climat pourraient non seulement influencer la température planétaire en gouvernant la quantité d'énergie qui y entre, mais également manipuler les phénomènes météorologiques locaux, les modifications de l'albédo ayant un impact significatif sur la couverture nuageuse et étant susceptibles d'impacter les précipitations, dont la mousson Sud-est asiatique et d'autres phénomènes météorologiques majeurs²⁹⁹. Néanmoins, nous ne nous intéresserons ici essentiellement aux techniques de SRM ayant pour objectif premier de contrecarrer les effets du réchauffement climatique, la principale conséquence du dérèglement climatique, quand bien même ces techniques peuvent avoir des effets indirects sur les autres conséquences.

Contrairement à la CDR, la SRM est un élément nouveau sur le plan du droit international. Il n'est pas possible, contrairement à la CDR, de se référer au « régime international du climat » établi par la Convention-cadre pour la comprendre, même si ce dernier règlemente la CDR inefficacement³⁰⁰. Les instruments qui régissent la SRM sont donc diffus et il est nécessaire, pour trouver le droit qui y est applicable, de se référer à de multiples instruments réglementant

²⁹⁸ Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012), *op. cit.*, pp. 44-45.

²⁹⁹ *Ibid.*, p. 29.

³⁰⁰ Edward A. PARSON, *op. cit.*, p. 266.

les différentes techniques pour ce qu'elles sont, et non pour ce qu'elles font au climat. Il s'agira donc ici de trouver un ensemble de règles applicables aux techniques de SRM visant à placer des structures artificielles dans l'espace extra-atmosphérique (Section 1) et à celles visant à pulvériser des aérosols dans l'atmosphère (Section 2).

Section 1 : Instruments relatifs au placement de structures artificielles dans l'espace extra-atmosphérique

L'idée de base est de placer des structures dans l'espace extra-atmosphérique afin de réfléchir la lumière du Soleil. Le potentiel de ces « miroirs » est illimité et leur mise en orbite autour de la Terre pourrait compenser largement le réchauffement causé par les émissions anthropiques³⁰¹. A l'heure où les grandes puissances du monde s'engagent de nouveau dans la conquête de l'espace³⁰², une clarification du droit applicable à l'envoi d'objets dans l'espace est souhaitable. Ce droit se caractérise principalement par un régime de liberté et de responsabilité.

Juridiquement, les deux instruments principalement applicables en la matière sont le Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes de 1967 – appelé « Traité de l'Espace » (Paragraphe 1) et la Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux de 1972 (Paragraphe 2).

Paragraphe 1 : La liberté d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique

La norme de référence en la matière est le Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes de 1967 – appelé « Traité de l'Espace ». Ce traité pose le principe d'internationalisation négative (*res nullius*) des États dans l'espace extra-atmosphérique, un régime similaire à celui de la Haute Mer caractérisé par la liberté d'usage sans appropriation. Son champ d'application couvre toutes les activités s'agissant de l'exploration et l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, même si la frontière entre

³⁰¹ Wilfried RICKELS, Gernot KLEPPER, Jonas DOVERN (dir), *op. cit.*, p. 40.

³⁰² Anonyme, « La NASA prépare l'envoi d'équipements sur la Lune en 2020 », *France Télévisions*, 1er juin 2019 ; Simon LEPLÂTRE, « La Chine saisie par la folie martienne », *Le Monde*, 4 mai 2019 ; Olivier GUILLARD, « L'Inde à la conquête de l'espace », *Institut de Relations Internationales et Stratégiques (IRIS)*, 10 avril 2019 ; Yassin CIYOW, « L'Afrique à la conquête de l'espace », *Le Monde*, 26 avril 2019 ; Stéphane ISRAËL *et al.*, « L'Europe doit rester pionnière dans la conquête spatiale ! », *Le Figaro*, 21 mai 2019.

l'atmosphère et l'espace extra-atmosphérique est sujette à controverses³⁰³. Néanmoins, toutes les projections relatives à l'envoi de réflecteurs en orbite s'accordent pour les envoyer à une distance de plus de 120 kilomètres de la Terre, ce qui correspond en tout état de cause à l'espace extra-atmosphérique³⁰⁴.

Ainsi, l'article I de ce Traité dispose ;

« L'exploration et l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes, doivent se faire pour le bien et dans l'intérêt de tous les pays, quel que soit le stade de leur développement économique ou scientifique; elles sont l'apanage de l'humanité tout entière³⁰⁵ ».

L'orbite précise sur laquelle ces dispositifs vont être placés n'a pas beaucoup d'importance sur le plan juridique, cependant les États devront respecter, conformément à ce régime d'internationalisation négative, la liberté d'usage et d'exploration des autres États, *« toutes les régions des corps célestes devant être librement accessibles³⁰⁶ »*. Cependant, cette liberté peut être limitée dans la mesure où l'envoi de matériel en orbite nécessite de passer par le territoire aérien d'un ou plusieurs États ; le libre accès à l'espace en lui-même n'est donc pas garanti³⁰⁷.

Dans leur article, Alexander Proelss et Kerstin Gussow se sont demandés si le placement de miroirs ou autres réflecteurs en orbite autour de la Terre dans le but de la refroidir entrerait dans la catégorie « usage » ou « exploration ». Effectivement, de tels projets avanceraient nos connaissances des phénomènes tant spatiaux que climatiques. Toutefois, dans l'hypothèse où ces structures ne produiraient pas l'effet escompté, il serait risqué de les retirer : ils sont par conséquent irréversibles³⁰⁸. Il est donc peu probable que ces activités entrent dans le champ de l'exploration, mais plutôt dans celui de l'utilisation.

Selon Gerd Winter, l'exigence figurant à l'article I selon laquelle l'utilisation de l'espace doit se faire *« pour le bien et dans l'intérêt de tous les pays »* est ambiguë car les activités de SRM sont globalement risquées. La mise en orbite de réflecteurs pourrait avoir des effets

³⁰³ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 14.

³⁰⁴ *Ibid.*

³⁰⁵ *Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes*, adopté le 19 décembre 1966 par la résolution 2222 de l'Assemblée générale des Nations Unies, article I, alinéa 1.

³⁰⁶ *Ibid.*, article I, alinéa 2.

³⁰⁷ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 16.

³⁰⁸ *Ibid.*, p. 15.

préjudiciables et serait par conséquent incompatible avec cette disposition³⁰⁹. Pour d'autres auteurs, cette exigence revêt plutôt le caractère d'un principe non contraignant devant être confirmé par une pratique étatique pour constituer une véritable norme³¹⁰. En revanche, l'article IX invite les États, dans le cas où une expérience ou une activité causerait une gêne potentiellement nuisible aux activités d'autres États parties, à engager des consultations internationales appropriées avant d'entreprendre cette activité³¹¹. Cette question pourrait se poser dans la mesure où en cas d'échec de lancement de ces réflecteurs, un grand nombre de débris de petite taille pourrait se former. Néanmoins, l'interprétation à donner de cette disposition est floue en raison de l'absence d'une pratique étatique suffisamment établie³¹². De même, l'article IX invite également les États parties au Traité à procéder à leur exploration « de manière à éviter les effets préjudiciables de leur contamination ainsi que les modifications nocives du milieu terrestre résultant de l'introduction de substances extraterrestres et, en cas de besoin, [à prendre] les mesures appropriées à cette fin ». Dans l'hypothèse d'un réflecteur fabriqué à partir de verre lunaire³¹³, un éventuel risque de contamination du milieu terrestre avec des substances d'origine extraterrestre serait à prendre en considération en cas d'accident. Au regard de ce que nous avons dit précédemment, il faudrait en revanche rattacher cet accident à une entreprise d'exploration ou de recherche pour que cette disposition soit applicable, même si certains auteurs attribuent l'omission du terme « utilisation » à une erreur de rédaction³¹⁴. En tout état de cause, il est possible de voir dans l'article IX une approche de précaution, le principe de précaution étant, bien que controversé dans le droit international général, un principe utilisé dans de nombreux instruments conventionnels applicables à la géo-ingénierie³¹⁵.

³⁰⁹ Gerd Winter, *op. cit.*, p. 993.

³¹⁰ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 17.

³¹¹ *Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes*, *op. cit.*, article IX, alinéa 3.

³¹² Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, pp. 20-21.

³¹³ A cet égard, il convient également de noter que les quantités astronomiques de matière lunaire nécessaires pour fabriquer un tel réflecteur risquent d'excéder les « quantités raisonnables [...] des minéraux et d'autres substances de la Lune » autorisées pour leurs recherches scientifiques dans le cadre de l'Accord régissant les activités des États sur la Lune et les autres corps célestes ; ainsi que la disposition du même accord prévoyant que « La Lune et ses ressources naturelles constituent le patrimoine commun de l'humanité », même si très peu d'États ont ratifié cet Accord. *Accord régissant les activités des États sur la Lune et les autres corps célestes*, 5 décembre 1979, articles 6 et 11.

³¹⁴ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 19.

³¹⁵ *Ibid.*, p. 22.

En outre, le troisième alinéa de cet article dispose que « *les États doivent faciliter et encourager la coopération internationale dans ces recherches*³¹⁶ ». Cette obligation générale de coopération a ensuite été précisée par une déclaration de l'Assemblée générale des Nations Unies sur la coopération internationale en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace au profit et dans l'intérêt de tous les États, compte tenu en particulier des besoins des pays en développement. Selon cette déclaration, qui n'est pas contraignante, les États « *devraient contribuer à promouvoir et encourager la coopération internationale sur une base équitable et mutuellement acceptable*³¹⁷ ». Cet objectif a peu de chances d'être atteint en raison du monopole d'une entreprise sur ces méthodes³¹⁸. Dans le cas d'un déploiement unilatéral, ce principe d'équité risque donc d'être compromis. Plus récemment, l'Assemblée générale des Nations Unies a adopté une résolution à l'occasion du cinquantième de la première Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique. Cette résolution, intitulée « *L'espace comme moteur de développement durable* », invite une nouvelle fois à une plus grande coopération des États « *afin d'améliorer la contribution des activités spatiales à la réalisation du Programme de développement durable à l'horizon 2030*³¹⁹ ».

En tout état de cause, dans cette hypothèse, « *les activités des entités non gouvernementales dans l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes, doivent faire l'objet d'une autorisation et d'une surveillance continue de la part de l'État approprié partie au Traité*³²⁰ ». L'article VI Traité de 1967 établit alors la responsabilité internationale des États pour les activités menées dans l'espace extra-atmosphérique, qui est ensuite détaillée par une Convention de 1972.

Paragraphe 2 : La responsabilité internationale des États pour les activités dans l'espace

La Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux de 1972 concrétise et précise cette responsabilité. Celle-ci n'est déclenchée qu'en cas de dommage, un terme qui « *désigne la perte de vies humaines, les lésions corporelles ou*

³¹⁶ *Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes, op. cit.*, article I, alinéa 3.

³¹⁷ Assemblée Générale des Nations Unies, *Déclaration sur la coopération internationale en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace au profit et dans l'intérêt de tous les États, compte tenu en particulier des besoins des pays en développement*, A/RES/51/122 du 13 décembre 1996, Annexe, alinéa 3.

³¹⁸ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 111.

³¹⁹ Assemblée Générale des Nations Unies, *L'espace comme moteur de développement durable*, Résolution A/RES/73/6 du 26 octobre 2018, p. 2.

³²⁰ *Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes, op. cit.*, Article VI.

*autres atteintes à, la santé, ou la perte de biens d'État ou de personnes, physiques ou morales, ou de biens d'organisations internationales intergouvernementales, ou les dommages causés auxdits biens*³²¹ ».

Selon l'article II de cette Convention, « *un État de lancement a la responsabilité absolue de verser réparation pour le dommage causé par son objet spatial à la surface de la Terre ou aux aéronefs en vol*³²² ». Dans le cas d'un dommage causé à un autre objet spatial, l'article III précise que l'État de lancement de l'objet ayant causé le dommage « *n'est responsable que si le dommage est imputable à sa faute ou à la faute des personnes dont il doit répondre*³²³ ».

Dans le premier cas, l'État est responsable de par sa seule qualité d'« État de lancement », c'est-à-dire « *Un État qui procède ou fait procéder au lancement d'un objet spatial [ou] dont le territoire ou les installations servent au lancement d'un objet spatial*³²⁴ » ; c'est donc une responsabilité objective³²⁵. Dans le second cas, pour que la responsabilité soit établie, il faut démontrer l'existence d'une faute ayant causé le dommage et imputable à l'État de lancement ; il y a donc l'introduction d'un élément subjectif pour l'établissement de la responsabilité³²⁶. Cette différence de traitement était destinée, lors de la conclusion de l'accord, à protéger les États non spatiaux des dommages pouvant résulter de l'activité spatiale des grandes puissances³²⁷. Ce traitement protecteur découle, en quelque sorte, de la « responsabilité » qu'ont les États parties au Traité de 1967 à l'égard des activités qu'ils poursuivent dans l'espace extra-atmosphérique. Cette responsabilité, entendue en tant que norme primaire (*responsibility*) se traduit par une obligation de réparation, norme secondaire (*liability*) en cas de dommage et ce, de manière automatique lorsqu'il touche un objet non spatial (article II). Dans le cas contraire, il faudra démontrer l'existence d'un manquement à la norme primaire pour déclencher l'obligation de réparer sur le fondement de la norme secondaire (article III).

La définition de l'État de lancement est également protectrice pour les États ayant subi le dommage. En effet, l'existence de quatre conditions alternatives permet à coup sûr de déclencher la responsabilité d'au moins un État pour les dommages ayant eu lieu en dehors de

³²¹ *Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux*, conclue à Londres, Moscou et Washington le 29 mars 1972, article I. a).

³²² *Ibid.*, article II.

³²³ *Ibid.*, article III.

³²⁴ *Ibid.*, article I. c).

³²⁵ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 23.

³²⁶ *Ibid.*

³²⁷ Armel KERREST, « Actualités du droit de l'espace : la responsabilité des États du fait de la destruction des satellites dans l'espace », in : *Annuaire français de droit international*, vol. 55, 2009, p. 617.

l'espace extra-atmosphérique³²⁸. Dans le cas d'une pluralité d'États de lancement, ce qui est souvent le cas, ils sont solidairement responsables³²⁹. Ceci pose des difficultés, en particulier pour les dommages causés aux objets spatiaux, car il faut prouver une faute qui n'a pas nécessairement été commise par l'ensemble des États de lancement³³⁰.

En ce qui concerne plus précisément la responsabilité internationale pour les dommages causés par des réflecteurs dans l'espace, la question des dommages au sol ou aux aéronefs ne se pose pas. En effet, dans l'hypothèse d'une chute accidentelle, leur passage dans l'atmosphère les consumerait avant qu'ils ne puissent causer un quelconque dommage³³¹. L'hypothèse d'un dommage causé à d'autres objets spatiaux est par conséquent plus probable. Si ces réflecteurs sont assimilables à des objets spatiaux, le régime de responsabilité sera celui décrit précédemment. La procédure de responsabilité est décrite aux articles VIII à XIII de la Convention : l'État qui a subi le dommage présente une demande de réparation, par la voie diplomatique ou par l'intermédiaire d'un tiers (un autre État ou le Secrétaire général des Nations Unies)³³². Le délai imparti à l'État lésé pour la demande de réparation est d'un an³³³. Celle-ci ne nécessite pas l'épuisement des voies de recours ouvertes dans le droit interne de l'État de lancement³³⁴ et se fait dans la monnaie de l'État demandeur si les États ne conviennent pas d'un autre mode de réparation³³⁵. Enfin, une Commission de règlement des demandes peut être instituée si la demande de réparation n'est pas traitée dans le délai d'un an par la voie diplomatique. Elle rend une décision obligatoire si les parties en ont convenu ainsi³³⁶.

En revanche, dans la mesure où un réflecteur désaffecté pourrait être assimilable à un débris, la responsabilité serait plus difficile à établir. Dans un document récent du Bureau des affaires spatiales des Nations Unies, les débris spatiaux ont été définis comme « *tous les objets, y compris les fragments ou éléments d'objets, produits par l'homme qui sont en orbite autour de la Terre ou qui rentrent dans l'atmosphère et qui ne sont pas opérationnels*³³⁷ ».

³²⁸ *Ibid.*

³²⁹ *Ibid.*

³³⁰ *Ibid.*, p. 619.

³³¹ *Ibid.*, p. 621.

³³² *Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux, op. cit.*, article IX.

³³³ *Ibid.*, article X.

³³⁴ *Ibid.*, article XI.

³³⁵ *Ibid.*, article XIII.

³³⁶ Armel KERREST, *op. cit.*, p. 617.

³³⁷ Bureau des affaires spatiales des Nations Unies, *Droit international de l'espace : instruments des Nations Unies*, New York, juin 2017, p. 95.

La faute serait difficilement imputable à un État de lancement en raison du nombre important de débris qui circulent déjà autour de la Terre. Les États-Unis étant le seul État à avoir un dispositif efficace de suivi de ses débris spatiaux³³⁸, l'imputabilité d'un éventuel dommage serait difficilement réalisable. Des lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux ont été adoptées, d'après lesquelles les États sont encouragés à « *limiter les débris produits au cours des opérations normales* », cependant aucune ligne directrice ne donne d'éléments concernant la responsabilité internationale pour les dommages causés par ces débris.

Enfin, la question du dommage environnemental que pourraient causer les réflecteurs dans l'espace n'est pas prise en considération dans ces instruments. Ces dommages environnementaux ne peuvent pas même être déduits de la notion de dommage, en l'absence d'une pratique étatique suffisamment établie³³⁹. Le même constat s'impose pour les activités des États dans l'atmosphère, bien que là encore des instruments juridiques soient applicables à ces questions.

Section 2 : Instruments relatifs à la pulvérisation d'aérosols dans l'atmosphère

Dans l'atmosphère, une partie du rayonnement solaire est d'ores et déjà filtré³⁴⁰. Les méthodes de géo-ingénierie visant à accroître la réflectivité de ce rayonnement dans l'atmosphère passe par la pulvérisation d'aérosols dans l'atmosphère, que ce soit pour une dispersion directe de la lumière du Soleil – un phénomène naturellement observé lors des grandes éruptions volcaniques – ou pour fournir aux nuages des noyaux de condensation leur permettant de réfléchir le rayonnement solaire pendant plus longtemps. Ces méthodes d'injection d'aérosols atmosphériques ont pour objectif commun de viser une modification à grande échelle du système climatique. Pour les États souhaitant les mettre en œuvre, il en résulterait des obligations au regard de la Convention ENMOD³⁴¹. Ceci est valable pour l'ensemble des techniques de géo-ingénierie en raison de sa définition particulièrement large des « modifications de l'environnement³⁴² », mais ceci revêt une importance particulière en ce qui concerne la géo-ingénierie atmosphérique, qui pourrait être mise en œuvre unilatéralement avec des résultats rapides. Ces méthodes sont donc réglementée de manière sectorielle, avec

³³⁸ *Ibid.*, p. 621.

³³⁹ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, pp. 23-24.

³⁴⁰ Voir *supra*, l'étude du bilan radiatif.

³⁴¹ Voir *infra*, la recherche comme moyen de prévention des risques.

³⁴² *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, article 2.

des instruments spécifiques à l'injection d'aérosols réfléchissants dans l'atmosphère (Paragraphe 1) et au blanchissement des nuages marins (Paragraphe 2).

