



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**ÉPREUVE 2
CONCOURS D'ÉLÈVES STAGIAIRES
ADMINISTRATEURS
DES AFFAIRES MARITIMES**

(article 6.1 du décret statutaire n°2012-1546 modifié)

**ÉPREUVE 3
CONCOURS D'ÉLÈVES ADMINISTRATEURS
DES AFFAIRES MARITIMES**

(article 4.1 du décret statutaire n°2012-1546 modifié)

SESSION 2023

NOTE DE SYNTHÈSE

(DURÉE : 5 HEURES – COEFFICIENT : 6)

2023-AAM-61-60-Note de synthèse

2023-AAM-41-60-Note de synthèse

Epreuve écrite d'admissibilité :

La rédaction d'une note à partir d'un dossier, permettant de vérifier l'aptitude du candidat à faire l'analyse et la synthèse d'un sujet, ses qualités de rédaction et de présentation.

Toute note inférieure à 8 sur 20 est éliminatoire.

Ce document comporte 68 pages y compris celle-ci.

À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET

- Les candidats doivent remplir en totalité le bandeau situé en haut de chacune de leurs feuilles de composition (code concours, code épreuve, spécialité, y compris le numéro d'inscription communiqué dans leur convocation).
- L'usage de la calculatrice, d'un dictionnaire, de tout autre document est interdit.
- Les candidats ne doivent pas faire de marge sur leur copie.
- Les candidats ne doivent faire apparaître aucun signe distinctif dans la copie, ni leur nom ou un nom fictif, ni signature ou paraphe.
- Pour rédiger, seul l'usage d'un stylo à bille noir ou bleu est autorisé. L'utilisation d'une autre couleur, pour écrire ou souligner, pouvant être considérée comme un signe distinctif proscrit.
- Aucun liquide blanc ni ruban correcteur ne doit être employé, cela peut empêcher la numérisation de la copie et par conséquent sa correction. Les ratures propres à la règle sont préférables.
- Les feuilles de brouillon ou tout autre document ne sont pas considérés comme faisant partie de la copie et ne feront pas l'objet d'une correction.

Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner une sanction par le jury.

Note de synthèse

« Il serait fou d'imaginer un équipement planétaire arrivé au dernier degré de la perfection, et resté néanmoins sous le contrôle de la multitude. » in Georges BERNANOS - La grande peur des bien-pensants.

Le directeur général de la mer souhaite comprendre les enjeux de géo-ingénierie climatique en mer pour proposer un angle politique au ministre assorti d'un éventuel plan d'actions. A partir des documents joints (65 pages), vous rédigerez une note à son attention.

Votre note ne devra pas dépasser 8 pages soit 2 copies doubles.

Liste des documents

DOCUMENT 1	Lettre ouverte pour la non-utilisation de la géo-ingénierie solaire – en janvier 2022	Page 1/65
DOCUMENT 2	« Comment le fer influence la pompe à carbone de l'océan » –journal du CNRS – juin 2021	Page 4/65
DOCUMENT 3	Plateforme océan-climat : fiche sur l'acidification des océans. Février 2017	Page 6/65
DOCUMENT 4	Question parlementaire de M. Templier, député de Haute-Marne. Février 2022	Page 9/65
DOCUMENT 5	Extrait « La grande fraude climatique » mai 2018 Fondation Heinrich Böll – Biofuelwatch – ETC group	Page 10/65
DOCUMENT 6	« Rapport sur la géo-ingénierie » Ambassade de France en Allemagne – 2015	Page 26/65
DOCUMENT 7	Site internet de l'OMI – Déclaration sur la géo-ingénierie. Octobre 2022	Page 36/65
DOCUMENT 8	« Osons débattre de la géo-ingénierie » D Keith – mars 2019	Page 39/65
DOCUMENT 9	www.presse-citron.net « Cette startup franchit une ligne rouge en modifiant le climat » 2022	Page 42/65
DOCUMENT 10	France24.com « Protection de la haute mer : des enjeux de taille, un traité qui peine à émerger » 18 août 2022	Page 44/65
DOCUMENT 11	Article IRIS « la modification du climat comme arme de guerre » avril 2021	Page 48/65
DOCUMENT 12	Article novethic.com « blanchir les nuages pour refroidir la mer » 2019	Page 58/65
DOCUMENT 13	Article vie-publique.fr « la crise du multilatéralisme » décembre 2020	Page 60/65