Paragraphe 1 : Instruments spécifiques à l'injection d'aérosols réfléchissants

L'injection d'aérosols soufrés dans la stratosphère en elle-même étant susceptible d'appauvrir la couche d'ozone, il convient premièrement de se demander si ces techniques pourraient dans le champ d'application de la Convention de Vienne de 1985. De plus, les aérosols finissant irrémédiablement par tomber vers le sol, se pose la question de leur impact dans la troposphère, la couche basse de l'atmosphère. Deuxièmement, les moyens mis en œuvre pour ladite injection (par le biais d'aéronefs ou de ballons) sont également susceptibles d'être réglementés par le droit international. Nous allons donc nous intéresser à la réglementation de la SAI quant à son impact sur l'environnement et le système climatique (A), puis sa réglementation quant aux moyens mis en œuvre pour son déploiement (B).

A. Les instruments applicables à l'impact environnemental de l'injection d'aérosols

Premièrement, lorsqu'ils sont injectés dans la stratosphère, les aérosols risquent de réagir avec l'ozone très instable qui y est présente et entrer en contradiction avec la Convention de Vienne de 1985. La couche d'ozone y est définie comme « *la couche d'ozone atmosphérique présente au-dessus de la couche limite de la planète*³⁴³ ». Selon cette Convention, les Parties ont l'obligation de prendre des mesures appropriées pour « *protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets néfastes résultant ou susceptibles de résulter des activités humaines qui modifient ou sont susceptibles de modifier la couche d'ozone*³⁴⁴ ». Bien que soient ici visés les effets néfastes des activités humaines modifiant la couche d'ozone et non pas les effets néfastes de l'altération même de l'ozone, les Parties à cette Convention se disent, dans le Préambule, « *conscientes de l'incidence néfaste que pourrait avoir sur la santé humaine et l'environnement toute modification de la couche d'ozone*³⁴⁵ ». Cet impératif de protection concerne alors la couche d'ozone en elle-même, y compris pour des activités humaines *susceptibles* de modifier la couche d'ozone. Les activités modifiant la couche d'ozone sont précisées dans l'Annexe I de la Convention, qui liste dans son n°4 une série de « *substances chimiques d'origine naturelle ou anthropogène [qui] semblent avoir le pouvoir*

³⁴³ Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone, 22 mars 1985, Vienne, article 1.1.

³⁴⁴ *Ibid.*, article 2.1.

³⁴⁵ *Ibid.*, Préambule alinéa 1.

*de modifier les propriétés chimiques et physiques de la couche d'ozone*³⁴⁶ ». Bien que cette liste n'évoque pas les composés soufrés, elle contient les substances hydrogénées telles que l'eau. Selon Gerd Winter, « *this means that stratospheric aerosol injection and the resulting condensation of water particles could damage the ozone layer*³⁴⁷ ». Cette liste demeure toutefois indicative et il n'en résulte « *aucune obligation de réduction ou d'élimination des substances qui appauvrissent l'ozone*³⁴⁸ ».

Le Protocole de Montréal de 1987, complétant et précisant la Convention de Vienne, reconnaît que « *les émissions à l'échelle mondiale de certaines substances peuvent appauvrir de façon significative et modifier autrement la couche d'ozone d'une manière qui risque d'avoir des effets néfastes sur la santé de l'homme et l'environnement*³⁴⁹ ». Contrairement à la Convention, il impose de réelles obligations aux Parties, notamment de réduire les émissions de ces substances³⁵⁰. Les substances réglementées, qui sont les substances « *figurant à l'annexe A au présent Protocole, qu'elle[s] se présente[nt] isolément ou dans un mélange*³⁵¹ », doivent alors faire l'objet d'une élimination dans un délai déterminé. C'est également un instrument adaptatif voué à tenir compte des nouvelles connaissances scientifiques. Ainsi l'article 6 de ce Protocole prévoit que tous les quatre ans à partir de 1990, « *les Parties déterminent l'efficacité des mesures de réglementation énoncées à l'art. 2, en se fondant sur les données scientifiques, environnementales, techniques et économiques dont elles disposent*³⁵² ». Lors de cet examen périodique, les Parties peuvent modifier les échéances de réduction des émissions ou ajouter de nouvelles substances réglementées³⁵³. Ceci revêt une importance particulière car le soufre ni aucune autre substance susceptible d'être utilisée dans la SAI n'est actuellement réglementée par le Protocole. Néanmoins, en raison de sa nature adaptable et la mise en avant croissante des techniques de SAI, le Protocole de Montréal pourrait avoir une grande importance à l'avenir³⁵⁴.

³⁴⁶ *Ibid.*, Annexe I, n°4.

³⁴⁷ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 992.

³⁴⁸ Jean-Maurice ARBOUR, Sophie LAVALLÉE, Jochen SOHNLE *et al.*, *Droit international de l'environnement*, Yvon Blais, 3^{ème} édition, Tome 2, p. 729.

³⁴⁹ *Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone*, 16 septembre 1987, Préambule alinéa 2.

³⁵⁰ Jean-Maurice ARBOUR, Sophie LAVALLÉE, Jochen SOHNLE *et al.*, *op. cit.*, p. 730. Voir également Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 31.

³⁵¹ *Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone*, *op. cit.*, article 1.4.

³⁵² *Ibid.*, article 6.

³⁵³ *Ibid.*, article 2.10.

³⁵⁴ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 31.

Deuxièmement, même si les aérosols injectés dans la stratosphère sont voués à y rester plus longtemps que dans la troposphère, ils finissent tout de même par revenir vers le sol après un ou deux ans³⁵⁵. Le soufre faisant partie des substances susceptibles de générer l'ozone troposphérique, il s'agit d'un polluant responsable du smog photochimique et des pluies acides. De plus, les vents stratosphériques étant susceptibles de transporter ces aérosols sur de longues distances avant qu'ils reviennent vers la troposphère, le risque d'une pollution transfrontière est grand. Se pose alors la question de l'applicabilité de la Convention de 1979 sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance – en anglais : *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution* (CLRTAP). Dans le cadre de cette convention, la pollution atmosphérique est définie de manière similaire à la définition que donne la Convention de Montego Bay de la pollution du milieu marin :

« L'expression "pollution atmosphérique" désigne l'introduction dans l'atmosphère par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie ayant une action nocive de nature à mettre en danger la santé de l'homme, à endommager les ressources biologiques et les écosystèmes, à détériorer les biens matériels, et à porter atteinte ou nuire aux valeurs d'agrément et aux autres utilisations légitimes de l'environnement³⁵⁶ ».

Cette pollution atmosphérique est dite « transfrontière à longue distance » lorsque « [sa] source physique est comprise totalement ou en partie dans une zone soumise à la juridiction nationale d'un État et [qu'elle] exerce des effets dommageables dans une zone soumise à la juridiction d'un autre État à une distance telle qu'il n'est généralement pas possible de distinguer les apports des sources individuelles ou groupes de sources d'émission³⁵⁷ ».

Les Parties à cette Convention, qui n'est ouverte à la signature qu'aux États membres de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-ONU), s'efforcent alors de limiter cette pollution et de la réduire graduellement³⁵⁸. Le dioxyde de soufre SO₂ et les substances apparentées (dont le H₂S) font à ce titre l'objet d'une grande surveillance des Parties³⁵⁹ mais leur effet dommageable dans le cadre de la SAI n'est que potentiel. Contrairement à la Convention de Vienne, la CLRTAP ne prend pas en considération les

³⁵⁵ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 85.

³⁵⁶ *Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance*, 13 novembre 1979, article 1.a).

³⁵⁷ *Ibid.*, article 1.b).

³⁵⁸ *Ibid.*, article 2.

³⁵⁹ *Ibid.*, article 9.a).

activités *susceptibles* de causer une pollution³⁶⁰. Il est donc peu probable que la CLRTAP soit applicable à la SAI tant que la pollution atmosphérique résultant de cette activité ne peut être prouvée³⁶¹.

Cette Convention a fait l'objet de plusieurs protocoles, dont plusieurs ont porté sur le soufre (Protocole d'Helsinki de 1985 et Protocole d'Oslo de 1994). Ces protocoles, enjoignant aux Parties de maîtriser et réduire leurs émissions de soufre, entendent par « *"émissions" le rejet de substances dans l'atmosphère*³⁶² ». Cela ne vise cependant pas l'injection intentionnelle de soufre ;

*« It is true that these Protocols oblige parties to gradually reduce emissions of sulphur but their scope is emissions from combustion of fossil fuels for energy production, industrial processes and transport »*³⁶³.

Enfin, le Protocole de Göteborg de 1999, relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique, élargit le champ de la protection avec une approche « *multipolluants / multieffets*³⁶⁴ » mais aussi en incluant les polluants *susceptibles* d'avoir des effets nocifs³⁶⁵. En outre, il élargit la définition de l'émission en désignant « *le rejet d'une substance dans l'atmosphère à partir d'une source ponctuelle ou diffuse*³⁶⁶ », ce qui pourrait éventuellement englober la SAI sous réserve, et ce n'est pas une mince affaire, que cela corresponde à la volonté des Parties.

En effet, les États sont souverains y compris sur le territoire aérien surplombant leur territoire terrestre. Ils ont également la liberté, à ce titre, de mettre en place des dispositifs pour injecter des aérosols dans l'atmosphère de leur territoire.

³⁶⁰ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 991.

³⁶¹ Alexander PROELß, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 26.

³⁶² *Protocole relatif à la réduction des émissions de soufre ou de leurs flux transfrontières d'au moins 30 pour cent*, 8 juillet 1985, , article 2.11.

Protocole relatif à une nouvelle réduction des émissions de soufre, 14 juin 1994, article 2.11.

³⁶³ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 991.

³⁶⁴ Jean-Maurice ARBOUR, Sophie LAVALLÉE, Jochen SOHNLE *et al.*, *Droit international de l'environnement*, Yvon Blais, 3^{ème} édition, Tome 1, p. 700.

³⁶⁵ *Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique*, 30 novembre 1999, article 2.

³⁶⁶ *Ibid.*, article 1.7.

B. Les instruments applicables aux moyens mis en œuvre pour l'injection d'aérosols

Les méthodes d'injection de soufre dans l'atmosphère supposent, pour produire un effet significatif, d'être mises en place de manière continue. Elles seraient donc réalisées grâce à une flotte d'aéronefs ou de ballons. Selon l'Organisation de l'aviation civile internationale, un aéronef se définit comme « *tout appareil volant plus lourd que l'air*³⁶⁷ ». Cette définition ne comprend alors que les aéroplanes, dont la sustentation en l'air est obtenue grâce à la portance aérodynamique de leur voilure – fixe pour les avions, tournante pour les hélicoptères. Elle ne vise pas les aérostats, c'est-à-dire les ballons qui sont plus légers que l'air.

Ainsi, la Convention de Chicago relative à l'aviation civile internationale n'est applicable qu'aux aéronefs. Celle-ci confirme la souveraineté complète et exclusive des États sur l'espace aérien au dessus de leur territoire³⁶⁸ et instaure une liberté de circulation au dessus du territoire des autres États. Selon l'article 5, le passage au dessus du territoire d'un autre État doit se faire sans escale pour les services aériens internationaux non réguliers³⁶⁹, ce qui semble être le cas pour des aéronefs qui seraient chargés de l'injection d'aérosols. En effet, ceux-ci ne réuniraient pas toutes les conditions pour constituer des vols assurant un service régulier³⁷⁰. Cette disposition pourrait être pertinente au regard de l'injection d'aérosols lors du passage d'un aéronef au dessus du territoire d'un État selon certains auteurs, mais aucun élément dans la Convention de Chicago ne nous permet de nous avancer sur ce point³⁷¹. Concernant, enfin, la possibilité de réaliser la SAI à l'aide d'aéronefs sans pilote, la Convention de Chicago interdit en principe le survol du territoire d'un État par un aéronef étranger sans pilote. En outre, « *chaque État contractant s'engage à faire en sorte que le vol d'un tel aéronef sans pilote dans des régions ouvertes aux aéronefs civils soit soumis à un contrôle qui permette d'éviter tout danger pour les aéronefs civils*³⁷² ».

En définitive, la légalité internationale de la SAI dépend principalement des effets de ces méthodes sur l'environnement³⁷³. S'il n'y a pas d'instrument qui gouverne l'atmosphère, il y a, pour le milieu marin, la Convention de Montego Bay qui pourrait être applicable aux techniques de modification de l'albédo en milieu marin.

³⁶⁷ Organisation de l'aviation civile internationale, *Manuel de la réglementation du transport aérien international*, 2^e édition, 2004, p. 5.2-1.

³⁶⁸ *Convention de Chicago relative à l'aviation civile internationale*, 7 décembre 1944, article 1.

³⁶⁹ *Ibid.*, article 5.

³⁷⁰ Organisation de l'aviation civile internationale, *op. cit.*, pp. 5.3-1 et 5.3-2.

³⁷¹ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 31.

³⁷² *Convention de Chicago relative à l'aviation civile internationale*, 7 décembre 1944, article 8.

³⁷³ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 32.

Paragraphe 2 : Instruments spécifiques au blanchissement des nuages marins

Les méthodes de modification de l'albédo dans le milieu marin, et principalement le MCB, posent des questions juridiques quant aux moyens déployés (A) et quant à l'impact de ces méthodes sur l'environnement, non seulement dans le milieu marin mais également dans l'atmosphère (B).

A. Les moyens déployés pour le blanchissement des nuages marins

Cette méthode pourrait être appliquée par n'importe quel État, dans les espaces maritimes soumis à sa juridiction³⁷⁴ mais également dans la Haute Mer. Elle prendrait la forme d'une flotte de navires sans équipage, munis de dispositifs de pulvérisation de l'eau de mer et fonctionnant grâce à l'énergie éolienne³⁷⁵. Ceux-ci se déplaceraient en étant guidés à distance par leur État de pavillon.

Les États disposent alors d'un droit de passage inoffensif de leurs navires dans la mer territoriale d'un autre État. Ce passage inoffensif doit être continu et rapide³⁷⁶ et ne doit pas inclure des activités de recherche ni, de manière générale, aucune activité n'ayant pas de rapport avec le passage³⁷⁷. Ainsi, la recherche en matière de MCB dans la mer territoriale d'un autre État côtier nécessite son accord. La mise en œuvre de ces pratiques à des fins autres que la recherche ne correspond pas cependant à un « passage continu et rapide », car les navires en question devraient s'arrêter à certains endroits pour pulvériser l'eau de mer³⁷⁸. En outre, s'il est vrai que la Convention comprend l'arrêt et le mouillage dans la définition du passage continu et rapide, ceux-ci doivent correspondre à des incidents ordinaires de navigation, ce qui ne serait pas le cas ici³⁷⁹.

Dans sa zone économique exclusive, un État n'exerce pas la souveraineté mais seulement des droits souverains. Ces derniers sont limités, selon l'article 56, à l'exploration, l'exploitation, la conservation et la gestion des ressources naturelles marines. Dans le cas où les activités de MCB d'un État sont considérées comme de la recherche scientifique, leur mise en place dans la ZEE d'un autre État serait soumise à l'autorisation de cet État côtier, conformément à

³⁷⁴ En particulier dans ses eaux intérieures. Voir *Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, op. cit.*, article 8.1.

³⁷⁵ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 33.

³⁷⁶ *Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, op. cit.*, article 18.

³⁷⁷ *Ibid.*, article 19. j) et 19. l).

³⁷⁸ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 34.

³⁷⁹ *Ibid.*

l'article 246³⁸⁰. Toutefois, en l'absence de définition générale, dans la Convention, de la recherche scientifique marine, la nécessité d'une autorisation dépendrait de la portée de cette notion au sens de l'article 56³⁸¹. Dans le cas où ces activités ne sont pas considérées comme de la recherche scientifique marine, les États tiers jouissent d'une liberté de navigation dans la ZEE de l'État côtier, garantie par l'article 58. Ceci est valable, en particulier, pour permettre aux États sans littoral de bénéficier des activités maritimes, notamment la liberté de navigation en vue de rejoindre la haute mer³⁸². Le MCB étant une activité nécessitant un accès à la mer, il peut être déduit de cette disposition une autorisation de ces pratiques. Néanmoins, cette interprétation est discutable car la navigation représente davantage un simple moyen pour le déploiement du MCB. Par conséquent, il n'est pas certain qu'un lien suffisant avec la liberté de navigation soit établi³⁸³.

Enfin, dans la Haute Mer, l'article 89 indique « [qu'aucun] *État ne peut légitimement prétendre soumettre une partie quelconque de la haute mer à sa souveraineté* ». L'usage de la haute mer est par conséquent libre, comme évoqué précédemment. Néanmoins, cette liberté doit s'exercer « *dans les conditions prévues par les dispositions de la Convention et les autres règles du droit international*³⁸⁴ ». Les conditions prévues sont essentiellement d'ordre environnemental, le MCB étant malgré tout un procédé incertain.

B. L'impact environnemental du blanchissement des nuages marins

L'impact environnemental de ces techniques est relativement imprévisible³⁸⁵. Le MCB étant une méthode de modification de l'albédo, peuvent en résulter des effets néfastes notamment pour la flore marine qui utilise la photosynthèse, dont les phytoplanctons responsables de l'absorption de CO₂ atmosphérique. Elle pourrait donc baisser la productivité des océans³⁸⁶. Il pourrait, en outre, en résulter une baisse de l'évaporation en raison de la diminution du rayonnement solaire, résultant en une baisse des précipitations ailleurs. Enfin, l'injection de particules de sel dans l'air comme noyaux de condensation stimulant la formation des nuages pourrait également accroître la salinité des précipitations, ce qui risque d'avoir des

³⁸⁰ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 35. Voir également *Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, op. cit.*, article 246.

³⁸¹ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 36.

³⁸² *Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, op. cit.*, article 125.

³⁸³ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 36.

³⁸⁴ *Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, op. cit.*, article 87.

³⁸⁵ Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 77.

³⁸⁶ Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012), *op. cit.*, p. 51.

conséquences environnementales et sociales graves, notamment dans les pays en développement³⁸⁷.

S'agissant plus particulièrement de la pollution du milieu marin, cette pollution est assez incertaine. Néanmoins, au regard de la définition précédemment donnée de la pollution du milieu marin, celle-ci comprend l'introduction de substances ou d'énergie qui ont ou *peuvent avoir* un effet néfaste sur le milieu marin³⁸⁸. Dans le cas du MCB, « *les États côtiers peuvent, dans l'exercice de leur souveraineté sur leur mer territoriale, adopter des lois et règlements pour prévenir, réduire et maîtriser la pollution du milieu marin par les navires étrangers, y compris les navires exerçant le droit de passage inoffensif*³⁸⁹ ». Une faculté similaire dans la ZEE peut être déduite de l'article 56, selon lequel l'État côtier a des droits souverains aux fins [...] de conservation et de gestion des ressources naturelles. L'État côtier dispose alors d'un certain nombre de pouvoirs, sur le fondement de l'article 220, pour imposer les lois et réglementations qu'il a adopté sur le fondement des articles précités. Il peut notamment, lorsqu'il a de sérieuses raisons de penser qu'un navire étranger a commis, dans sa ZEE ou sa mer territoriale, une infraction aux règles et normes internationales applicables visant à prévenir, réduire et maîtriser la pollution par les navires ou aux lois et règlements qu'il a adoptés conformément à ces règles, demander des renseignements au navire. Il peut également procéder à une inspection matérielle du navire lorsque cette infraction a été réalisée dans sa mer territoriale³⁹⁰. En outre, la pollution résultant du MCB peut également être d'origine atmosphérique ou transatmosphérique. Conformément à l'article 212, les États ont également le pouvoir d'adopter des lois et règlements pour maîtriser et prévenir ce type de pollution³⁹¹.

Le droit international reste cependant très insuffisamment adapté aux différentes techniques de géo-ingénierie. Le régime qui peut être dessiné de par la juxtaposition de ces instruments isolés ne prend pas en compte le caractère global et systémique des effets de la géo-ingénierie³⁹². De leur côté, les techniques de géo-ingénierie sont très incertaines et les États, ainsi qu'une multitude d'acteurs privés, s'engagent dans la recherche pour mieux comprendre les phénomènes liés à la manipulation du climat à grande échelle. Dans les années à venir, des nécessités de gouvernance de la géo-ingénierie et de la recherche y-relative se feront de plus

³⁸⁷ Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 78.

³⁸⁸ *Convention des Nations Unies sur le droit de la mer*, *op. cit.*, article 1.

³⁸⁹ *Ibid.*, article 211.4.

³⁹⁰ *Ibid.*, article 220.

³⁹¹ *Ibid.*, article 212.

³⁹² Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 1000

en plus ressentir. Se posera alors la question, éventuellement, d'un nouveau régime de droit international réglementant directement la géo-ingénierie. Cette option étant peu probable³⁹³, il convient désormais d'analyser ce que nous avons à notre disposition pour réglementer la géo-ingénierie, c'est-à-dire un panel d'instruments transversaux, tout aussi imparfaits.

³⁹³ *Ibid.*, p. 1005.

PARTIE 2 : LE TRAITEMENT JURIDIQUE DE LA GÉO-INGÉNIERIE A TRAVERS UN RÉGIME TRANSVERSAL

Après avoir analysé les règles applicables aux différents procédés de géo-ingénierie à raison des interventions concrètes qu'elles supposent, voyons les instruments internationaux applicables de manière transversale à la géo-ingénierie, en tant qu'unité conceptuelle. C'est un éventail de procédés qui, dans leur ensemble, nécessitent plus de connaissances scientifiques³⁹⁴, ce qui suppose d'effectuer des recherches et des expérimentations. Des simulations et des modélisations ont été réalisées pour essayer de prédire l'impact de chacune de ces méthodes³⁹⁵. Néanmoins, les phénomènes impliqués sont très complexes et seuls des essais « grandeur nature » permettraient de déterminer avec exactitude l'efficacité, les risques et les dommages collatéraux (*side effects*) de cette technologie³⁹⁶. C'est évidemment problématique, étant donné que plusieurs de ces procédés sont irréversibles ou difficilement réversibles³⁹⁷. En outre, l'engouement pour la recherche dans ce domaine peut, comme évoqué précédemment, freiner les avancées et les négociations en matière d'atténuation, qui est pourtant fondamentale dans la lutte contre le changement climatique.

Le droit international général et le droit international de l'environnement contiennent un grand nombre de règles qui pourraient être applicables, au moins partiellement, à la géo-ingénierie. D'autres règles de droit international spécial peuvent aussi avoir une pertinence, mais ne seront effectivement applicables que si telle est l'intention des Parties. Cet ensemble de règles, dont la valeur normative est parfois controversée, est néanmoins peu adapté à ce nouveau concept. Selon Ralph Bodle, « *it is no surprise that, as of yet, no internationally binding rules exist specifically on geoengineering*³⁹⁸ ». Le changement climatique étant également un enjeu

³⁹⁴ Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 13, p. 31, p. 36. Voir également : Wilfried RICKELS, Gernot KLEPPER, Jonas DOVERN (dir), *op. cit.*, p. 33.

³⁹⁵ Wilfried RICKELS, Gernot KLEPPER, Jonas DOVERN (dir), *op. cit.*, p. 39, p. 45. Voir également : Heleen DE CONINCK, Aromar REVI *et al.*, *op. cit.*, tableau p. 348.

³⁹⁶ Wilfried RICKELS, Gernot KLEPPER, Jonas DOVERN (dir), *op. cit.*, p. 29. Voir également : Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 36.

³⁹⁷ Voir *supra*, « La liberté d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique ». Voir également : Wilfried RICKELS, Gernot KLEPPER, Jonas DOVERN (dir), *op. cit.*, p. 29.

³⁹⁸ Ralph BODLE, « Geoengineering and International Law : The Search for Common Legal Ground », *Tulsa Law Review* (2013), vol. 46, p. 305.

de souveraineté, il pourrait en outre en résulter des risques pour la paix et la sécurité internationales³⁹⁹.

Un régime sur-mesure pourrait toutefois voir le jour, même si cela est hautement improbable⁴⁰⁰. Des principes et recommandations non contraignants existent d'ores et déjà pour réglementer la recherche et la pratique de la géo-ingénierie. Ils pourraient donner un aperçu de ce à quoi ressemblerait un cadre réglementaire pour la géo-ingénierie et sont à ce titre très instructifs, mais ils demeurent de la *soft law* ce qui n'arrêtera pas les industriels les plus voraces.

Ainsi, si certaines règles existantes sont pertinentes, elles sont en manque de complétude normative (Chapitre 1), tandis que les règles spécifiquement applicables à la géo-ingénierie doivent encore affirmer leur caractère contraignant (Chapitre 2).

CHAPITRE 1 : UN RÉGIME TRANSVERSAL EN MANQUE DE COMPLÉTUDE NORMATIVE

Il convient ici de s'intéresser aux instruments du droit international général ou spécial qui peuvent être rattachés à la géo-ingénierie de par leur caractère transversal. La principale préoccupation ici est le caractère global des procédés de géo-ingénierie et de l'étendue dans l'espace des potentiels dommages qui pourraient en résulter. La question des dommages à l'environnement d'un espace non soumis à une juridiction étatique se pose effectivement. En revanche, sur les territoires nationaux, il ne faut pas oublier que les États étant souverains, « *identifier des obligations pour l'État d'accueil d'une activité polluante ayant des effets extraterritoriaux reviendrait à restreindre sa liberté quant à des activités se déroulant exclusivement sur son territoire et ainsi limiter la souveraineté territoriale de cet État*⁴⁰¹ ». Afin de lutter contre une telle interprétation souverainiste qui, d'ailleurs, se retourne contre elle-même lorsque l'on admet que l'intégrité territoriale d'un État « *est affectée dès lors que le territoire de l'État subit des incursions d'une certaine ampleur attribuables [...] à l'État d'origine de la pollution*⁴⁰² » et éviter qu'un simple risque se transforme en dommage, des règles ont été édictées par le droit international en vue d'encadrer la pratique étatique. Ces règles prévoient des obligations substantielles (Section 1) ou procédurales (Section 2).

³⁹⁹ Jesse L. REYNOLDS, *op. cit.*, p. 75.

⁴⁰⁰ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 1005.

⁴⁰¹ Jean-Louis ITEN, Régis BISMUTH, Claire CRÉPET-DAIGREMONT, *Les grandes décisions de la jurisprudence internationale*, 1^{ère} éd. 2018, Dalloz, p. 103.

⁴⁰² *Ibid.*, p. 105.

Section 1 : Le droit substantiel applicable à la géo-ingénierie

Comme nous l'avons dit plus haut, « *le climat étant un ensemble de processus très hétérogènes en interaction, la transformation climatique est toujours incertaine*⁴⁰³ ». La recherche est donc un élément essentiel permettant d'accroître nos connaissances en la matière et, par là même, réduire les risques de la géo-ingénierie. Cela n'est pas si simple, selon certains auteurs qui considèrent le phénomène bien connu, en épistémologie et en sociologie des sciences, d'« *ignorance consciente* » ou « *connaissance négative* »⁴⁰⁴. C'est le constat que certains domaines ne peuvent pas être compris par l'Homme car trop complexes. Selon Gerd Winter, la géo-ingénierie et plus particulièrement la SRM serait un exemple de connaissance négative, en ce qu'elle implique un nombre exorbitant d'interactions si imbriquées les unes dans les autres qu'elle restera à jamais un domaine bien trop complexe pour être suffisamment compris en vue d'être mis en œuvre⁴⁰⁵. Néanmoins, en l'absence de conséquence juridique à ce raisonnement, les activités de recherche sont considérées comme un moyen de réduire les risques associés à une activité (Paragraphe 2), ce qui constitue en somme une mesure de *due diligence* pour les futurs usages de la géo-ingénierie (Paragraphe 1).

Paragraphe 1 : La réduction des risques comme source d'obligations substantielles

Il s'agit, tout d'abord, d'analyser différents instruments qui seraient pertinents en matière de géo-ingénierie, et qui assignent des obligations substantielles aux États sur le fondement du risque avéré de risques suscités par une activité.

En premier lieu, 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), adoptée en 1976, a été ratifiée par un nombre relativement restreint d'États. Tous les membres permanents du Conseil de sécurité des Nations unies en font partie, à l'exception de la France⁴⁰⁶. Elle a défini pour la première fois la notion de modification de l'environnement. Cette notion, bien que plus large que la notion de géo-ingénierie, ou manipulation du climat, peut être pertinente en ce qui nous concerne. La modification de l'environnement y est définie comme « *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*

⁴⁰³ Jean-Baptiste FRESSOZ, Fabien LOCHER, *op. cit.*, pp. 4-5.

⁴⁰⁴ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 1006. Expressions originales : « *conscious ignorance* » et « *negative knowledge* ».

⁴⁰⁵ *Ibid.*

⁴⁰⁶ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 4.

*ses biotes, sa lithosphère, son hydrosphère et son atmosphère, ou l'espace extra-atmosphérique*⁴⁰⁷ ». Cette définition large peut effectivement englober la géo-ingénierie⁴⁰⁸.

Il en résulte, pour tout État partie à cette convention, une obligation de s'abstenir d'utiliser ces techniques à des fins militaires ou à toutes autres fins hostiles⁴⁰⁹. Par conséquent, la géo-ingénierie entreprise à des fins pacifiques n'est pas comprise dans le champ d'application de cette disposition. En raison des risques qui entourent la géo-ingénierie, il est possible de s'interroger sur l'applicabilité de cette disposition à l'égard d'un dommage à l'environnement d'un autre État qui serait causé par lesdites techniques de modification du climat. Cette disposition étant applicable à raison de la finalité de l'emploi de ces techniques, qui doit être hostile, elle ne serait pas applicable. La géo-ingénierie n'est donc pas prohibée par cette disposition. Il ne résulte cependant pas de cette disposition une incitation à utiliser la géo-ingénierie, fut-ce à des fins pacifiques, l'alinéa 1^{er} de ce même article précisant que « *les dispositions de la présente Convention [...] sont sans préjudice des principes généralement reconnus et des règles applicables du droit international concernant une telle utilisation*⁴¹⁰ ».

Parmi ces règles figure le principe de prévention des dommages transfrontières, qui a fait l'objet d'une analyse de la Commission du droit international (CDI) dans son projet d'articles sur la prévention des dommages transfrontières résultant d'activités dangereuses. Ce projet vise les « *activités non interdites par le droit international qui comportent un risque de causer un dommage transfrontière significatif de par leurs conséquences physiques*⁴¹¹ ». Il s'agit donc d'un intéressant complément au projet d'articles, adopté par la Commission la même année, sur la responsabilité de l'État pour fait internationalement illicite⁴¹². Contrairement à ce dernier, qui prévoit la responsabilité de l'État pour la violation d'un engagement international (règle primaire⁴¹³), qui déclenche une obligation de réparation (règle secondaire) ; la prévention assigne aux États une obligation de diligence de manière à ce que le dommage ne se produise pas. Selon la CDI, « *la prévention doit être privilégiée parce*

⁴⁰⁷ *Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles*, Genève, 10 décembre 1976, article 2.

⁴⁰⁸ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 5.

⁴⁰⁹ *Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles*, *op. cit.*, article 1.

⁴¹⁰ *Ibid.*, article 3, alinéa 1.

⁴¹¹ Commission du droit international, « *Projet d'articles sur la prévention des dommages transfrontières résultant d'activités dangereuses et commentaires y relatifs* », *Annuaire de la Commission du droit international*, 2001, vol. II(2), p. 409.

⁴¹² Commission du droit international, « *Projet d'articles sur la responsabilité de l'État pour fait internationalement illicite et commentaires y relatifs* », *Annuaire de la Commission du droit international*, 2001, vol. II(2), pp. 61-393.

⁴¹³ *Ibid.*, p. 61.

*qu'en cas de dommage les indemnisation ne permettent bien souvent pas de rétablir la situation qui existait avant l'événement ou l'accident*⁴¹⁴ ». C'est souvent le cas en ce qui concerne les atteintes au milieu naturel⁴¹⁵, pour lesquelles « *la vigilance et la prévention s'imposent en raison du caractère souvent irréversible des dommages causés à l'environnement et des limites inhérentes au mécanisme même de réparation de ce type de dommages*⁴¹⁶ ». Le principe de prévention est donc un important principe qui a été consacré « *par de nombreux traités multilatéraux concernant la protection de l'environnement, les accidents nucléaires, les objets spatiaux, les cours d'eau internationaux, la gestion des déchets dangereux et la prévention de la pollution des mers*⁴¹⁷ ». Initialement découvert lors de la sentence arbitrale relative à la Fonderie de Trail en 1941, ce principe a été repris par le vingt-et-unième principe de la Déclaration de Stockholm de 1972, selon lequel les États ont « *le devoir de faire en sorte que les activités exercées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle ne causent pas de dommage à l'environnement dans d'autres États ou dans des régions ne relevant d'aucune juridiction nationale*⁴¹⁸ ».

Cette obligation, qui fait désormais partie du corps de règles coutumières et conventionnelles du droit international de l'environnement, se traduit par une obligation de *due diligence*⁴¹⁹. L'État doit alors mettre en œuvre tous les moyens à sa disposition pour éviter que les activités qui se déroulent sur son territoire ne causent un dommage à l'environnement d'un autre État⁴²⁰. Ce n'est cependant qu'une obligation de moyens, et non de résultats⁴²¹. Il en découle une obligation procédurale de réaliser des études d'impact environnemental, qui sera développée plus tard. De plus, il est difficile de déterminer en quoi consisterait un dommage environnemental et de le rattacher à l'activité d'un État dans le contexte de la géo-ingénierie, tant les conséquences de ces activités sont diffuses et prolongées dans le temps. Les risques associés à la géo-ingénierie sont également incertains.

⁴¹⁴ Commission du droit international, « *Projet d'articles sur la prévention des dommages transfrontières résultant d'activités dangereuses et commentaires y relatifs* », *op. cit.*, p. 406.

⁴¹⁵ Laurence BOISSON DE CHAZOURNES, Sandrine MALJEAN-DUBOIS, « *Principes du Droit international de l'Environnement* », *Jurisclasser Environnement et Développement durable*, 2016, vol. Fasc. 2010, p. 14.

⁴¹⁶ CIJ, *Affaire relative au Projet Gabčíkovo-Nagyymaros*, Hongrie c/ Slovaquie, 25 septembre 1997, paragraphe 140.

⁴¹⁷ Commission du droit international, « *Projet d'articles sur la prévention des dommages transfrontières résultant d'activités dangereuses et commentaires y relatifs* », *op. cit.*, p. 407.

⁴¹⁸ *Déclaration de Stockholm*, Conférence des Nations unies sur l'environnement du 5 au 16 juin 1972, Stockholm, principe 21. Disponible sur : https://www.diplomatie.gouv.fr/sites/odyssee-developpement-durable/files/1/Declaration_finale_conference_stockholm_1972.pdf

⁴¹⁹ CIJ, *Affaire relative à des usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay*, Argentine c/ Uruguay, 20 avril 2010, paragraphe 101.

⁴²⁰ *Ibid.*

⁴²¹ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 62.

Les États doivent donc coopérer « *en améliorant la compréhension scientifique par des échanges de connaissances scientifiques et techniques et en facilitant la mise au point, l'adaptation, la diffusion et le transfert de techniques, y compris de techniques nouvelles et novatrices*⁴²² ».

Paragraphe 2 : La recherche comme moyen de prévention des risques

Encore aujourd'hui, les différentes méthodes de géo-ingénierie ne présentent pas les mêmes niveaux de « maturité » technologique. Ceci est à l'origine d'incertitudes quant à l'efficacité et la nécessité de ces méthodes, mais aussi quant à la manière dont elles seront appréhendées par le droit. A cet égard, le droit international et, de manière générale, le droit est toujours en retard par rapport à la technologie et les nouvelles connaissances scientifiques. Ce constat, appelé « *Technology control dilemma* » provient du sociologue britannique David Collingridge. Il a été défini de la façon suivante :

« *The dilemma consists of the fact that it would be ideal to be able to put appropriate governance arrangements in place upstream of the development of a technology to ensure that all of the stages from research and development through to demonstration and full deployment are all appropriately organized and appropriately regulated to safeguard against unwanted health, environmental and social consequences. However, experience repeatedly teaches us that it is all but impossible, in the early stages of development of a technology, to know how it will turn out in its final form*⁴²³ ».

Pourtant, et comme nous l'avons dit, il est nécessaire d'apporter une réponse juridique à ces technologies, en particulier pour celles qui sont irréversibles. La première réponse que le droit peut apporter à ce phénomène est une incitation à la recherche et à la coopération entre les États. Ainsi par exemple, dans le cadre de la Convention ENMOD, « *les États parties à la présente Convention s'engagent à faciliter un échange aussi complet que possible d'informations scientifiques et techniques sur l'utilisation des techniques de modification de l'environnement à des fins pacifiques*⁴²⁴ ». De même, dans le cadre du Traité sur l'espace de 1967, les recherches scientifiques sont libres et « *les États doivent faciliter et encourager la*

⁴²² *Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement*, Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement du 3 au 14 juin 1992, Rio de Janeiro, principe 9. Disponible sur : https://www.diplomatie.gouv.fr/sites/odyssee-developpement-durable/files/9/Declaration_de_Rio_1992_fr.pdf

⁴²³ Anders HANSSON, Steve RAYNER, Victoria WIBECK , « Climate engineering », in : Karin BÄCKSTRAND, Eva LÖVBRAND (dir), *Research handbook on Climate Governance*, Edward Elgar Publishing, 2015, p. 412.

⁴²⁴ *Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles*, op. cit., article 3, alinéa 2.

*coopération internationale dans ces recherches*⁴²⁵ ». Enfin, dans le cadre de la Convention de Montego Bay, les États ont l'obligation de favoriser la recherche scientifique marine⁴²⁶ et le devoir de favoriser la coopération internationale en la matière⁴²⁷.

La deuxième réponse dont le droit dispose pour pallier cette lacune récurrente est le recours à la technique de l'Accord (ou de la Convention) - cadre. Ces conventions cadres sont formulées de manière assez générale de manière à englober tous les éventuels problèmes qui pourraient surgir, plus tard, concernant la réglementation d'une matière déterminée⁴²⁸. Néanmoins, les dispositions de ces conventions ou accords-cadres sont souvent si évasives qu'il est difficile d'attacher des conséquences juridiques à leur violation. Ainsi par exemple, la CCNUCC empêche *toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique*⁴²⁹. De même, la CDB prévoit que chaque Partie doit identifier « *les processus et catégories d'activités qui ont ou risquent d'avoir une influence défavorable sensible sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et surveille[r] leurs effets par prélèvement d'échantillons et d'autres techniques*⁴³⁰ ». Elle prévoit également que « [l]orsqu'un effet défavorable important sur la diversité biologique a été déterminé conformément à l'article 7, [chaque partie contractante] réglemente ou gère les processus pertinents ainsi que les catégories d'activités⁴³¹ ».