LETTRE OUVERTE

Nous demandons un accord international de non-utilisation de la géo-ingénierie solaire

Nous appelons les gouvernements, les Nations Unies, et l'ensemble des acteurs à agir contre la normalisation de la géo-ingénierie solaire comme instrument des politiques climatiques. Les gouvernements et les Nations Unies doivent assurer un contrôle politique effectif des technologies de géo-ingénierie solaire et restreindre leur développement à l'échelle planétaire. Plus précisément, nous appelons à l'adoption d'un accord international de non-utilisation de la géo-ingénierie solaire.

La géo-ingénierie solaire, définie comme un ensemble de technologies visant à réfléchir le rayonnement solaire dans l'espace pour limiter le réchauffement climatique, est un sujet qui gagne de l'importance dans les débats sur la politique climatique. Plusieurs scientifiques ont lancé des projets de recherche sur la géo-ingénierie solaire ; parmi ces scientifiques, certains considèrent que le recours à ces technologies pourrait faire partie des solutions politiques pour lutter contre les changements climatiques.

Pour nous, ces multiples appels à la recherche et au développement de la géo-ingénierie solaire sont alarmants, notamment pour trois raisons majeures :

Premièrement, les risques de la géo-ingénierie solaire sont encore peu étudiés et compris et ne pourront être entièrement connus. Les impacts pourraient varier d'une région à l'autre et les effets de ces technologies sur les conditions météorologiques, l'agriculture et la fourniture des besoins essentiels en nourriture et en eau sont jusqu'à présent extrêmement incertains.

Deuxièmement, les espoirs—spéculatifs au demeurant—que suscitent le développement des technologies de géo-ingénierie solaire menacent les engagements en matière d'atténuation des parties prenantes aux négociations climatiques et peuvent dissuader les gouvernements, les entreprises et l'ensemble de nos sociétés de faire tout leur possible pour parvenir à la décarbonation ou à la neutralité carbone le plus rapidement possible. L'éventuelle mise en place des technologies de géo-ingénierie solaire à grande échelle dans un futur proche risque de fournir un argument de poids aux lobbyistes de l'industrie, aux négationnistes du climat et à certains gouvernements pour remettre à plus tard la mise en œuvre de politiques de décarbonation ambitieuses.

Troisièmement, le système de gouvernance mondiale n'est actuellement pas en mesure de développer et de mettre en œuvre un accord politique d'une portée et d'une ambition suffisantes pour contrôler le déploiement de la géo-ingénierie solaire de manière équitable, inclusive et efficace. L'Assemblée générale des Nations Unies, le Programme des Nations Unies pour l'environnement ou la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques n'ont ni le mandat ni les moyens d'assurer un contrôle multilatéral équitable et efficace du déploiement des technologies de géo-ingénierie solaire à l'échelle planétaire. Si les cinq membres permanents du Conseil de sécurité des Nations Unies disposent d'un droit de veto, cet organe des Nations Unies ne dispose pas la légitimité internationale nécessaire pour régler efficacement le déploiement de la géo-ingénierie solaire.

The logo features the text "Solar Geoengineering Non-Use Agreement" in a sans-serif font. Above the word "Solar" is a stylized orange sun icon composed of a grid of dots. The text "Geoengineering" is on the second line, "Non-Use Agreement" is on the third line, and "Non-Use Agreement" is on the fourth line.