Les Parties à la CDB avaient, en 2008, renvoyé à la décision prise dans le cadre de la Convention de Londres pour « *prie[r] les Parties et exhorte[r] les autres gouvernements, en application des principes de précaution, de 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 [...] sauf pour les recherches scientifiques de petite échelle menées dans des eaux côtières*⁴³² ». En 2010, lors de la dixième Conférence des parties, ce moratoire s'est étendu à l'ensemble des activités de géo-ingénierie en invitant les États à s'assurer, « *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*

⁴²⁵ *Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes, op. cit.*, article premier.

⁴²⁶ Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, *op. cit.*, article 239.

⁴²⁷ Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, *op. cit.*, article 242.

⁴²⁸ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 67.

⁴²⁹ *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, op. cit.*, article 2..

⁴³⁰ *Convention sur la diversité biologique, op. cit.*, article 7. c).

⁴³¹ *Ibid.*, article 8. l).

⁴³² Conférence des Parties à la Convention sur la Diversité Biologique, *Décision IX/16 sur la diversité biologiques et les changements climatiques*, 9 octobre 2008, point C, pp. 7-8.

*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*⁴³³ ». Ce moratoire fait référence au principe de précaution. Proche du principe de prévention, il s'en distingue en ce qu'il intervient encore en amont pour éviter toute activité risquée pour l'environnement. L'idée de précaution, telle que définie dans les années 1980, préconise que « *lorsque les effets nuisibles éventuels de ces activités ne sont qu'imparfaitement connus, ces dernières ne devraient pas être entreprises* »⁴³⁴. Ainsi, le moratoire des Parties à la CDB met en œuvre cette idée de précaution en se montrant défavorable à toute activité de géo-ingénierie « *tant qu'il n'existe pas de base scientifique adéquate permettant de justifier de telles activités* »⁴³⁵. La recherche apparaît donc comme un moyen de réduire les risques, et le principe de précaution constitue un moyen juridique de composer avec cette incertitude scientifique.

Ce principe a été formellement consacré dans le principe 15 de la Déclaration de Rio, selon lequel « *En cas de risque de dommages graves ou irréversibles l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement* »⁴³⁶. Si la portée normative de ce principe venait un jour à être confirmée par la Cour Internationale de Justice (CIJ)⁴³⁷, elle serait à double tranchant en ce qui concerne la géo-ingénierie. En effet, si l'approche traditionnelle de précaution tend à disqualifier l'usage de la géo-ingénierie, celle-ci n'en demeure pas moins une réponse potentielle au changement climatique qui, lui-même, présente des risques pour l'environnement.

C'est la question de l'usage du principe de précaution au profit de la géo-ingénierie. Nous passerions, en quelque sorte, « *du devoir d'omission au devoir d'action par précaution* »⁴³⁸. Dans l'hypothèse où des dommages devaient résulter d'une telle intervention, fondée sur la présence de risques immédiats résultant du changement climatique, il pourrait en résulter un

⁴³³ Conférence des Parties à la Convention sur la Diversité Biologique, *Décision X/33 sur la diversité biologiques et les changements climatiques*, 27 octobre 2010, point 8.w), p. 6.

⁴³⁴ Assemblée générale des Nations Unies, *Charte mondiale de la nature*, adoptée le 28 octobre 1982, point 11.b). Disponible dans *Revue juridique de l'environnement*, 1983/2, p. 172.

⁴³⁵ Conférence des Parties à la Convention sur la Diversité Biologique (2010), *op. cit.*

⁴³⁶ *Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement*, *op. cit.*, principe 15.

⁴³⁷ La CIJ s'est, à ce jour, toujours abstenue de reconnaître la valeur coutumière de ce principe, malgré son incorporation dans de nombreux instruments conventionnels et les allusions du TIDM à ce principe qui ne demeure, en définitive, qu'une « approche ». Voir Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, pp. 172-174.

⁴³⁸ Expression empruntée à Alexandra ARAGAO, dans sa participation au colloque international INGILAW, *Tempête sur la planète. Penser le droit et les politiques de l'ingénierie climatique et environnementale à l'heure de l'anthropocène*, 11-12 octobre 2018, Rennes.

manquement à la *due diligence* requise par le projet d'articles de la CDI. Dans ce cas, l'État concerné pourrait-il invoquer l'état de nécessité ? C'est une circonstance excluant l'illicéité (CEI) invocable par un État, sous réserve de respecter des conditions très strictes⁴³⁹, pour échapper à la responsabilité résultant de la violation d'une obligation internationale. Bien que ce soit une règle d'exception, les périls écologiques associés au changement climatique revêtent eux aussi un caractère exceptionnel. Pierre-Marie Dupuy a considéré que « [l]'invocation de la nécessité écologique pourrait ainsi connaître dans l'avenir, en dépit de la faiblesse de ses chances de succès, d'autres occasions ; même si elle est déjà par elle-même, de la part de celui qui l'invoque, un aveu d'impuissance à rester dans le droit⁴⁴⁰ ». Dans l'affaire *Gabčíkovo-Nagymaros*, la CIJ « a reconnu qu'un État pouvait invoquer la nécessité d'éviter un dommage grave à l'environnement pour justifier la méconnaissance délibérée d'une obligation⁴⁴¹ ». Les conditions strictes assorties à l'invocation de l'état de nécessité, parmi lesquelles figurent notamment celle selon laquelle l'intervention « constitue pour l'État le seul moyen de protéger un intérêt essentiel contre un péril grave et imminent⁴⁴² » et celle interdisant l'invocation de cette CEI « si l'État a contribué à la survenance de cette situation⁴⁴³ ». Dans le contexte du changement climatique, il serait par conséquent très difficile, même si un dommage grave et imminent devait en résulter, d'invoquer l'état de nécessité pour légitimer une intervention de géo-ingénierie⁴⁴⁴. De manière générale, « l'argument de nécessité sera sans doute toujours impuissant à justifier les conduites unilatérales⁴⁴⁵ ».

En revanche, l'État peut se prémunir en amont en respectant des obligations de procédure.

Section 2 : Le droit procédural applicable à la géo-ingénierie

Une autre manière pour le droit international de l'environnement de continuer à progresser en dépit des incertitudes scientifiques, qui sont omniprésentes en la matière, est d'assigner aux États des obligations de procédure. Ces règles procédurales peuvent alors viser à réaliser des études d'impact (Paragraphe 1). En outre, le climat et, plus largement, l'environnement étant

⁴³⁹ Commission du droit international, « Projet d'articles sur la responsabilité de l'État pour fait internationalement illicite et commentaires y relatifs », *op. cit.*, article 25, p. 394.

⁴⁴⁰ Pierre-Marie DUPUY, « L'invocation de l'état de nécessité écologique », *Actes du 40^{ème} colloque de la Société française pour le droit international, Grenoble, 8-10 juin 2006*, Pedone, Paris, 2007, p. 224.

⁴⁴¹ *Ibid.*, p. 228.

⁴⁴² Commission du droit international, « Projet d'articles sur la responsabilité de l'État pour fait internationalement illicite et commentaires y relatifs », *op. cit.*, article 25.1.a), p. 394.

⁴⁴³ *Ibid.*, article 25.2.b), p. 394.

⁴⁴⁴ Gerd WINTER, *op. cit.*, pp. 996-997.

⁴⁴⁵ Pierre-Marie DUPUY, *op. cit.*, p. 235.

un bien collectif planétaire⁴⁴⁶, des obligations procédurales relatives à l'information du public semblent indispensables (Paragraphe 2).

Paragraphe 1 : La procédure d'étude d'impact environnemental

Le régime institué par le projet d'articles rédigé par la CDI en 2001, relatif à la prévention des dommages transfrontières résultant d'activités dangereuses, assigne aux États des obligations de prévention. Ces obligations, qui répondent à un impératif de *due diligence*, se manifestent en premier lieu par une obligation procédurale de mener une évaluation d'impact environnemental⁴⁴⁷. Il convient de s'intéresser aux conditions de mise en œuvre de cette procédure (A), puis à son contenu (B).

A. Les conditions de mise en œuvre

Dans une optique de développement durable, les activités industrielles ou économiques susceptibles d'avoir des implications écologiques ou sociales graves font l'objet d'une évaluation. Les conditions de mise en œuvre de cette évaluation sont donc des variables permettant d'ajuster le risque acceptable de manière à équilibrer ces intérêts.

A ce titre, l'étude de la Convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière, signée à Espoo en Finlande en 1991, est pertinente. Dans cette convention, l'impact transfrontière « désigne tout impact et non pas exclusivement un impact de caractère mondial, qu'aurait dans les limites d'une zone relevant de la juridiction d'une Partie une activité proposée dont l'origine physique se situerait en tout ou partie dans la zone relevant de la juridiction d'une autre Partie⁴⁴⁸ ». Dans l'Appendice I de cette convention, sont listées des activités concrètes – telles que les raffineries de pétrole, les centrales thermiques d'une puissance supérieure à 300 mégawatts, les exploitations minières, etc. – qui sont susceptibles d'avoir un impact transfrontière préjudiciable important. Pour toutes les activités listées dans cet appendice⁴⁴⁹ ;

« La Partie d'origine veille à ce que, conformément aux dispositions de la présente Convention, il soit procédé à une évaluation de l'impact sur l'environnement avant que ne soit prise la décision d'autoriser ou d'entreprendre une activité proposée inscrite sur la

⁴⁴⁶ Olivier GODARD, *op. cit.*, p. 292.

⁴⁴⁷ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 63.

⁴⁴⁸ *Convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière*, Espoo, 1991, article 1. viii).

⁴⁴⁹ *Ibid.*, appendice I.

*liste figurant à l'Appendice I, qui est susceptible d'avoir un impact transfrontière préjudiciable important*⁴⁵⁰ ».

L'obligation de recourir à cette procédure d'évaluation d'impact environnemental (EIE) ne touche en principe que les activités concrètes listées à l'appendice I, dont aucune ne correspond à un procédé de géo-ingénierie. Néanmoins, les parties ont l'obligation générale de prendre toutes mesures pour prévenir, réduire et combattre l'impact transfrontière préjudiciable important que pourrait avoir toute activité proposée par un État⁴⁵¹. Cela signifie que la liste des activités figurant à l'appendice I n'est pas exhaustive et que d'autres activités peuvent faire l'objet d'un EIE. Ainsi, l'article 2, alinéa 5 prévoit que « *les Parties concernées engagent, à l'initiative de l'une quelconque d'entre elles, des discussions sur le point de savoir si une ou plusieurs activités proposées qui ne sont pas inscrites sur la liste figurant à l'Appendice I sont susceptibles d'avoir un impact transfrontière préjudiciable important et doivent donc être traitées comme si elles étaient inscrites sur cette liste* ».

Des critères d'appréciation sont fournis par l'appendice III, visant à aider les Parties à déterminer l'importance de l'impact sur l'environnement d'activités qui ne sont pas inscrites à l'appendice I. Parmi ces critères, figurent l'ampleur de l'activité ; la proximité du site de l'activité par rapport à des zones importantes d'un point de vue écologique ou par rapport à une frontière internationale ; la complexité et la gravité des effets de ladite activité⁴⁵². La géo-ingénierie pourrait complètement répondre à ces critères, notamment en raison de la complexité de ces interventions et de l'interdépendance des phénomènes climatiques, ce qui supposerait le cas échéant un traitement au cas par cas des projets envisagés en la matière. En outre, la Convention d'Espoo est une convention régionale, signée sous l'égide de la CEE-ONU. Son champ d'application dans l'espace est par conséquent restreint. Cette exigence a néanmoins été reprise dans le principe 17 de la Déclaration de Rio et figure dans de nombreuses conventions⁴⁵³.

Plus récemment, la CIJ a étendu récemment la portée de ce principe dans l'affaire des usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay. Elle a estimé que « *l'on peut désormais considérer qu'il existe, en droit international général, une obligation de procéder à une évaluation de*

⁴⁵⁰ *Ibid.*, article 2.3.

⁴⁵¹ *Ibid.*, article 2.1.

⁴⁵² *Ibid.*, appendice III.

⁴⁵³ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, p. 162.

l'impact sur l'environnement lorsque l'activité industrielle projetée risque d'avoir un impact préjudiciable important dans un cadre transfrontière⁴⁵⁴ ».

B. Le contenu

La Convention d'Espoo énonce une liste d'éléments qui doivent figurer dans l'EIE, de manière à ce que les Parties concernées par l'impact environnemental d'une activité envisagée aient une base de renseignements sur la nature, l'ampleur et la gravité de l'impact. Cette EIE doit donc présenter, au minimum, une description de l'activité et, le cas échéant, des solutions alternatives ; la description de l'environnement touché par l'impact de l'activité et celui des différentes solutions de remplacement ; la description des impacts environnementaux et de leur importance ; la description des mesures correctives ; une indication précise des méthodes de prévision et des hypothèses retenues, ainsi que des données environnementales utilisées ; un inventaire des lacunes dans les connaissances et des incertitudes constatées ; un aperçu le cas échéant des programmes de surveillance et de gestion ; enfin, un résumé non technique⁴⁵⁵.

Il est à noter que cette liste, bien qu'assez détaillée, ne liste que les renseignements « minimums » qui doivent figurer dans l'EIE. Cela signifie qu'une Partie peut choisir de présenter des renseignements complémentaires si elle le juge nécessaire⁴⁵⁶. En outre, cela ne porte pas atteinte au droit des Parties d'appliquer, à l'échelon national, les lois, règlements, dispositions administratives ou pratiques juridiques acceptées visant à protéger les renseignements dont la divulgation serait préjudiciable au secret industriel et commercial ou à la sécurité nationale⁴⁵⁷. L'établissement d'informations minimum à renseigner dans l'EIE constitue un standard qui ne figure pas dans le principe coutumier.

En effet, le contenu de l'EIE d'après le principe coutumier reconnu par la CIJ est beaucoup plus libre. En effet, celle-ci laisse aux États le soin de définir ce contenu⁴⁵⁸, en rappelant les exigences de base :

« Il revient à chaque État de déterminer, dans le cadre de sa législation nationale ou du processus d'autorisation du projet, la teneur exacte de l'évaluation de l'impact sur l'environnement requise dans chaque cas en prenant en compte la nature et l'ampleur du

⁴⁵⁴ CIJ, *Affaire relative à des usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay*, *op. cit.*, paragraphe 204.

⁴⁵⁵ *Convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière*, *op. cit.*, appendice II.

⁴⁵⁶ *Ibid.*, article 4.1.

⁴⁵⁷ *Ibid.*, article 2.8.

⁴⁵⁸ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 995. Voir également CIJ, *Affaire relative à des usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay*, *op. cit.*, paragraphe 205.

*projet en cause et son impact négatif probable sur l'environnement, ainsi que la nécessité d'exercer, lorsqu'il procède à une telle évaluation, toute la diligence requise. La Cour estime par ailleurs qu'une évaluation de l'impact sur l'environnement doit être réalisée avant la mise en œuvre du projet*⁴⁵⁹ ».

L'EIE apparaît donc comme un moyen pour l'État de s'acquitter de son obligation de diligence en vue de la prévention des dommages transfrontières, comme en témoigne le paragraphe 204 de cet arrêt, selon lequel « *on ne pourrait considérer qu'une partie s'est acquittée de son obligation de diligence [...] dès lors [qu'elle] n'aurait pas procédé à une évaluation de l'impact sur l'environnement permettant d'apprécier les effets éventuels de son projet*⁴⁶⁰ ». Une telle obligation se retrouverait probablement dans le cadre des activités de géo-ingénierie⁴⁶¹. C'est, en outre, une règle procédurale destinée à assurer l'information et la participation du public.

Paragraphe 2 : La participation et l'information du public

D'après la Convention d'Espoo, l'établissement d'une procédure d'évaluation de l'impact sur l'environnement permet la participation du public en matière environnementale⁴⁶². L'EIE apparaît alors, outre son rôle dans la démarche de prévention, comme un instrument d'information du public. L'exigence selon laquelle l'EIE doit fournir un résumé non technique d'une activité projetée dans le cadre de cette Convention illustre bien cette dimension⁴⁶³.

Cette idée de « démocratie environnementale⁴⁶⁴ » n'est pas nouvelle. Elle s'inscrit dans la lignée du droit de l'Homme à un environnement sain⁴⁶⁵. C'est d'ailleurs ce qui a permis à la Cour européenne des droits de l'Homme (CEDH) de consacrer un droit à l'information environnementale sur le fondement de l'article 8 de la Convention européenne de sauvegarde des droits de l'Homme et des libertés fondamentales⁴⁶⁶. Elle répond aussi à l'article 25 du

⁴⁵⁹ CIJ, *Affaire relative à des usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay*, *op. cit.*, paragraphe 205.

⁴⁶⁰ *Ibid.*, paragraphe 204.

⁴⁶¹ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 995.

⁴⁶² *Convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière*, *op. cit.*, article 2.2.

⁴⁶³ *Ibid.*, appendice II, i).

⁴⁶⁴ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, p. 180.

⁴⁶⁵ Voir *supra*, introduction, II.

⁴⁶⁶ CEDH, *Guerra et autres c/ Italie*, 19 février 1998, paragraphe 60.

Pacte international sur les droits civils et politiques, qui garantit le droit de chaque citoyen à « *prendre part à la direction des affaires publiques*⁴⁶⁷ ».

Elle a néanmoins été formalisée en droit international de l'environnement par la Déclaration de Rio qui, dans son principe 10, énonce que « [I]es États doivent faciliter et encourager la sensibilisation et la participation du public en mettant les informations à la disposition de celui-ci⁴⁶⁸ ». Cette déclaration n'étant pas contraignante, la substance du principe a été reprise par la Convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement, conclue à Aarhus au Danemark, en 1998 sous l'égide de la CEE-ONU. A la différence du principe d'évaluation d'impact environnemental, le principe d'information et de participation n'a pas reçu de consécration coutumière de la part de la CIJ⁴⁶⁹. Sa seule consécration est donc conventionnelle. Bien que la Convention d'Aarhus ait un champ d'application restreint, cet instrument « *est ouvert aussi à l'adhésion de tout État membre des Nations unies avec l'accord de la Réunion des parties*⁴⁷⁰ ». En outre, une convention a plus récemment été ouverte à la signature dans le cadre de la Commission économique pour l'Amérique Latine et les Caraïbes (CEPAL) le 27 septembre 2018 (Accord d'Escazú⁴⁷¹). Inspiré de la Convention d'Aarhus, cet accord est plus avant-gardiste sur certains points⁴⁷².

Nous allons néanmoins nous concentrer sur la Convention d'Aarhus. Celle-ci garantit le droit à l'information dans ses articles 4 et 5. Ainsi, « *les autorités publiques mettent à la disposition du public, dans le cadre de leur législation nationale, les informations sur l'environnement qui leur sont demandées*⁴⁷³ ». Les citoyens n'ont pas besoin de faire valoir un intérêt particulier⁴⁷⁴. Cette information « à la demande » est complétée par une obligation d'information périodique. Il s'agit de l'obligation de chaque partie de publier et diffuser « à

⁴⁶⁷ *Pacte international relatif aux droits civils et politiques*, adopté par l'Assemblée générale des Nations unies le 16 décembre 1966, article 25.

⁴⁶⁸ *Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement*, *op. cit.*, principe 10.

⁴⁶⁹ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 995, note 54. Voir également CIJ, *Affaire relative à des usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay*, *op. cit.*, paragraphe 216.

⁴⁷⁰ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, p. 181. Voir également : *Convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement*, Aarhus, 25 juin 1998, article 19.3.

⁴⁷¹ *Accord régional sur l'accès à l'information, la participation du public et la justice en matière environnementale* (Accord d'Escazú), 27 septembre 2018. Voir : <https://www.cepal.org/en/eventos/ceremonia-firma-acuerdo-regional-acceso-la-informacion-la-participacion-publica-acceso-la>

⁴⁷² Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, p. 180.

⁴⁷³ *Convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement*, *op. cit.*, article 4.1.

⁴⁷⁴ *Ibid.*, article 4.1.a).

*des intervalles réguliers ne dépassant pas trois ou quatre ans un rapport national sur l'état de l'environnement, y compris des informations sur la qualité de l'environnement et des informations sur les contraintes qui s'exercent sur l'environnement*⁴⁷⁵ ». Le rapport le plus récent de la France, datant de 2014, ne fait cependant aucune référence à la géo-ingénierie⁴⁷⁶.

Concernant la participation du public à la prise de décisions en matière environnementale, il y a deux types d'obligations. Le premier concerne des activités précises : « *lorsqu'un processus décisionnel touchant l'environnement est engagé, le public concerné est informé comme il convient, de manière efficace et en temps voulu, par un avis au public ou individuellement*⁴⁷⁷ ». Ces informations contiennent notamment « *[l]e fait que l'activité fait l'objet d'une procédure d'évaluation de l'impact national ou transfrontière sur l'environnement*⁴⁷⁸ ». A la lumière de ce qui a été dit précédemment, cela signifie que les activités de géo-ingénierie pourraient faire l'objet d'une participation du « public concerné », c'est-à-dire celui qui peut avoir un intérêt au regard de la décision⁴⁷⁹. En matière de géo-ingénierie, le champ du public concerné peut par conséquent être particulièrement large, selon les activités. Ce premier type de participation est très contraignant car « *chaque Partie veille à ce que, au moment de prendre la décision, les résultats de la procédure de participation du public soient dûment pris en considération*⁴⁸⁰ » ; la question de son effectivité reste posée⁴⁸¹. Le deuxième type concerne quant à lui les politiques relatives à l'environnement. Il est toutefois moins strict car ici, « *[l]es résultats de la participation du public sont pris en considération dans toute la mesure possible*⁴⁸² ».

Enfin, la Convention d'Aarhus prévoit l'accès à la justice en prévoyant notamment que « *toute personne qui estime que la demande d'informations qu'elle a présentée en application de*

⁴⁷⁵ *Ibid.*, article 5.4.

⁴⁷⁶ Jean-Paul ALBERTINI (dir), *L'environnement en France, édition 2014*, RéférenceS, octobre 2014. Disponible sur : https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/2018-06/environnement_2014_201410.pdf

⁴⁷⁷ *Convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement, op. cit.*, article 6.2.

⁴⁷⁸ *Ibid.*, article 6.2.e).

⁴⁷⁹ *Ibid.*, article 2.5.

⁴⁸⁰ *Ibid.*, article 6.8.

⁴⁸¹ Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, p. 183.

⁴⁸² *Convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement, op. cit.*, article 8. Voir également : Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *op. cit.*, p. 183.

*l'article 4 a été ignorée, rejetée abusivement ait la possibilité de former un recours devant une instance judiciaire ou un autre organe indépendant et impartial établi par la loi*⁴⁸³ ».

Néanmoins, la participation du public n'est pas encore d'actualité pour la géo-ingénierie. « *Il n'existe pratiquement aucune donnée sur ce que l'opinion publique pense de la géo-ingénierie, pour la simple raison que presque personne n'en a entendu parler*⁴⁸⁴ ». Ces propos, quoiqu'assez tranchés, traduisent néanmoins une vérité encore aujourd'hui. En revanche, la communauté scientifique et la communauté internationale sont bien conscientes de ces questions. Un *corpus* de règles est d'ores et déjà spécifiquement applicable aux activités de recherche en géo-ingénierie, en attendant un futur régime contraignant.

CHAPITRE 2 : UN RÉGIME TRANSVERSAL DEVANT AFFIRMER SON CARACTÈRE CONTRAIGNANT

« *Whoever reads up on climate engineering discovers a world of wonder*⁴⁸⁵ ». Alors que la possibilité de manipuler le climat de notre planète attire toutes les convoitises et face à la relative inadéquation du droit international à en réguler tous les aspects, un impératif de gouvernance internationale se dessine⁴⁸⁶. Cette gouvernance sera d'autant plus difficile à réaliser que le nombre d'acteurs intéressés est important. Même si ce n'est pas le cas de toutes les méthodes de géo-ingénierie, certaines dont la SAI sont très peu onéreuses et sont, par conséquent, à la portée d'un plus grand nombre d'acteurs⁴⁸⁷. Face à ce défi d'un genre nouveau, des principes gouvernant la recherche relative à la géo-ingénierie ont d'ores et déjà été adoptés. Ils pourront éventuellement servir de base à la construction d'un régime contraignant dans le droit international, mais la naissance d'un tel régime reste une grande inconnue. Alors que le changement climatique ouvre de nouvelles opportunités économiques, notamment dans l'Arctique⁴⁸⁸, il sera difficile de trouver la coopération nécessaire pour alimenter la négociation. Pourtant, face aux difficultés systémiques soulevées par la géo-ingénierie, s'étendant au-delà de la sphère environnementale pour englober des considérations sociales voire sanitaires, le droit positif ne suffira qu'un temps. Les principes de *soft law*

⁴⁸³ *Convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement, op. cit.*, article 9.

⁴⁸⁴ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 115.

⁴⁸⁵ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 979.

⁴⁸⁶ Edward A. PARSON, *op. cit.*, p. 266.

⁴⁸⁷ *Ibid.*, pp. 266-267.

⁴⁸⁸ Sven G. KAUFMANN, « L'océan arctique et la coopération intergouvernementale non contraignante, un défi pour la protection internationale de l'environnement », *Revue Juridique de l'Environnement*, n°4, 2010, pp. 627-641.

développés il y a quelques années peuvent donc jouer un rôle crucial pour encadrer la gouvernance de la géo-ingénierie (Section 1), voire inspirer des modifications réglementaires ou un nouveau régime (Section 2).

Section 1 : Les principes de soft-law applicables à la géo-ingénierie

En 2009, la *Royal Society* a publié un rapport expliquant la majeure partie des aspects de la géo-ingénierie. Suite à ce rapport, la Chambre des communes britannique a chargé un comité *ad hoc* d'investiguer les différents moyens de gouverner cette thématique⁴⁸⁹. Le résultat de cette investigation a été la proposition de 5 principes généraux, établissant des lignes directrices à prendre en considération dans la recherche et la gouvernance de la géo-ingénierie. Ces « principes d'Oxford » ont été complétés en novembre 2010 par des recommandations formulées lors d'une conférence scientifique à Asilomar, en Californie. L'ensemble de ces principes et recommandations, qui sont au nombre de 10, constituent alors une base pour la conduite des recherches en géo-ingénierie (Paragraphe 1), même s'ils n'ont pas de valeur normative propre (Paragraphe 2).

Paragraphe 1 : Le contenu des principes

Nous allons analyser successivement les principes d'Oxford (A) et les recommandations d'Asilomar, ainsi que les rapports qu'il existe entre ces deux séries de principes (B).

A. Les principes d'Oxford

Selon le premier principe de cette liste, la géo-ingénierie doit être réglementée comme un bien public⁴⁹⁰. Cela signifie que même si l'implication du secteur privé ne doit pas être interdite, il importe de poser des barrières au niveau national et/ou international de manière à ce que le développement des techniques de géo-ingénierie se fasse dans l'intérêt public⁴⁹¹. Ce premier principe est assez ambigu. Il est possible de trouver une similitude de cette expression dans la notion de « bénéfice des États », employée dans le droit de l'espace, par exemple dans la résolution de l'Assemblée générale des Nations unies portant déclaration des principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, selon laquelle « *l'exploration et l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique devraient s'effectuer pour favoriser le progrès de l'humanité et au bénéfice des États, quel*

⁴⁸⁹ Anders HANSSON, Steve RAYNER, Victoria WIBECK, *op. cit.*, p. 415.

⁴⁹⁰ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 1003.

⁴⁹¹ *Ibid.*

que soit le stade de leur développement économique ou scientifique⁴⁹² ». Nous pouvons aussi nous référer à l' « intérêt de l'humanité » tel que défini dans la Convention de Montego Bay en ce qui concerne les activités menées dans la Zone⁴⁹³, qui fait partie du patrimoine commun de l'humanité⁴⁹⁴. Cette dernière notion renvoie à celle de « bien public » formulée dans ce premier principe. Cette comparaison évoquerait donc l'institution d'une organisation ou d'une autorité internationale, indépendante des États et chargée de traiter les questions relatives à la recherche et au déploiement en matière de géo-ingénierie.

Le deuxième principe est relatif à la participation publique dans la prise de décisions⁴⁹⁵. Cela suppose de consulter les « parties concernées⁴⁹⁶ », dans un rayon plus ou moins large selon la nature de l'intervention. Ainsi, la géoséquestration de dioxyde de carbone ne nécessiterait qu'un accord au niveau local ou national, tandis qu'une technique de modification de l'albédo ayant, comme évoqué plus haut, des implications plus fortes sur les phénomènes météorologiques, nécessiterait un accord global⁴⁹⁷.

Le troisième principe, posant une exigence de transparence concernant la recherche et ses résultats⁴⁹⁸, est à rapprocher du principe précédent. Ces deux principes traduisent un droit à l'information et à la participation à la prise de décisions, un domaine qui est déjà partiellement couvert par la Convention d'Aarhus et l' Accord d'Escazú.

Le quatrième principe est relatif à l'évaluation de l'impact. Cette évaluation doit être indépendante des acteurs qui mènent les recherches et interviendra en cas de risque de dommage transfrontière⁴⁹⁹. Ainsi, le dispositif conventionnel de la Convention d'Espoo et le principe coutumier dégagé par la CIJ en 2010 seraient pertinents dans le cadre de programmes de recherche privés. Reste cependant posée la question de l'évaluation de l'impact en ce qui concerne les programmes de recherche nationaux.

⁴⁹² Assemblée générale des Nations Unies, *Déclaration des principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique*, Résolution A/RES/1962 du 13 décembre 1963, préambule, alinéa 3.

⁴⁹³ *Convention des Nations Unies sur le droit de la mer*, *op. cit.*, article 140.

⁴⁹⁴ *Ibid.*, article 150. i).

⁴⁹⁵ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 1003.

⁴⁹⁶ *Ibid.*

⁴⁹⁷ *Ibid.*

⁴⁹⁸ *Ibid.*

⁴⁹⁹ *Ibid.*

Enfin, le cinquième et dernier principe d'Oxford pose l'exigence « Gouvernance avant déploiement⁵⁰⁰ ».

Dans son rapport final, la Chambre des communes a affirmé ceci : « *While some aspects of the suggested five key principles need further development, they provide a sound foundation for developing future regulation. We endorse the five key principles to guide geoengineering research*⁵⁰¹ ». La Conférence d'Asilomar a été organisée dans cette optique ; elle a permis de clarifier et compléter certains de ces principes et a adopté ses propres recommandations.

B. Les recommandations d'Asilomar

La première recommandation, visant à « promouvoir le bénéfice collectif⁵⁰² » des activités de géo-ingénierie, se rapporte assez largement au premier principe d'Oxford. Elle le précise également, en évoquant plus particulièrement « *collective benefit of humankind and the environment*⁵⁰³ ». Enfin, elle le complète, en ce sens qu'elle reconnaît les incertitudes qui existent toujours en la matière et considère qu'il devra être tenu compte de l'intérêt collectif pour assurer, en quelque sorte, un meilleur bilan coût avantage⁵⁰⁴.

La deuxième recommandation, relative à l'établissement de la responsabilité⁵⁰⁵, est quant à elle assez novatrice. Là où le cinquième principe d'Oxford évoque la gouvernance *a priori*, cette recommandation évoque la responsabilité *a posteriori*. S'il est vrai que dans la version originale, sont visées tant la responsabilité « *responsibility* » que la responsabilité « *liability* », cette recommandation appelle à la création de nouveaux mécanismes pour établir cette *liability*, un aspect que n'abordent pas les principes d'Oxford. Elle développe également la supervision des risques tout au long du processus de recherche, jusqu'au déploiement, en passant par les simulations et les essais à petite échelle⁵⁰⁶. Cette supervision devra vraisemblablement être divisée en différentes catégories, regroupant des techniques présentant des risques similaires et donc des besoins de gouvernance similaires⁵⁰⁷. Elle prend acte, à ce titre, des régulations déjà opérées dans le cadre de la Convention et du Protocole de Londres,

⁵⁰⁰ *Ibid.*

⁵⁰¹ Anders HANSSON, Steve RAYNER, Victoria WIBECK, *op. cit.*, p. 415.

⁵⁰² Asilomar Scientific Organizing Committee, *The Asilomar Conference Recommendations on Principles for Research into Climate Engineering Techniques*, Climate Institute, Washington DC, 2010, p. 17.

⁵⁰³ *Ibid.*

⁵⁰⁴ *Ibid.* Citation originale : « *The collective benefit of humankind needs to be a primary consideration in evaluating the trade-offs involved in such undertakings* ».

⁵⁰⁵ *Ibid.*, p. 18.

⁵⁰⁶ *Ibid.*

⁵⁰⁷ *Ibid.*, p. 19.

dont nous avons parlé précédemment, qui s'appliquent aux questions de déversement de substances dans le milieu marin et qui sont présentées comme une réussite⁵⁰⁸.

La troisième recommandation est relative à la recherche ouverte et en coopération⁵⁰⁹. Cette recommandation, qui reprend et complète à cet égard le troisième principe d'Oxford, vise à établir un cadre de coopération scientifique le plus large possible et ouvert de façon à permettre un examen et une évaluation publics des résultats⁵¹⁰.

La quatrième recommandation, relative à une évaluation itérative des impacts, reprend le quatrième principe d'Oxford et le complète⁵¹¹. En l'occurrence, elle considère que cette évaluation devrait être réalisée par des organismes préexistants tels que le GIEC⁵¹², de manière plus poussée qu'actuellement. La possibilité de confier cette évaluation à une nouvelle entité, un « Conseil consultatif et d'évaluation international » a également été considérée⁵¹³, néanmoins les compétences d'un tel organe et sa structure institutionnelle n'ont pas été précisées.

Enfin, la cinquième recommandation, relative à l'implication et le consentement publics, reprend les deuxième et troisième principes d'Oxford. Elle se veut beaucoup plus large, d'une part en considérant que la perception du public de la géo-ingénierie est importante y compris au-delà de projets concrets⁵¹⁴. D'autre part, elle estime que la géo-ingénierie ignorant, en majorité, les frontières étatiques, il convient de poser un cadre pour cette participation au niveau supranational⁵¹⁵.

Au cours de cette conférence, qui a réuni notamment des membres de la communauté scientifique, il ne s'agissait pas de prendre des décisions, mais simplement d'indiquer aux décideurs politiques les attentes de la communauté scientifique en matière de gouvernance de la géo-ingénierie, de manière à ce que la recherche puisse se poursuivre⁵¹⁶. Ces recommandations n'ont donc pas de valeur normative propre, mais appellent à des mesures pour la réglementation de la géo-ingénierie à tous les stades.

⁵⁰⁸ *Ibid.*

⁵⁰⁹ *Ibid.*, p. 20.

⁵¹⁰ *Ibid.*

⁵¹¹ *Ibid.*, p. 21.

⁵¹² *Ibid.*, p. 22.

⁵¹³ *Ibid.*

⁵¹⁴ *Ibid.*, p. 23.

⁵¹⁵ *Ibid.*

⁵¹⁶ *Ibid.*, p. 24.

Paragraphe 2 : L'absence de valeur normative propre

D'un point de vue matériel, ces principes et recommandations peuvent s'apparenter à des règles juridiques. En effet, de la même manière qu'un principe juridique sera formulé de manière large et abstraite pour être, ensuite, être interprété dans le cas d'espèce ; les principes d'Oxford se veulent eux aussi très larges de façon à ce que les chercheurs puissent les appliquer à leur propre projet⁵¹⁷. Selon Gerd Winter, les recommandations d'Asilomar sont cependant trop vagues et imprécises pour constituer du droit⁵¹⁸.

Néanmoins, d'un point de vue formel, les sources du droit susceptibles de produire des obligations opposables aux États sont énumérées, de manière quasi-limitative, à l'article 38 du Statut de la CIJ⁵¹⁹. Seul l'acte unilatéral peut produire des obligations à l'égard du sujet du droit dont il émane, et seulement à ce sujet de droit, sans figurer dans la liste de l'article 38. En ce qui concerne les principes d'Oxford, qui ont été approuvés par la Chambre des communes britannique, ils ne constituent alors tout au plus qu'un élément attestant de la pratique britannique⁵²⁰. S'agissant des recommandations d'Asilomar, rédigées sous l'égide du *Climate Institute*, une association américaine, il s'agit moins de principes juridiques que de principes déontologiques⁵²¹ : « *In the absence of strong governmental positions, the strongest positions on governance come from within the research community itself*⁵²² ». Cependant, cette forme de *self governance* n'est pas exempte des critiques au sein même de la communauté scientifique. Ainsi, l'organisme canadien ETC Group avait rédigé une lettre ouverte en prévision de la Conférence d'Asilomar, dans laquelle était écrit ; « *[t]he priority at this time is not to sort out the conditions under which this experimentation might take place but, rather, whether or not the community of nations and peoples believes that geoengineering is technically, legally, socially, environmentally and economically acceptable*⁵²³ ».

La présence étatique demeure donc nécessaire pour préciser le contenu de ces principes et recommandations et, surtout, pour leur donner une valeur contraignante⁵²⁴. Concernant

⁵¹⁷ Anders HANSSON, Steve RAYNER, Victoria WIBECK, *op. cit.*, p. 415.

⁵¹⁸ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 1002.

⁵¹⁹ Voir *supra*, introduction, II.

⁵²⁰ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 11.

⁵²¹ Stefan SCHÄFER, Sean LOW, « Asilomar Moments : Formative Framings in Recombinant DNA and Solar Climate Engineering Research », *Philosophical Transactions : Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 372 n° 2031, 2014, p. 9.

⁵²² *Ibid.*, p. 8.

⁵²³ *Ibid.*

⁵²⁴ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 1002.

l'approbation étatique, les recommandations d'Asilomar n'ont en outre qu'un rôle incitatif, de *soft law*. Les États sont donc libres de ne pas tenir compte de ces recommandations lors de leurs discussions sur la géo-ingénierie. Concernant la notion de *soft law*, celle-ci a fait couler beaucoup d'encre dans les années 1980, notamment au regard des résolutions de l'Assemblée générale des Nations unies dont l'autorité était très contestée. Ainsi, Prosper Weil a-t-il pu dire à leur propos ; « *pas plus qu'avec trois fois rien on ne fait quelque chose, l'accumulation de non-droit ou de pré-droit ne suffit à elle seule à créer du droit*⁵²⁵ ». Dans le même temps, René-Jean Dupuy soulignait l'émergence d'une nouvelle légalité, qui « *postule un élargissement de la notion de sujets du droit des gens, par l'avènement du Peuple. Elle suppose également l'apparition de sources nouvelles du droit international, souvent imparfaites mais toujours dynamiques, sous forme de résolutions qui, soit consacrent la norme, soit incitent à la produire*⁵²⁶ ».

A ce propos, nous avons vu que ces principes et recommandations ne peuvent prétendre à la création d'une norme, mais peut être peuvent-ils infléchir la passivité, voire la réticence des États à apporter une véritable réponse juridique à la géo-ingénierie.