Solar
Geoengineering
Non-Use Agreement

Les dispositifs de gouvernance informels tels que les dialogues multipartites ou les codes de conduite volontaires sont, eux aussi, inadaptés pour réguler le développement de ces technologies. En effet, ces dispositifs risquent de contribuer à légitimer prématurément les technologies de géo-ingénierie solaire notamment parce qu'ils excluent la participation d'acteurs moins puissants, alors que ceux-ci seront potentiellement plus exposés aux risques liés à l'utilisation de ces technologies. Les réseaux scientifiques sont dominés par une poignée de pays industrialisés, et là encore les pays économiquement moins puissants n'ont que peu ou pas d'influence sur les décisions de ces réseaux concernant l'étude et le déploiement de ces technologies. Enfin, une gouvernance technocratique basée sur des commissions d'experts n'est pas à même de statuer sur des conflits internationaux complexes relatifs aux valeurs, à la répartition et l'acceptation des risques qui surviennent dans le contexte de la géo-ingénierie solaire.

Sans mécanismes de contrôle internationaux démocratiques efficaces, les impacts géopolitiques d'un éventuel déploiement unilatéral de la géo-ingénierie solaire seraient inquiétants et injustes. Compte tenu des faibles coûts de certaines de ces technologies, les pays les plus puissants risqueraient de s'engager dans la géo-ingénierie solaire de manière unilatérale ou au sein de petites coalitions, quand bien même une majorité de pays s'opposeraient à un tel déploiement.

En bref, le déploiement de la géo-ingénierie solaire ne peut être régulé de manière juste, inclusive et efficace au niveau international. Nous appelons donc à une action politique immédiate des gouvernements, des Nations Unies et de l'ensemble des acteurs contre la normalisation de la géo-ingénierie solaire en tant qu'instrument de politique climatique.

Les gouvernements et les Nations Unies devraient contrôler et restreindre le développement des technologies de géo-ingénierie solaire avant qu'il ne soit trop tard. Nous plaidons pour l'adoption d'un **accord international de non-utilisation de la géo-ingénierie solaire** destiné particulièrement à lutter contre le développement et le déploiement de ces technologies à l'échelle globale.

En adoptant cet accord international, les gouvernements s'engageraient à respecter cinq mesures fondamentales :

1. Interdire aux agences nationales de financement de soutenir le développement de technologies de géo-ingénierie solaire, via des mesures prises au niveau national et par les institutions internationales ;
2. Interdire les essais en extérieur des technologies de géo-ingénierie solaire dans les zones sous leur juridiction ;
3. Ne pas octroyer de droits de brevet pour les technologies de géo-ingénierie solaire, y compris les technologies visant à soutenir leur déploiement telles que la modernisation des avions pour les injections d'aérosols ;
4. Ne pas déployer de technologies pour la géo-ingénierie solaire si celles-ci sont développées par des tierces parties ;
5. S'opposer à l'institutionnalisation de la géo-ingénierie solaire planétaire en tant qu'instrument des politiques climatiques dans les institutions internationales compétentes, y compris dans les évaluations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

Un **accord international de non-utilisation de la géo-ingénierie solaire** n'interdirait pas la recherche atmosphérique ou climatique en tant que telle, pas plus qu'il ne restreindrait la liberté académique. Cet accord se concentrerait plutôt exclusivement sur un ensemble spécifique de mesures visant à restreindre le développement des technologies de géo-ingénierie solaire sous la juridiction des parties à l'accord.

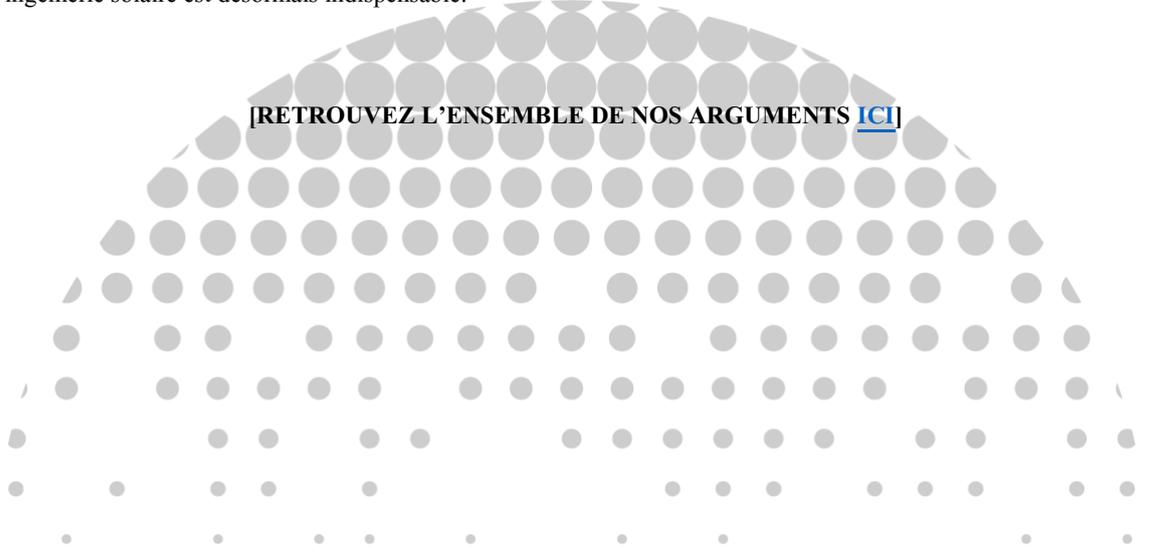
La mise en place d'accords politiques internationaux visant à réguler le développement de technologies contestées et comprenant d'importants risques à l'échelle de la planète n'est pas sans précédent. La communauté internationale

The logo for the Solar Geoengineering Non-Use Agreement. It features the text "Solar Geoengineering Non-Use Agreement" in a sans-serif font. Above the word "Solar" is a stylized orange and white sun icon composed of dots.

possède en effet une riche histoire de restrictions et de moratoires internationaux sur des activités et des technologies jugées trop dangereuses ou indésirables. Cette histoire démontre que les interdictions internationales concernant le développement de technologies spécifiques ne limitent pas la recherche légitime pas plus qu'elles n'étouffent l'innovation scientifique. En outre, un accord international de non-utilisation de la géo-ingénierie solaire pourrait comporter des exemptions pour les approches considérées moins dangereuses, par exemple en autorisant l'utilisation de technologies localisées liées à l'albédo de surface qui comportent peu de risques transrégionaux ou mondiaux.

En résumé, un accord international de non-utilisation de la géo-ingénierie solaire serait à la fois opportun, faisable et efficace. Il éviterait la normalisation et le développement d'un ensemble de technologies risquées et peu maîtrisées de gestion du rayonnement solaire. De plus, cet accord n'entraverait aucunement la poursuite de recherches légitimes sur le climat. En prenant des mesures adaptées et légitimes, nous pouvons atteindre la décarbonation de nos économies sans recourir à la géo-ingénierie solaire. Cette dernière n'est ni souhaitable, ni éthique, et ni politiquement régulable et maîtrisable dans le contexte actuel.

Compte tenu de la normalisation croissante de la recherche en géo-ingénierie solaire, un message politique fort pour stopper le développement de ces technologies est nécessaire. Un accord international de non-utilisation de la géo-ingénierie solaire est désormais indispensable.

A decorative graphic consisting of a semi-circle of dots. The dots are arranged in a grid pattern that tapers to a point at the top, forming a semi-circular shape. The dots are grey and vary in size, with the largest dots at the top and the smallest at the bottom.

[RETROUVEZ L'ENSEMBLE DE NOS ARGUMENTS [ICI](#)]

<https://lejournel.cnrs.fr/nos-blogs/un-ocean-de-decouvertes/comment-le-fer-influence-la-pompe-a-carbone-de-locean>

Comment le fer influence la pompe à carbone de l'océan

08.06.2021, par Marie Perez, chargée de communication à l'Institut national des sciences de l'Univers (Insu) du CNRS

Les navires océanographiques français partent régulièrement en mer pour étudier le cycle du fer. Cet élément est en effet vital au développement du phytoplancton qui joue pour sa part un rôle majeur dans le climat de notre planète. Explications dans le premier billet du nouveau blog "Un océan de découvertes".