Section 2 : Les perspectives d'évolution de la réglementation de la géo-ingénierie

Au niveau international, voire interétatique, trois solutions sont ouvertes pour encadrer la géo-ingénierie. La première est plutôt de nature politique : il s'agit d'une coopération et d'une gouvernance accrues sur ces sujets. Inspirés par les considérations évoquées précédemment par les principes non contraignants applicables à la géo-ingénierie, les États coordonneraient leurs politiques nationales. Même si le contenu de cette gouvernance était établi par écrit, cela ne constituerait pas pour autant un traité, faute de caractère contraignant⁵²⁷. Les États pourraient alors promouvoir la recherche, la réduction des risques et la coopération scientifique sans pour autant être liés par une obligation internationale. C'est la question du *gentlemen's agreement*, qui est généralement adopté à l'issue d'un Sommet politique ou d'une conférence diplomatique, sous forme de communiqué, de déclaration ou d'acte final⁵²⁸. Ces *gentlemen's agreements* n'ont de prime abord aucune portée normative, mais celle-ci peut

⁵²⁵ Prosper WEIL, « Vers une normativité relative en droit international », *RGDIP* 1982, p. 12.

⁵²⁶ Alain PELLET, Philippe WOODLAND, Flory THIÉBAUT *et al.*, « Bibliographie critique », in : *Annuaire français de droit international*, vol. 27, 1981, p. 965.

⁵²⁷ Pierre-Marie DUPUY, Yann KERBRAT, *op. cit.*, pp. 310-312.

⁵²⁸ *Ibid.*, pp. 444-445.

parfois être déduite « *des termes employés et des circonstances dans lesquelles le communiqué a été élaboré*⁵²⁹ ». En outre, la pratique étatique peut aussi servir à alimenter l'apparition d'une coutume internationale, comme nous l'avons dit à l'égard des principes d'Oxford approuvés par le parlement britannique. De cette pratique politique peuvent donc naître des obligations internationales, mais cela reste incertain compte tenu du nombre relativement restreint d'États qui ont aujourd'hui accès à ces technologies⁵³⁰. Les deux autres solutions, juridiques cette fois, peuvent donc consister en une adaptation du droit existant (Paragraphe 1) ou en l'établissement d'un nouveau régime contraignant (Paragraphe 2).

Paragraphe 1 : L'adaptation des régimes existants

L'éventail d'instruments qui a été présenté jusqu'alors est, bien qu'imparfait, significatif. Il pourrait, sous réserve de quelques changements d'interprétation et modifications de certains annexes, réguler de manière effective la géo-ingénierie⁵³¹. Il s'agirait alors, pour les États, d'étendre le champ d'application de certaines normes. Par exemple, l'obligation de conduire une EIE pourrait être précisée et étendue à un plus grand nombre d'États. Le principe coutumier découvert dans l'affaire des pâtes à papier étant assez vague, cela pourrait se traduire par une ouverture de la Convention d'Espoo à d'autres parties⁵³². C'est une solution réaliste car certains États tels que les États-Unis ont déjà posé cette exigence dans leur système national⁵³³. Une conclusion similaire peut être tirée concernant les autres obligations à caractère transversal.

En revanche, s'agissant des instruments sectoriels, certains auteurs considèrent que « *it is not expected that essential progress will be made on sectoral conventions*⁵³⁴ ». D'autres montrent de la méfiance à l'égard de ces régimes qui n'ont pas été développés dans l'idée de réglementer la géo-ingénierie ;

« For example, the Outer Space Treaty and the U.N. Convention on the Law of the Sea provide for freedom of use of outer space and the oceans. But this does not necessarily

⁵²⁹ *Ibid.*, p. 445.

⁵³⁰ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 1005.

⁵³¹ *Ibid.*, pp. 1000-1001.

⁵³² *Ibid.*

⁵³³ *Ibid.*

⁵³⁴ *Ibid.*

*mean that, if climate engineering were to become a reality, states would in fact accept the right of other states to use outer space or the oceans for climate-engineering purposes*⁵³⁵ ».

Pour éviter des différends futurs, peut-être serait-il souhaitable d'apporter les précisions nécessaires dans le cadre de ces instruments sectoriels. C'est ce qui a été fait, dans le cadre de la Convention et du Protocole de Londres, comme nous l'avons vu précédemment, ainsi que dans le cadre de la CBD. Si ces décisions n'ont pas, à proprement parler, de valeur contraignante ; ils sont en revanche des compléments utiles pour l'interprétation de ces conventions. Ainsi, le moratoire non contraignant⁵³⁶ adopté lors de la dixième conférence des parties à la CBD traduit non seulement la position des parties quant aux activités de géo-ingénierie, qui est dans l'ensemble une position de précaution, mais traduit également l'applicabilité de la CBD aux activités de géo-ingénierie à raison de ses risques sur la biodiversité. Comme nous l'avons vu précédemment, ces risques sont quasiment omniprésents. En outre, si la pratique de l'extension du champ d'application d'un traité à la géo-ingénierie devait être généralisée, cela poserait des questions juridiques. Effectivement, cet instrument « *also raises the question of different treaties or institutions potentially competing for addressing geoengineering with overlapping or inconsistent rules or guidance*⁵³⁷ ».

Cette question sera évidemment un des problèmes majeurs dans l'hypothèse d'une adaptation d'instruments partiellement applicables à la géo-ingénierie. En effet, les sources du droit international étant toutes d'égale valeur normative – la question du *jus cogens* ne se posant pas ici – des divergences entre ces différents régimes pourraient donner lieu à des conflits de normes et compromettre la cohérence globale de la réglementation, affectant alors la sécurité juridique. En outre, en raison du phénomène d'intersubjectivité du droit international, qui découle de l'effet relatif des traités, la situation particulière de chaque État au regard d'une méthode de géo-ingénierie en particulier serait très différente.

Pour harmoniser les différents traités dont le champ d'application est susceptible d'être étendu à la géo-ingénierie, Alexander Proelss et Kerstin Güssow estiment qu'il est possible de partir du principe de précaution qui est le plus petit dénominateur commun à tous les instruments applicables en droit international de l'environnement⁵³⁸. En l'absence de valeur coutumière,

⁵³⁵ Daniel BODANSKY, « May we engineer the climate ? », *Climatic Change*, 2013, vol. 33-3, p. 316. (309-321)

⁵³⁶ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 1001.

⁵³⁷ Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 321.

⁵³⁸ Alexander PROELß, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 70.

les indications concernant sa signification dépendent de chaque instrument dans lequel il figure. Si ce principe, tel qu'énoncé dans la Déclaration de Rio, suppose que l'absence de certitude scientifique ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement⁵³⁹, il signifie également que les mesures prises en cas de risque de dommages graves ou irréversibles ne doivent pas être interrompues sur le fondement de cette même incertitude⁵⁴⁰. Tel que défini dans d'autres traités, le principe de précaution peut aussi apparaître comme une obligation de prendre des mesures ou comme un instrument permettant de renverser la charge de la preuve, s'agissant du caractère dommageable d'un comportement⁵⁴¹.

Le principe de précaution n'est donc pas un principe univoque. Il en existe plusieurs « versions » :

« In its strong forms, the PP prescribes that an activity or product posing a risk to human health or the environment should be flatly prohibited until it is scientifically proven that the activity or product, in fact, will not harm human health or the environment. In its weak forms, the PP can take the form of a mere cautious attitude, democratic inclusion and/or additional efforts at fact-finding, but no particular regulatory prohibitions or restrictions⁵⁴² ».

Cette « rationalité contextuelle » du principe de précaution est particulièrement ressortie des débats sur la séquestration de carbone dans les formations géologiques, dans le cadre de la Convention de Londres. Les promoteurs de la méthode invoquaient le principe de précaution en arguant qu'elle contrerait les effets du changement climatique. Les détracteurs se prévalaient également du principe de précaution sur le fondement, cette fois, des risques inhérents à ces méthodes de géo-ingénierie⁵⁴³.

Objet de divergence, le principe de précaution pourrait néanmoins servir de levier pour harmoniser l'application des instruments sectoriels, grâce à une mise en balance des intérêts protégés par chacun de ces instruments. Lorsque deux instruments énoncent des obligations contradictoires pour un même projet de géo-ingénierie, une EIE sera nécessaire pour estimer le degré de risque au regard de chaque intérêt. Le principe de précaution, dans cette

⁵³⁹ Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, *op. cit.*, principe 15.

⁵⁴⁰ Alexander PROELB, Kerstin GÜSSOW, *op. cit.*, p. 71.

⁵⁴¹ *Ibid.*, pp. 71-72.

⁵⁴² David DANA, « The Contextual Rationality of the Precautionary Principle », *Queen's Law Journal*, vol. 35, 2009, p. 68.

⁵⁴³ *Ibid.*, p. 73.

hypothèse, permettra de garantir que l'instrument qui a été considéré comme « le moins important », ne sera ignoré que dans la mesure nécessaire pour satisfaire aux dispositions de l'autre instrument⁵⁴⁴.

Enfin, dans le cas où la solution de l'adaptation du droit devait être retenue, les principes développés par le groupe d'Oxford et à Asilomar seraient certainement pris en considération. L'idée défendue par une éventuelle adaptation du droit existant est que les méthodes regroupées sous le vocable « géo-ingénierie » sont trop différentes en termes d'impact⁵⁴⁵ et de besoins de gouvernance⁵⁴⁶ pour être traitées par un instrument unique. En revanche, si certaines structures existantes (CDB, Convention de Londres, Convention OSPAR) ont joué un rôle de *forum* permettant aux représentants étatiques d'échanger sur ces sujets, ils se sont cantonnés à une approche fonctionnelle⁵⁴⁷ et ne conviendraient pas à un débat plus large⁵⁴⁸.

Paragraphe 2 : La construction d'un régime transversal nouveau

Il s'agirait ici de construire un régime nouveau et contraignant réglementant la géo-ingénierie. Il ne serait pas construit *ex nihilo* car là encore, les principes d'Oxford et les recommandations d'Asilomar peuvent avoir une influence notable. A cet égard, deux idées radicalement opposées peuvent se partager le terrain de cette solution novatrice. La première vise à proposer une réglementation complète de la géo-ingénierie (A), la seconde tend à son interdiction (B).

A. Encadrer la géo-ingénierie

Ce régime prendrait la forme d'un nouveau traité ou d'une nouvelle agence internationale de supervision des différentes techniques de géo-ingénierie⁵⁴⁹. Concernant l'agence internationale, elle pourrait consister en un organe consultatif à l'instar de celui proposé lors de la Conférence d'Asilomar⁵⁵⁰ ou d'un organe décisionnel, chargé de contrôler la mise en œuvre des différents projets de géo-ingénierie. Le cas échéant, il pourra être rattaché à une organisation existante. Concernant le traité, Gerd Winter a établi une liste de tous les éléments que celui-ci devrait contenir, sur la base des traités existants et, notamment, des principes

⁵⁴⁴ *Ibid.*, p. 77.

⁵⁴⁵ *Ibid.*, p. 79.

⁵⁴⁶ Anders HANSSON, Steve RAYNER, Victoria WIBECK, *op. cit.*, p. 418.

⁵⁴⁷ Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *op. cit.*, p. 90.

⁵⁴⁸ *Ibid.*, p. 91.

⁵⁴⁹ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, p. 204.

⁵⁵⁰ Voir *supra*, « Les recommandations d'Asilomar ».

d'Oxford qui ont été rédigés dans le but d'inspirer une réglementation contraignante⁵⁵¹. Celui-ci devrait donc se donner pour objectif la stabilisation du climat dans l'intérêt global ; avec une classification des méthodes de géo-ingénierie et le cas échéant l'interdiction de certaines d'entre elles. En outre, le déploiement des projets nécessiterait une autorisation, accordée par les États ou par une autorité internationale selon des critères tels que l'effectivité, l'absence d'alternatives et un minimum de risques environnementaux et sanitaires. Une structure institutionnelle serait par ailleurs nécessaire, établissant une plateforme pour la publication des recherches scientifiques – ce qui suppose l'exclusion de la brevetabilité de ces recherches – la création d'un mécanisme de surveillance, de sanction et de règlement des différends. Enfin, il serait nécessaire d'établir des procédures concernant l'évaluation, la notification, et la publication des risques, ainsi que la participation du public.

Une autre série d'éléments a été proposée par l'ETC Group, une ONG canadienne. La proposition, appelée « *An International Convention for the Evaluation of New Technologies*⁵⁵² » se veut plus large de manière à englober, à l'avenir, toutes les questions relatives aux nouvelles technologies susceptibles de présenter des risques. La proposition avance notamment une « stricte application du principe de précaution ».

Enfin, en 2015, deux spécialistes ont publié un « code de conduite » très détaillé, comportant 19 articles qui donnent un aperçu assez complet de ce à quoi ressemblerait un traité relatif à la géo-ingénierie⁵⁵³.

B. Interdire la géo-ingénierie

L'ETC Group a également pratiqué un *lobbying* actif lors de la Conférence des Parties à la CDB de 2010, dans le but de parvenir à ce moratoire sur les activités de géo-ingénierie à grande échelle⁵⁵⁴. Bien que la décision adoptée lors de cette Conférence ne soit pas contraignante, elle est intéressante à analyser sur le plan politique car la CDB comprend la quasi-totalité des États du monde, à l'exception des États-Unis. Ainsi, les déclarations des parties lors des Conférences de la CDB « *constituent peut être le meilleur indicateur de la*

⁵⁵¹ Gerd WINTER, *op. cit.*, pp. 1004-1005.

⁵⁵² ETC Group, *Geopiracy. The Case Against Geoengineering*, 2010, p. 43. Disponible sur : <https://www.cbd.int/doc/emerging-issues/etcgroup-geopiracy-2011-013-en.pdf>

⁵⁵³ Anna-Maria HUBERT, David REICHWEIN, *An exploration of a code of conduct for responsible scientific research involving geoengineering*, IASS Working Paper, InSIS Occasional Paper n°1, Potsdam et Oxford, 2015.

⁵⁵⁴ Stefan SCHÄFER, Sean LOW, *op. cit.*, p. 9.

*position des pouvoirs publics vis-à-vis de l'ingénierie climatique*⁵⁵⁵ ». Nous remarquons d'ores et déjà les oppositions qui, évoluant encore aujourd'hui à huis clos, pourraient constituer les clivages de demain sur la scène internationale. L'opposition a été poussée, principalement, par les pays du Sud : les Philippines, la Malaisie, l'Équateur, la Bolivie, l'Afrique du Sud, le Ghana, le Malawi et l'Éthiopie en sont les principaux détracteurs⁵⁵⁶.

Ces oppositions pourraient se traduire par une volonté d'interdire la géo-ingénierie. En effet, comme un expert l'avait prédit déjà en 2008 ;

*« Most nations would probably favour a ban on geoengineering because only a few countries actually have the capability to geoengineer on their own. The rest have little to gain from being permissive and would be wary about letting the geoengineers tinker with the planet*⁵⁵⁷ ».

Il ajoute ;

*« Faced with pressure for a taboo, the few nations with unilateral geoengineering capabilities would seek favourable (i.e., vague) language; if unsuccessful, those countries could simply refuse to join*⁵⁵⁸ ».

L'absence de consensus sur le mode de gouvernance à adopter pour la géo-ingénierie ainsi que sur les réglementations à lui apporter peut donc mener au pire scénario, celui du *statu quo*. Dans ces conditions, il ne resterait que les instruments du droit positif actuel, dont le principe de prévention qui est, en définitive, peut être un des meilleurs instruments pour réglementer la géo-ingénierie dans son ensemble⁵⁵⁹.

⁵⁵⁵ Clive HAMILTON, *op. cit.* note 2, pp. 204-205.

⁵⁵⁶ *Ibid.*, p. 205.

⁵⁵⁷ Gerd WINTER, *op. cit.*, p. 1005.

⁵⁵⁸ *Ibid.*

⁵⁵⁹ *Ibid.*, p. 1006.

CONCLUSION

Le droit international dispose d'une multitude d'instruments qui pourraient être pertinents pour l'émergence d'un régime applicable à la géo-ingénierie. La forme de ce régime reste néanmoins floue, que ce soit pour l'adaptation du droit existant ou pour la construction d'un nouvel instrument, même si plusieurs propositions ont été faites. Si les oppositions semblaient déjà cristallisées en 2010, les discussions continuent et récemment, un événement a été organisé dans le cadre de la CEPAL pour confronter ces méthodes aux objectifs du développement durable⁵⁶⁰. De même, la Suisse et d'autres pays ont soumis une proposition de résolution à l'Assemblée des Nations unies pour l'environnement pour tenter de faire entrer la géo-ingénierie dans les débats. Si aucun compromis n'a été trouvé, tant sur des éléments définitionnels que sur la nécessité de commander un rapport au PNUE sur l'état d'avancement des méthodes de géo-ingénierie⁵⁶¹, cela a permis une conversation multilatérale sur ce sujet et offert à chaque État la possibilité de s'exprimer à ce propos. Toutefois, le concept même de géo-ingénierie n'est pas encore clairement délimité. Les articles relatifs à la gouvernance de la géo-ingénierie insistent sur le « *framing* », étape indispensable de cadrage permettant de poser les repères conceptuels nécessaires⁵⁶². La géo-ingénierie, en tant que notion unique, est quelque peu désavouée ; les projets d'élimination du dioxyde de carbone sont présentés comme tels, tandis que les projets de gestion du rayonnement solaire prennent des noms plus « vendeurs » tels que « restauration » ou « réparation » du climat⁵⁶³. Cela peut vouloir dire que le concept n'est pas encore « mûr » pour faire l'objet de décisions intergouvernementales⁵⁶⁴. Cela peut vouloir dire aussi qu'une approche fonctionnelle serait préférable, auquel cas il n'y aurait pas un mais plusieurs régimes distincts pour plusieurs approches de la géo-ingénierie.

⁵⁶⁰ https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/geoingenieria_y_ods.pdf

⁵⁶¹ Janos PASZTOR, « Recalibrating our work after the UNEA resolution », *Carnegie Climate Governance Initiative*, 16 avril 2019. Disponible sur : https://www.c2g2.net/recalibrating-our-work-after-the-unea-resolution/?_cldee=aW5mb0BjbGltYXRILWVuZ2luZWVyaW5nLmV1&recipientid=contact-9b7946ec27e8e81181465065f38a3ba1-77cf972c9e5246fd8d89468d53ea9d4d&esid=4abc0870-2161-e911-a95e-000d3a4f12d7

⁵⁶² Anders HANSSON, Steve RAYNER, Victoria WIBECK, *op. cit.*, p. 416. Voir également : <https://www.c2g2.net/five-thoughts-on-governance/>

⁵⁶³ Janos PASZTOR, *op. cit.*

⁵⁶⁴ *Ibid.*

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages généraux

1. Jean-Maurice ARBOUR, Sophie LAVALLÉE, Jochen SOHNLE *et al.*, *Droit international de l'environnement*, Yvon Blais, 3^{ème} édition, Tome 1, 716 p.
2. Jean-Maurice ARBOUR, Sophie LAVALLÉE, Jochen SOHNLE *et al.*, *Droit international de l'environnement*, Yvon Blais, 3^{ème} édition, Tome 2, pp. 717-1527.
3. Gérard CORNU (dir), *Vocabulaire juridique*, 9^{ème} éd., Presses universitaires de France, octobre 2013, 1091 p.
4. Renaud DENOIX DE SAINT MARC, *L'État*, Presses universitaires de France, 2016, 128 p.
5. Pierre-Marie DUPUY, Yann KERBRAT, *Droit international public*, Dalloz, 14^{ème} éd., septembre 2018, 956 p.
6. Jean-Louis ITEN, Régis BISMUTH, Claire CRÉPET-DAIGREMONT, *Les grandes décisions de la jurisprudence internationale*, 1^{ère} éd. 2018, Dalloz, 706 p.
7. Jean-Marc LAVIEILLE, Hubert DELZANGLES, Catherine LE BRIS, *Droit international de l'environnement*, 4^e éd., Paris, Ellipses, 2018, 375 p.
8. Danièle LOCHAK, *Les droits de l'Homme*, Paris, La Découverte, 2018, 128 p.
9. Georges SCELLE, *Précis de droit des gens. Principes et systématique*, reproduction du volume I paru initialement en 1932, Dalloz, 2008, 312 p.