L'océan joue un rôle crucial dans la régulation du climat, notamment parce qu'il capture une partie du dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique. Sans lui, la Terre serait beaucoup plus chaude. L'un des mécanismes qui permet cette capture est la « pompe biologique ». Explications. À la surface de l'océan, vivent des algues microscopiques appelées phytoplancton. Comme toute plante, elles pratiquent la photosynthèse, c'est-à-dire qu'elles absorbent du CO₂ atmosphérique et le transforment en matière organique et en dioxygène (O₂) grâce à la lumière du Soleil. Lorsqu'elles meurent, une partie s'exporte vers le fond de l'océan, séquestrant ainsi le carbone dans les profondeurs. Pour survivre, le phytoplancton a donc besoin de lumière et de CO₂, mais également d'un certain nombre de micronutriments comme le fer.

Afin de prédire comment le changement climatique affecte l'océan et sa capacité à absorber le CO₂, les scientifiques doivent comprendre le cycle du carbone océanique. Celui-ci étant étroitement lié à l'activité planctonique, elle-même dépendante de la quantité de fer disponible, le cycle du fer est également un sujet de recherche actuel majeur. « On s'intéresse au fer océanique depuis à peine 30 ans, précise Stéphane Blain, chercheur au Laboratoire d'océanographie microbienne (Lomic). L'intérêt pour cet élément a été stimulé indirectement par une idée de géo-ingénierie : injecter du fer dans l'océan pour augmenter la quantité de phytoplancton et activer la pompe biologique. Heureusement, cela n'est actuellement pas sérieusement envisagé car ni l'efficacité, ni les effets secondaires d'une telle manipulation ne sont connus. »

Mais pourquoi, en 30 ans, n'a-t-on pas encore réussi à décrire le cycle du fer de manière précise ? Déjà, parce qu'il implique énormément de paramètres. Un exemple : les bactéries océaniques. En respirant, elles consomment du dioxygène et de la matière organique pour produire du CO₂, agissant ainsi comme une sorte de contre-pompe à carbone. Elles aussi ont besoin de fer et peuvent donc, dans certaines conditions, entrer en compétition avec le phytoplancton pour cette ressource. « On trouve des bactéries dans toute la colonne d'eau, de la surface jusqu'aux abysses, et il y en a environ un million de cellules bactériennes par millilitre d'eau, explique Ingrid Obernosterer, également chercheuse au Lomic. On connaît assez bien le rôle des bactéries, dans leur ensemble, dans le cycle des éléments, et plusieurs études démontrent la grande diversité des espèces. En revanche, le rôle spécifique de chaque espèce reste encore largement méconnu et ceci est particulièrement vrai pour le cycle du fer. »

Ensuite, « parce que l'état de l'océan n'est plus statique à cause du changement climatique, comme le souligne Cécile Guieu, chercheuse au Laboratoire d'océanographie de Villefranche (LOV). On étudie un objet en évolution permanente sans connaître la vitesse de modification des processus, comme par exemple l'intensification de la stratification liée au réchauffement qui va réduire les apports nutritifs des couches profondes de l'océan vers la couche éclairée. » Enfin, car, comme l'explique Fabrizio d'Ortenzio, chercheur lui aussi au LOV, « l'océan est un objet très vaste – il

recouvre 70 % de la planète – et unique – les changements qui ont lieu à un endroit se répercutent partout. Ainsi, le phytoplancton est en permanence soumis à des modifications de son environnement proche qui ont parfois des causes à l'autre bout de la planète ».

Ceci étant dit, la recherche avance ! En 2005 et 2011, Stéphane Blain dirige les missions Keops-1 et Keops-2, destination les îles Kerguelen dans l'océan Austral. Les abords des îles sont très riches en phytoplancton, ce qui n'est pas le cas du reste de cet océan. Le phénomène est baptisé « bloom », qui signifie « floraison » en anglais. Selon les scientifiques, cette floraison exceptionnelle serait due à la présence de fer dans l'eau. Lors de la première mission, l'équipe met, en effet, en évidence une source de fer sous les îles qui alimente constamment le phytoplancton. De plus, les mesures de CO₂ dans l'eau de surface montrent que la région du bloom est un large puits de CO₂. En fertilisant artificiellement une petite zone en fer, les scientifiques constatent une augmentation de l'absorption de carbone par le phytoplancton et leurs mesures indiquent que la fertilisation naturelle est 10 à 100 fois plus efficace que la fertilisation artificielle. Au cours de la deuxième mission, les sources de fer sont davantage étudiées. Résultat : les apports atmosphériques sont négligeables tandis que les processus de ruissellement, d'apports par les glaciers et les sédiments du plateau sont des sources importantes de fer dissous.