Ouvrages spécifiques

10. Clive HAMILTON, *Les apprentis sorciers du climat - Raisons et déraisons de la géo-ingénierie*, Paris, Seuil, 2013, 338 p.
11. Clive HAMILTON, *Requiem pour l'espèce humaine*, Presses de Sciences Po, 2013, 265 p.
12. US National Research Council, *Climate Intervention : Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration*, The National Academies, 2015, Washington DC, 140 p.

13. Valentine VAN GAMEREN, Romain WEIKMANS, Edwin ZACCAI, *L'adaptation au changement climatique*, Paris, La Découverte, 2014, 123 p.

Contributions à un ouvrage collectif

14. Pierre-Marie DUPUY, « L'invocation de l'état de nécessité écologique », *Actes du 40^{ème} colloque de la Société française pour le droit international, Grenoble, 8-10 juin 2006*, Pedone, Paris, 2007, pp. 223-235.

15. Sophie GAMBARDELLA, « Le droit international de l'environnement face aux océans : d'un droit de la nature vers un droit d'apprentis sorciers ? » in : *A quoi sert le droit de l'environnement ?*, Bruxelles, Bruylant, 2018, pp. 177-194.

16. Jan GLAZEWSKI, « Legal and Regulatory Aspects of Carbone Capture and Storage : A Developed and Developing Country Perspective », in : Oliver C. RUPPEL, Christian ROSCHMANN, Katharina RUPPEL-SCHLICHTING, *Climate Change : International Law and Global Governance*, volume I, Nomos, 2013, pp. 933-956.

17. Reiner GRUNDMANN, « Climate skepticism », in : Karin BÄCKSTRAND, Eva LÖVBRAND (dir), *Research handbook on Climate Governance*, Edward Elgar Publishing, 2015, pp. 175-187.

18. Anders HANSSON, Steve RAYNER, Victoria WIBECK , « Climate engineering », in : Karin BÄCKSTRAND, Eva LÖVBRAND (dir), *Research handbook on Climate Governance*, Edward Elgar Publishing, 2015, pp. 411-422.

19. Jesse L. REYNOLDS, « International Law and Climate Engineering », in : Michael B. GERRARD, Tracy HASTER (éd.), *Climate Engineering and the Law : Regulation and Liability for Solar Radiation Management and Carbon Dioxide Removal*, Cambridge University Press, mars 2018, 106 p.

Contribution disponible sur : <https://works.bepress.com/jessreyn/17/>.

20. Gerd WINTER, « Climate Engineering and International Law : Final Exit or the End of Humanity ? », in : Oliver C. RUPPEL, Christian ROSCHMANN, Katharina RUPPEL-SCHLICHTING, *Climate Change : International Law and Global Governance*, volume I, Nomos, 2013, pp. 979-1010.

Articles de revue

21. Geoffrey J. AGUIRRE, « Why Cutting Down Trees Is Part of the Problem, but Planting Trees Isn't Always Part of the Solution: How Conceptualizing Forests As Sinks Can Work Against Kyoto », *Oregon Review of International Law*, vol. 11, 2009, pp. 205-224.
22. Bastien ALEX, « Géo-ingénierie marine. Des risques climatiques aux risques géopolitiques », *Revue internationale et stratégique*, 2014/3 n° 95, Armand Colin, pp. 131-138.
23. Daniel BODANSKY, « May we engineer the climate ? », *Climatic Change*, 2013, vol. 33-3, pp. 309-321.
24. Ralph BODLE, « Geoengineering and International Law : The Search for Common Legal Ground », *Tulsa Law Review* (2013), vol. 46, pp. 305-321.
25. Laurence BOISSON DE CHAZOURNES, Sandrine MALJEAN-DUBOIS, « Principes du Droit international de l'Environnement », *Jurisclasseur Environnement et Développement durable*, 2016, vol. Fasc. 2010, 22 p.
26. Dominique BOURG, Gérald HESS, « La géo-ingénierie : réduction, adaptation et scénario du désespoir », *Natures Sciences Sociétés*, 2010/3 (vol. 18), pp. 298-304.
27. Guy P. BRASSEUR, Claire GRANIER, « Mitigation, adaptation or climate engineering ? », *Theoretical Inquiries in Law*, De Gruyter, vol. 14, janvier 2013, pp. 1-20.
28. David DANA, « The Contextual Rationality of the Precautionary Principle », *Queen's Law Journal*, vol. 35, 2009, pp. 67-96.
29. Jean-Baptiste FRESSOZ, Fabien LOCHER, « Le climat fragile de la modernité. Petite histoire climatique de la réflexivité environnementale », *La Vie des idées*, 20 avril 2010, 15 p.
30. Olivier GODARD, « Cette ambiguë adaptation au changement climatique », *Natures Sciences Sociétés*, 2010/3 (vol. 18), pp. 287-297.
31. Sven G. KAUFMANN, « L'océan arctique et la coopération intergouvernementale non contraignante, un défi pour la protection internationale de l'environnement », *Revue Juridique de l'Environnement*, n°4, 2010, pp. 627-641.

32. Armel KERREST, « Actualités du droit de l'espace : la responsabilité des États du fait de la destruction des satellites dans l'espace », in : *Annuaire français de droit international*, vol. 55, 2009, pp. 615-626.
33. Jeffrey T. KIEHL, Kevin E. TRENBERTH, « Earth's Annual Global Mean Energy Budget », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 78, n°2, février 1997, pp. 197-208.
34. Albert C. LIN, « Carbon dioxide removal after Paris », *Ecology Law Quarterly*, vol. 45, 2018, pp. 533-582.
35. Andrew LOCKLEY, D'Maris COFFMAN, « Distinguishing morale hazard from moral hazard in geoengineering », *Environmental Law Review*, vol.18.3, 2016, pp. 194-204.
36. Jill MORGAN, « Digging Deep : Property rights in subterranean space and the challenge of Carbon Capture and Storage », *The International and Comparative Law Quarterly*, vol. 62, n°4 (octobre 2013), Cambridge University Press, pp. 813-837.
37. Edward A. PARSON, « Climate Engineering : Challenges to International Law and Potential Responses », *Proceedings of the Annual Meeting*, American Society of International Law, vol. 106, 2012, pp. 265-270.
38. Edward A. PARSON, Lia N. ERNST, « International governance of climate engineering », *Theoretical Inquiries in Law*, volume 14, De Gruyter, janvier 2013, pp. 307-337.
39. Alain PELLET, Philippe WOODLAND, Flory THIÉBAUT *et al*, « Bibliographie critique », in : *Annuaire français de droit international*, vol. 27, 1981, pp. 963-1020.
40. Stefan SCHÄFER, Sean LOW, « Asilomar Moments : Formative Framings in Recombinant DNA and Solar Climate Engineering Research », *Philosophical Transactions : Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 372 n° 2031, 2014, pp. 1-15.
41. Christian SCHRICKE, « L'Agenda de la Paix du Secrétaire général B. Boutros-Ghali. Analyses et premières réactions », *Annuaire Français de Droit International*, 1992, vol. 38, p. 11-31.

42. Jochen SOHNLE, « Les éléments territoriaux naturels mobiles subissant les conséquences du changement climatique : esquisse d'un régime de droit international en devenir », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 18, n°1, mai 2018, pp. 1-23.
43. Prosper WEIL, « Vers une normativité relative en droit international », *RGDIP* 1982.

Articles de journal

44. Anonyme, « La NASA prépare l'envoi d'équipements sur la Lune en 2020 », *France Télévisions*, 1er juin 2019.
45. Anonyme, « Climat : le risque sismique rend hasardeux le stockage géologique du CO2 », *AFP*, 19 juin 2012.
46. Yassin CIYOW, « L'Afrique à la conquête de l'espace », *Le Monde*, 26 avril 2019.
47. Stéphane FOUCART, « Climat : Broyer des roches pour absorber du CO2 », *Le Monde*, 10 novembre 2015.
48. Olivier GUILLARD, « L'Inde à la conquête de l'espace », *Institut de Relations Internationales et Stratégiques (IRIS)*, 10 avril 2019.
49. Fiona HARVEY, « Global warming crisis may mean world has to suck greenhouse gases from air », *The Guardian*, 5 juin 2011.
50. Stéphane ISRAËL *et al.*, « L'Europe doit rester pionnière dans la conquête spatiale ! », *Le Figaro*, 21 mai 2019.
51. David KEITH, « Osons débattre de la géo-ingénierie », *Project Syndicate*, 21 mars 2019.
52. Simon LEPLÂTRE, « La Chine saisie par la folie martienne », *Le Monde*, 4 mai 2019.
53. Romain LOURY, « Agriculture et climat : "4 pour 1.000" se cherche un référentiel », *Journal de l'environnement*, 3 juillet 2017.
54. Martin LUKACS, « World's biggest geoengineering experiment 'violates' UN rules », *The Guardian*, 15 octobre 2012. Disponible sur : <https://www.theguardian.com/environment/2012/oct/15/pacific-iron-fertilisation-geoengineering>

Textes officiels

55. *Convention de Chicago relative à l'aviation civile internationale*, 7 décembre 1944.
56. *Statut de la Cour internationale de justice*, annexé à la Charte des Nations Unies, 26 juin 1945.
57. Assemblée générale des Nations Unies, *Déclaration des principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique*, Résolution A/RES/1962 du 13 décembre 1963.
58. *Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels*, adopté par l'Assemblée générale des Nations unies le 16 décembre 1966.
59. *Pacte international relatif aux droits civils et politiques*, adopté par l'Assemblée générale des Nations unies le 16 décembre 1966.
60. *Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes*, adopté le 19 décembre 1966 par la résolution 2222 de l'Assemblée générale des Nations Unies.
61. *Convention de Vienne sur le droit des traités*, Vienne, 23 mai 1969.
62. *Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux*, conclue à Londres, Moscou et Washington le 29 mars 1972.
63. *Déclaration de Stockholm*, Conférence des Nations unies sur l'environnement du 5 au 16 juin 1972, Stockholm.
64. *Convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets*, Londres, 13 novembre 1972.
65. *Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles*, Genève, 10 décembre 1976
66. *Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance*, 13 novembre 1979, Genève
67. *Accord régissant les activités des États sur la Lune et les autres corps célestes*, 5 décembre 1979.

68. Conseil d'administration du PNUE, Décision 8/7/A, *Rapport de la huitième session*, 16-29 avril 1980.
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17274/80_04_GC8_report_K8003525.pdf?sequence=8&isAllowed=y.
69. *Convention des Nations Unies sur le droit de la mer*, Montego Bay, 10 décembre 1982.
70. *Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone*, 22 mars 1985, Vienne.
71. *Protocole relatif à la réduction des émissions de soufre ou de leurs flux transfrontières d'au moins 30 pour cent*, 8 juillet 1985.
72. *Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone*, 16 septembre 1987.
73. *Convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière*, Espoo, 1991.
74. *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, New York, 9 mai 1992.
75. *Convention sur la diversité biologique*, Rio de Janeiro, 5 juin 1992.
76. *Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement*, Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement du 3 au 14 juin 1992, Rio de Janeiro.
77. *Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est*, 21-22 septembre 1992.
78. *Protocole relatif à une nouvelle réduction des émissions de soufre*, 14 juin 1994.
79. *Protocole de Londres sur la prévention de la pollution marine*, 1996.
80. Assemblée Générale des Nations Unies, *Déclaration sur la coopération internationale en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace au profit et dans l'intérêt de tous les États, compte tenu en particulier des besoins des pays en développement*, A/RES/51/122 du 13 décembre 1996.
81. *Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, Kyoto, 11 décembre 1997.
82. *Convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement*, Aarhus, 25 juin 1998.

83. *Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique*, 30 novembre 1999.
84. Commission du droit international, « *Projet d'articles sur la responsabilité de l'État pour fait internationalement illicite et commentaires y relatifs* », *Annuaire de la Commission du droit international*, 2001, vol. II(2), pp. 61-393.
85. Commission du droit international, *Projet d'articles sur la prévention des dommages transfrontières résultant d'activités dangereuses et commentaires y relatifs*, *Annuaire de la Commission du droit international*, 2001, vol. II(2), pp. 405-470.
86. Organisation de l'aviation civile internationale, *Manuel de la réglementation du transport aérien international*, 2^e édition, 2004.
87. *Décision OSPAR 2007/2 sur le stockage des flux de dioxyde de carbone dans des structures géologiques*, Réunion de la Commission OSPAR du 25 au 29 juin 2007, Ostende.
88. Commission OSPAR, *Lignes directrices OSPAR pour l'évaluation et la gestion des risques du stockage des flux de CO₂ dans les structures géologiques*, 2007-12.
89. Conférence des Parties à la Convention sur la Diversité Biologique, *Décision IX/16 sur la diversité biologiques et les changements climatiques*, 9 octobre 2008.
90. Assemblée des Parties à la Convention et au Protocole de Londres, *Résolution LC-LP.1 sur la régulation de la fertilisation des océans*, 31 octobre 2008.
91. Commission d'enrichissement de la langue française, *Vocabulaire de l'environnement*, JORF n°0087 du 12 avril 2009, texte 38.
92. *Directive 2009/31/CE du Parlement européen et du Conseil*, 23 avril 2009, JOCE n°L.140 du 5 juin 2009, pp. 114-135.
93. Conférence des Parties à la Convention sur la Diversité Biologique, *Décision X/33 sur la diversité biologiques et les changements climatiques*, 27 octobre 2010.
94. *Accord de Paris*, 12 décembre 2015.
95. Bureau des affaires spatiales des Nations Unies, *Droit international de l'espace : instruments des Nations Unies*, New York, juin 2017.
96. *Accord régional sur l'accès à l'information, la participation du public et la justice en matière environnementale (Accord d'Escazú)*, 27 septembre 2018.

97. Assemblée Générale des Nations Unies, *L'espace comme moteur de développement durable*, Résolution A/RES/73/6 du 26 octobre 2018.

98. *Charte de Metz sur la biodiversité*, 6 mai 2019.

Jurisprudence

99. CPJI, *Affaire du vapeur Wimbledon*, 17 août 1923.

100. CIJ, *Affaire relative au Projet Gabčíkovo-Nagymaros*, Hongrie c/ Slovaquie, 25 septembre 1997.

101. CEDH, *Guerra et autres c/ Italie*, 19 février 1998.

102. CIJ, *Affaire relative à des usines de pâte à papier sur le fleuve Uruguay*, Argentine c/ Uruguay, 20 avril 2010.

Rapports

103. Asilomar Scientific Organizing Committee, *The Asilomar Conference Recommendations on Principles for Research into Climate Engineering Techniques*, Climate Institute, Washington DC, 2010, 37 p.

104. Roelof BRUINTJES, Deon TERBLANCHE, *Report of the expert team on weather modification meeting*, Phitsanuok, Thailand, 17-19 mars 2015.

105. Heleen DE CONINCK, Aromar REVI *et al.*, « Strengthening and Implementing the Global Response », in : *An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, GIEC, Genève, 2018, pp. 313-443.

106. Anna-Maria HUBERT, David REICHWEIN, *An exploration of a code of conduct for responsible scientific research involving geoengineering*, IASS Working Paper, InSIS Occasional Paper n°1, Potsdam et Oxford, 2015.

107. Rajendra K. PACHAURI, Leo Meyer (dir.), *Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport*

- d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, GIEC, Genève, 2014, 161 p.
108. Royal Society, *Geoengineering the Climate : Science, Governance and Uncertainty*, London, 2009, 82 p.
 109. Alexander PROELß, Kerstin GÜSSOW, *Climate Engineering : Instrumente und Institutionen des internationalen Rechts*, Université de Trèves, 2011, 79 p.
 110. Wilfried RICKELS, Gernot KLEPPER, Jonas DOVERN (dir), *Large-Scale Intentional Interventions into the Climate System ? Assessing Climate Engineering Debate*, Scoping report conducted on behalf of the German Federal Ministry of Education and Research, 2011, 161 p.
 111. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, *Geoengineering in Relation to Biological Diversity : Technical and Regulatory Matters*, Technical Series No. 66, Montreal, 2012, 152 p.
 112. S. SOLOMON, D. QIN, M. MANNING *et al.* (éds), *Changements climatiques 2007 - Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, GIEC, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New-York, États-Unis, 2007, pp. 100-141.
 113. Nicholas STERN, *Stern Review : The Economics of Climate Change*, 30 octobre 2006.
 114. Jean-Paul ALBERTINI (dir), *L'environnement en France, édition 2014*, RéférenceS, octobre 2014.
https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/201806/environnement_2014_201410.pdf
 115. Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *Update on Climate Geoengineering in Relation to the Convention on Biological Diversity : Potential Impacts and Regulatory Framework*, Technical Series No.84, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, 2016, 158 p.

Sites internet

116. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, « L'atténuation et l'adaptation », 2018. <https://www.ademe.fr/expertises/changement-climatique-energie/quoi-parle-t/lattenuation-ladaptation>.
117. Charte stratigraphique internationale : <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2012French.pdf>.
118. ETC Group, *Bas les pattes ! Ne touchez pas à notre Terre-Mère*, Manifeste contre la géo-ingénierie, octobre 2018. http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/home_manifesto-fr-1.pdf.
119. ETC Group, *Geopiracy. The Case Against Geoengineering*, 2010. <https://www.cbd.int/doc/emerging-issues/etcgroup-geopiracy-2011-013-en.pdf>
120. Rebecca LINDSEY, « Climate and Earth's Energy Budget », *NASA Earth Observatory*, 14 janvier 2009, 21 p. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/EnergyBalance>.
121. Janos PASZTOR, « Recalibrating our work after the UNEA resolution », *Carnegie Climate Governance Initiative*, 16 avril 2019. https://www.c2g2.net/recalibrating-our-work-after-the-unea-resolution/?_cldee=aW5mb0BjbGltYXRILWVuZ2luZWVyaW5nLmV1&recipientid=contact-9b7946ec27e8e81181465065f38a3ba1-77cf972c9e5246fd8d89468d53ea9d4d&esid=4abc0870-2161-e911-a95e-000d3a4f12d7.
122. https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/geoingenieria_y_ods.pdf
123. https://www.sciencesetavenir.fr/archeo-paleo/lac-nyos-le-danger-n-est-pas-ecarte_20948.
124. <https://www.c2g2.net/five-thoughts-on-governance/>.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	4
SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	5
SOMMAIRE	7
INTRODUCTION.....	8
PARTIE 1 : LE TRAITEMENT JURIDIQUE DE LA GÉO-INGÉNIERIE PAR DES RÉGIMES SECTORIELS.....	43
Chapitre 1 : Les régimes applicables aux procédés de géo-ingénierie favorisant la perte de chaleur de la Terre.....	44
Section 1 : Instruments relatifs à la géo-ingénierie au service du stockage terrestre de carbone	46
Paragraphe 1 : L'applicabilité du régime international du climat à la CDR.....	46
Paragraphe 2 : L'applicabilité de régimes sectoriels à raison des risques liés à la CDR	49
A. Les risques de la CDR liés aux usages concurrents des terres	49
B. Les risques de la CDR liés au stockage du carbone	51
Section 2 : Instruments relatifs à la géo-ingénierie au service du stockage marin de carbone	53
Paragraphe 1 : Le déversement de substances en milieu océanique	54
A. Le déversement de substances à des fins d'amélioration des puits de carbone océaniques	54
B. Le déversement de carbone à des fins de stockage en milieu océanique	57
Paragraphe 2 : La mise en place de structures artificielles en milieu océanique	58
Chapitre 2 : Les régimes applicables aux procédés de géo-ingénierie réduisant les gains de chaleur de la Terre.....	61
Section 1 : Instruments relatifs au placement de structures artificielles dans l'espace extra-atmosphérique	62

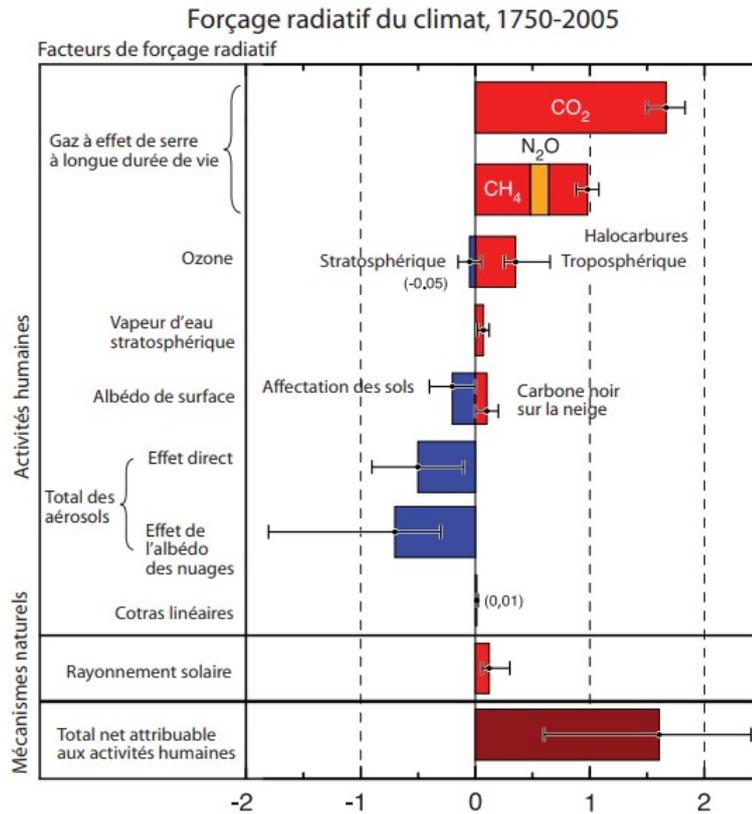
Paragraphe 1 : La liberté d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique	62
Paragraphe 2 : La responsabilité internationale des États pour les activités dans l'espace	65
Section 2 : Instruments relatifs à la pulvérisation d'aérosols dans l'atmosphère	68
Paragraphe 1 : Instruments spécifiques à l'injection d'aérosols réfléchissants.....	69
A. Les instruments applicables à l'impact environnemental de l'injection d'aérosols	69
B. Les instruments applicables aux moyens mis en œuvre pour l'injection d'aérosols	73
Paragraphe 2 : Instruments spécifiques au blanchissement des nuages marins	74
A. Les moyens déployés pour le blanchissement des nuages marins	74
B. L'impact environnemental du blanchissement des nuages marins	75
PARTIE 2 : LE TRAITEMENT JURIDIQUE DE LA GÉO-INGÉNIERIE A TRAVERS UN RÉGIME TRANSVERSAL	78
Chapitre 1 : Un régime transversal en manque de complétude normative.....	79
Section 1 : Le droit substantiel applicable à la géo-ingénierie.....	80
Paragraphe 1 : La réduction des risques comme source d'obligations substantielles ..	80
Paragraphe 2 : La recherche comme moyen de prévention des risques.....	83
Section 2 : Le droit procédural applicable à la géo-ingénierie.....	86
Paragraphe 1 : La procédure d'étude d'impact environnemental.....	87
A. Les conditions de mise en œuvre	87
B. Le contenu	89
Paragraphe 2 : La participation et l'information du public.....	90
Chapitre 2 : Un régime transversal devant affirmer son caractère contraignant.....	93
Section 1 : Les principes de soft-law applicables à la géo-ingénierie.....	94
Paragraphe 1 : Le contenu des principes	94
A. Les principes d'Oxford	94
B. Les recommandations d'Asilomar	96

Paragraphe 2 : L'absence de valeur normative propre.....	98
Section 2 : Les perspectives d'évolution de la réglementation de la géo-ingénierie	99
Paragraphe 1 : L'adaptation des régimes existants	100
Paragraphe 2 : La construction d'un régime transversal nouveau	103
A. Encadrer la géo-ingénierie.....	103
B. Interdire la géo-ingénierie	104
CONCLUSION	106
BIBLIOGRAPHIE	107
TABLE DES MATIÈRES	118
ANNEXES	121

ANNEXES

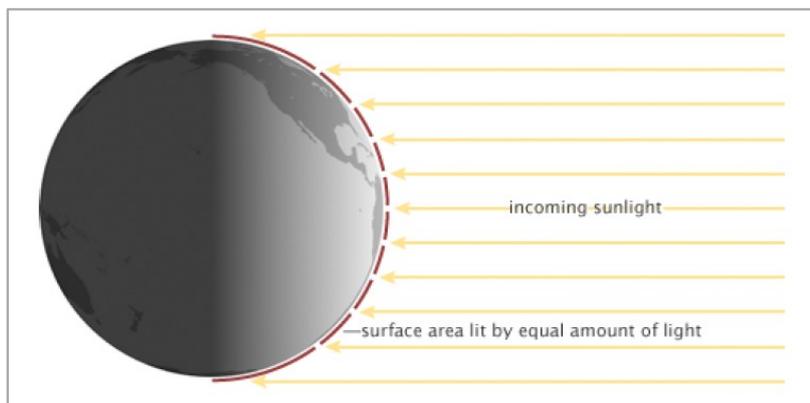
Annexe 1

Schéma 1 :



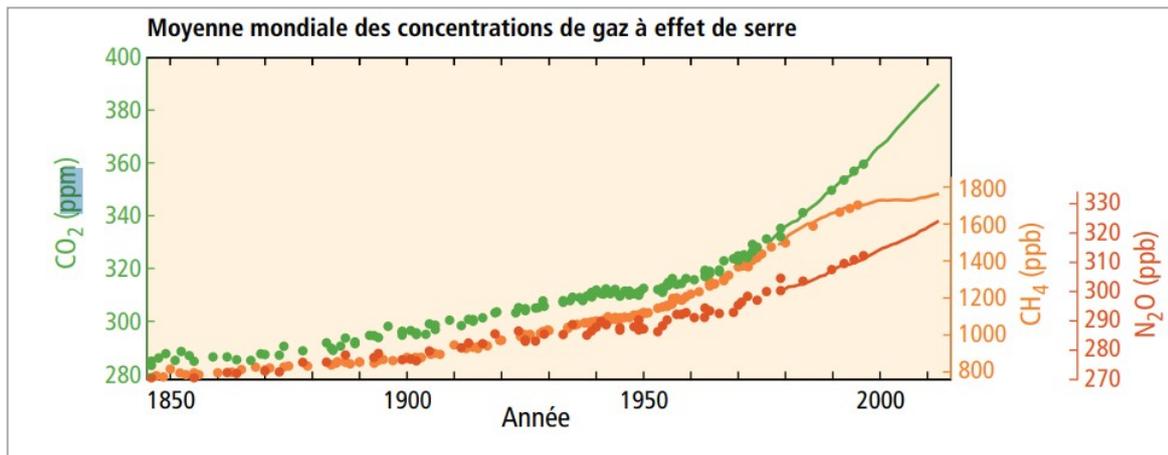
Source : S. SOLOMON, D. QIN, M. MANNING *et al.* (éds), *Changements climatiques 2007 - Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, GIEC, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New-York, États-Unis, 2007, p. 107.

Schéma 2 : La répartition de l'énergie solaire à la surface de la Terre



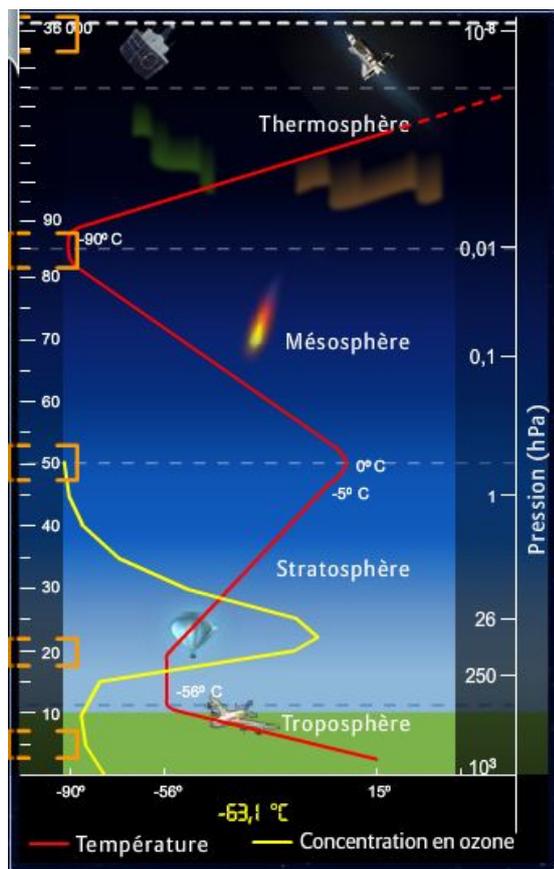
Source : Rebecca LINDSEY, « Climate and Earth's Energy Budget », *NASA Earth Observatory*, 14 janvier 2009, p. 5.

Schéma 3 : Les concentrations de GES dans l'atmosphère



Source : Rajendra K. PACHAURI, Leo MEYER (dir.), Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, 2014, p. 3.

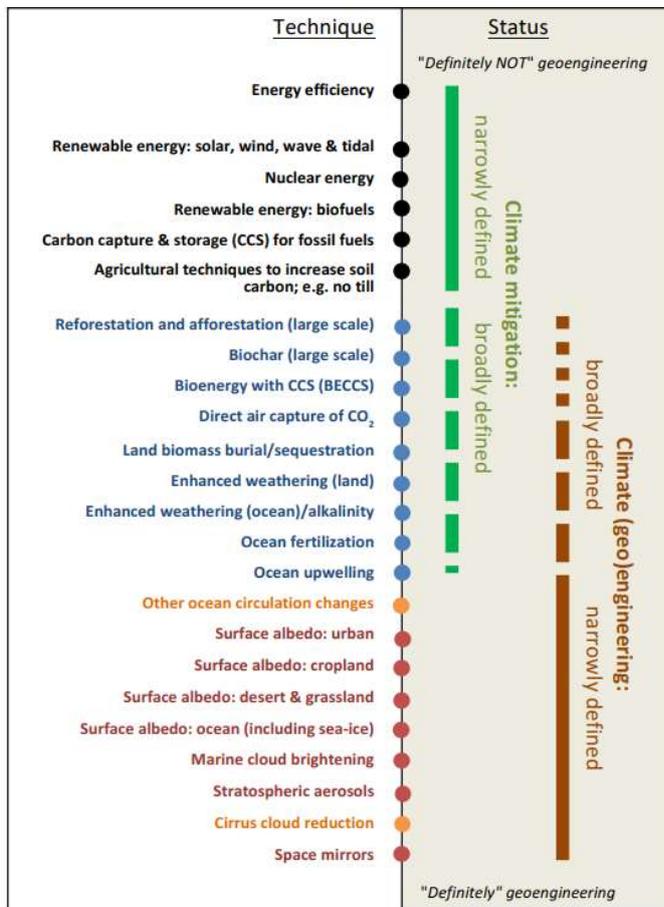
Schéma 4 : Les différentes couches de l'atmosphère terrestre



Source : Météo France (<http://education.meteofrance.fr/dossiers-thematiques/le-fonctionnement-de-l-atmosphere/la-composition-de-l-atmosphere/la-structure-de-latmosphere>).

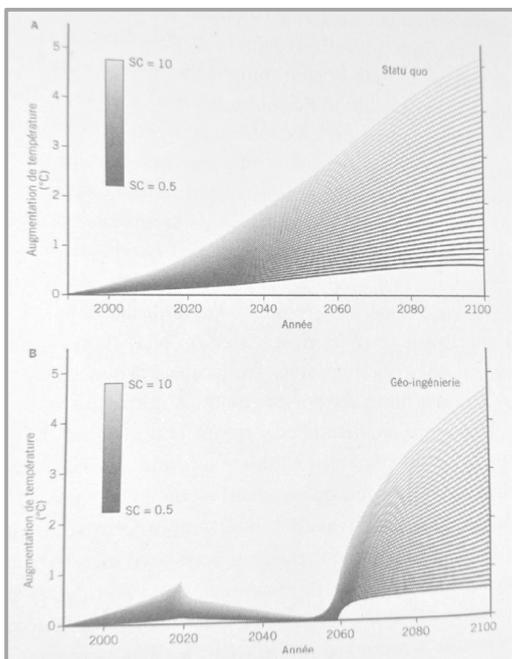
Annexe 2

Schéma 5 : Géo-ingénierie et atténuation



Source : Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *Update on Climate Geoengineering in Relation to the Convention on Biological Diversity : Potential Impacts and Regulatory Framework, Technical Series No.84, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, 2016, p. 15.*

Schéma 6 : Le « termination shock »



Ici, « SC » correspond à la sensibilité du climat aux concentrations de GES dans l'atmosphère. La hausse soudaine de 1,3°C en une décennie correspond à une sensibilité moyenne.

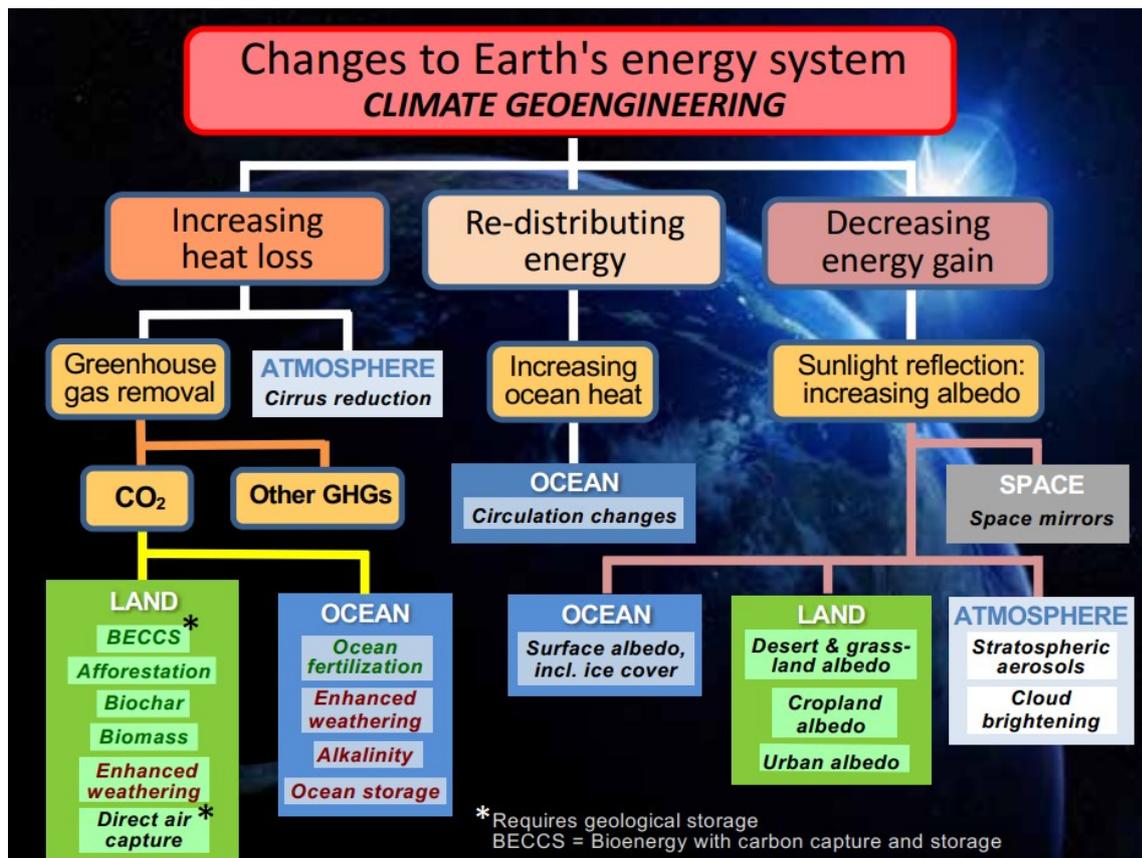
Source : Clive HAMILTON (2013), *op.cit.* note 2, p. 94.

Schéma 7 : La typologie classique de la géo-ingénierie

Category	Type	Method	Leverage effect	Anticipated potential	Method lifetime
Symptomatic cure: Modification of incidental or outgoing radiation (RM)	Reduction of short-wave radiation (SRM)	Reflectors in space	Low-medium	Unlimited	Decades – centuries
		Aerosols in the stratosphere	Large	Unlimited	About 1 year
	Increase in long-wave radiation (TRM)	Modification of cirrus clouds	Large	-1 to -4 W/m ²	Days – weeks
	Reduction of short-wave radiation (SRM)	Modification of marine stratus clouds	Large	-4 W/m ²	Days
		Modification of the Earth's surface albedo	Low	-0.2 to -3 W/m ²	Years
Causative cure: Reduction in the concentration of LW-absorbing atmospheric components (CDR)	Physical/ocean	Artificial upwelling/ downwelling	Low	Not effective	–
	Chemical/ocean	Reactions with olivine	Low	4 Gt CO ₂ /year	–
		Reactions with calcium oxide/hydroxide	Low	1.5 Gt CO ₂ / Gt CaCO ₃	–
		Reactions with powdered limestone	Low	0.3 Gt CO ₂ / Gt CaCO ₃	–
	Biological/ocean	Fertilization using macronutrients	Low	Not effective	–
		Fertilization using micronutrients	Large	5 Gt CO ₂ /year	–
	Chemical/land	Air capture	Low	Unlimited	–
	Biological/land	Biochar	Low	5 Gt CO ₂ /year	–
Afforestation		Medium	4 Gt CO ₂ /year	–	

Source : Wilfried RICKELS, Gernot KLEPPER, Jonas DOVERN (dir), *Large-Scale Intentional Interventions into the Climate System ? Assessing Climate Engineering Debate*, Scoping report conducted on behalf of the German Federal Ministry of Education and Research, 2011, p. 38.

Schéma 8 : Typologie plus large de la géo-ingénierie



*Requires geological storage
BECCS = Bioenergy with carbon capture and storage

Source : Phillip WILLIAMSON, Ralph BODLE, *Update on Climate Geoengineering in Relation to the Convention on Biological Diversity : Potential Impacts and Regulatory Framework, Technical Series No.84, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, 2016, p. 21.*