En 2019, l'expédition Tonga, dans l'océan Pacifique, permet une autre découverte. « On pensait que le fer consommé par le phytoplancton venait quasi-exclusivement des apports atmosphériques et, dans cette région très volcanique, l'hypothèse des aérosols volcaniques était dominante. Mais la découverte de sources hydrothermales peu profondes, à moins de 200 mètres sous la surface, pouvant alimenter en fer les eaux éclairées remet en cause cette hypothèse », révèle Cécile Guieu qui a conduit l'expédition. Les sources hydrothermales sont en lien avec l'activité volcanique du plancher océanique et sont particulièrement nombreuses dans les zones d'arc, comme l'Arc des Tonga, cible de cette expédition. Ces fluides hydrothermaux, émis peu profondément dans l'océan, contiennent des gaz et de nombreux éléments chimiques, dont le fer, qui peuvent alimenter la couche éclairée, siège de la photosynthèse. Malgré l'importance de cette découverte, de nombreuses questions demeurent sur le lien entre le nombre et le fonctionnement de ces sources de fer, et leur impact sur le cycle du carbone à grande échelle. Prochaine étape : coupler les mesures biogéochimiques à des observations in situ avec des caméras.

Dernière mission en date : Swings qui a eu lieu en mars/avril 2021 dans l'océan Austral. L'objectif est de traquer les éléments traces, dont le fer, et de voir comment ils se transforment dans l'océan et d'où ils proviennent. Par exemple, pour quantifier le fer apporté par les poussières atmosphériques, les scientifiques ont recours au Beryllium 7, un traceur radioactif produit dans l'atmosphère, qui se dépose à la surface de l'océan. Connaissant la proportion de fer présent dans les poussières atmosphériques par rapport à la quantité de ce traceur, ils peuvent alors prélever de l'eau de mer, mesurer la quantité de Beryllium 7 et en déduire la quantité de fer. De nombreuses études sont en cours sur les échantillons rapportés par Swings et leurs résultats feront encore, sans aucun doute, progresser notre connaissance du cycle du fer.



Acidification des océans

Jean-Pierre Gattuso,
Lina Hansson

Chaque jour, les océans absorbent un quart du CO_2 produit par l'homme d'où une modification chimique de l'eau de mer qui se traduit par une acidification des océans. La dissolution du CO_2 dans l'eau de mer entraîne une diminution du pH (plus le pH est faible, plus l'acidité est importante) et de la quantité d'ions carbonates (CO_3^{2-}) qui sont l'une des briques nécessaires aux plantes et animaux marins pour fabriquer leurs squelettes, coquilles et autres structures calcaires. L'acidité des océans a augmenté de 30 % en 250 ans et ce phénomène continue à s'amplifier. Ses effets et son interaction avec d'autres modifications environnementales restent mal connus. L'acidification menace directement des espèces comme les huîtres et les moules consommées par l'homme et aura aussi un impact sur les chaînes alimentaires marines.

ACIDIFICATION DES OCÉANS

Chaque jour, nos océans absorbent un quart du dioxyde de carbone (CO_2) produit par l'homme. Le résultat ? Une acidification des océans qui n'est pas sans conséquence pour certaines plantes, animaux et écosystèmes marins.

QU'EST-CE QUE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS ?

La plupart d'entre nous ont entendu parler du changement climatique et du réchauffement de la planète, dus à l'effet de serre. On sait aussi que ce sont les activités de l'homme, et notamment nos rejets de gaz carbonique (CO_2) provenant par exemple de nos voitures et industries, qui sont en cause. Mais l'acidification des océans reste méconnue. Ce n'est pas très surprenant car cela ne fait que quelques années que son ampleur et ses conséquences ont été découvertes. Pourtant, là aussi, c'est le CO_2 le responsable. En fait, l'acidification des océans est parfois appelée « l'autre problème du CO_2 ».

LA CHIMIE

La totalité du CO_2 que nous produisons tous les jours ne reste pas dans l'atmosphère. Environ un quart du CO_2 émis est absorbé par nos océans. Sans les océans, la quantité de CO_2 dans l'atmosphère, et donc le réchauffement, seraient encore plus importants. Nous avons donc la chance d'avoir des mers et des océans ! Les chercheurs ont longtemps pensé que cette absorption du CO_2 serait sans conséquence importante pour les océans et pour les organismes qui y vivent. Mais ils se sont rendu compte, il y a une quinzaine d'années, que la dissolution du CO_2 dans l'eau de mer entraîne des changements chimiques : une diminution du pH (mesure de l'acidité d'un liquide) et de la quantité d'ions carbonates (CO_3^{2-}) qui sont l'une des briques nécessaires aux plantes et animaux marins pour fabriquer leurs squelettes, coquilles et autres structures calcaires.

L'ACIDITÉ ET L'ÉCHELLE DE pH

Vous connaissez certainement déjà des aliments acides, par exemple le citron ou le vinaigre. Il se trouve que le CO_2 est un gaz acide.



Il est présent dans les boissons gazeuses: les petites bulles dans le soda sont des bulles de CO_2 . Lorsque le CO_2 est absorbé dans l'eau de mer, il se dissout et provoque une acidification. Attention, cela ne va pas dire que les océans deviendront acides, mais la chimie des océans change progressivement vers une acidité plus élevée. L'acidité d'un liquide est déterminée par sa concentration en ions H^+ (protons). Il n'est pas très pratique de parler de la concentration en protons car les valeurs sont très faibles. Pour simplifier, on utilise l'échelle de pH, qui va de 0 à 14. Plus le pH est faible, plus l'acidité du liquide est importante. On dit qu'un liquide à pH 7 est neutre, celui avec un pH inférieur à 7 acide, et celui avec un pH supérieur basique. Cette échelle de mesure est un peu particulière, comme l'échelle de Richter utilisée pour mesurer les tremblements de terre: un liquide de pH 6 a une acidité 10 fois plus élevée qu'un liquide de pH 7, 100 fois plus élevée qu'un liquide de pH 8 et 1 000 fois plus élevée qu'un liquide de pH 9.

LE NOM

Pourquoi ce phénomène s'appelle-t-il « acidification des océans » puisque les océans ne deviendront jamais acides ($\text{pH} < 7$) ? L'acidification fait référence à un processus: la diminution du pH (augmentation des ions H^+ et de l'acidité). Le mot « acidification » fait référence à l'abaissement du pH de n'importe quel point de départ vers tout point final sur l'échelle de pH. On peut comparer cette terminologie avec celle que l'on utilise pour la température: si la température de l'air passe de $-20\text{ }^\circ\text{C}$ à $-10\text{ }^\circ\text{C}$, il fait toujours froid, mais nous parlons de « réchauffement ».

UN PEU D'HISTOIRE

L'acidité des océans a augmenté de 30 % en 250 ans, soit depuis le début du développement industriel (baisse de pH de 8,2 à 8,1). Des simulations ont montré que, au rythme des émissions actuelles, l'acidité des eaux de surface de l'océan pourrait tripler d'ici la fin du siècle. Cette absorption de CO_2 se produit à une vitesse 100 fois plus rapide que ce qui s'est produit naturellement au cours des 300 derniers millions d'années.

IMPACTS SUR LES ORGANISMES MARINS

L'absorption de CO_2 par l'eau de mer entraîne donc une augmentation de protons (ions H^+) mais aussi la diminution de certaines molécules, comme les ions carbonates (CO_3^{2-}), nécessaires à de nombreux organismes marins pour fabriquer leur squelette ou coquille calcaire (coraux, moules, huîtres...). La plupart des plantes et animaux calcaires auront de plus en plus de mal à fabriquer ces structures calcaires. Leurs squelettes et coquilles sont aussi menacés de dissolution. En effet, au-dessus d'un certain seuil d'acidité, l'eau de mer devient corrosive vis-à-vis du calcaire, la matière dont les squelettes et coquilles sont fabriqués.

Les chercheurs ont étudié en laboratoire la fabrication de ces structures calcaires chez certains organismes. Ces derniers ont été soumis à des conditions d'acidification prévues pour le futur. Des effets néfastes ont été constatés chez certaines espèces, par exemple chez les ptéropodes et les algues calcaires. D'autres organismes peuvent bénéficier de l'acidification. Par exemple, certaines plantes ont une photosynthèse plus élevée lorsque le CO_2 est plus abondant.

QUEL POURRAIT ÊTRE L'IMPACT DE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS SUR L'HOMME ?

L'acidification des océans peut avoir des effets directs sur les organismes que nous consommons, par exemple les moules et les huîtres. Des effets négatifs sur le zooplancton, comme ceux observés sur les ptéropodes, pourraient avoir des conséquences pour l'homme. Dans l'océan, tout est connecté. Beaucoup d'organismes dépendent du plancton, des coraux, comme source de nourriture, ou d'habitat. Ainsi, l'acidification pourrait avoir des conséquences sur les réseaux alimentaires, la biodiversité de certains écosystèmes et des conséquences économiques pour l'Homme. Par exemple, le ptéropode est mangé par le saumon dans le



Pacifique nord et l'océan Arctique. Or, le saumon du Pacifique représente une ressource très importante qui emploie un nombre très significatif de personnes.

QUE PEUT-ON FAIRE POUR LIMITER L'ACIDIFICATION DES OCÉANS ?

La chimie de l'eau de mer restera altérée pendant des centaines d'années, même si l'on arrête d'émettre du CO₂. Il est cependant parfaitement possible de limiter la progression de l'acidification et de limiter ses impacts. Des techniques de géo-ingénierie plus ou moins réalistes ou désirables ont été proposées pour limiter l'acidification, tel que l'ajout de com-

posés basiques dans les océans pour contrer l'acidification et augmenter le pH. Cependant la seule solution éprouvée, efficace et sans aucun risque est de s'attaquer à la source du problème, c'est-à-dire à l'augmentation du CO₂. La réduction des rejets peut se faire à plusieurs niveaux, notamment au travers de discussions entre politiciens aux échelles nationale et internationale, visant à utiliser des énergies renouvelables plutôt que des combustibles fossiles. Mais chacun d'entre nous peut y contribuer, en limitant nos émissions, par exemple en prenant le train plutôt que la voiture, en économisant de l'électricité. On peut aussi en parler autour de nous en motivant nos proches et nos amis à en faire autant.

POUR EN SAVOIR PLUS

- Laboratoire virtuel – http://i2i.stanford.edu/AcidOcean/AcidOcean_Fr.htm
- Animation sur l'acidification en français – www.youtube.com/watch?v=KqtxGZKItS8
- Animation projet BNP Paribas eFOCE – www.youtube.com/watch?v=QhgQ4unMVUM
- Animation « Hermie the hermit crab » – www.youtube.com/watch?v=RnqJMIhH5yM Great Barrier Reef Marine Park Authority
- Brochures en français – www.iaea.org/ocean-acidification/page.php?page=2198
- Résumé à l'attention des décideurs – www.igbp.net/publications/summariesforpolicymakers/summariesforpolicymakers/oceanacidificationsummaryforpolicymakers2013.5.30566fc6142425d6c9111f4.html



15ème législature

Question N° : 43861	De M. Sylvain Templier (La République en Marche - Haute-Marne)	Question écrite
Ministère interrogé > Transition écologique		Ministère attributaire > Transition écologique et cohésion des territoires
Rubrique > climat	Tête d'analyse >Techniques de géo-ingénierie marine et changement climatique	Analyse > Techniques de géo-ingénierie marine et changement climatique.
Question publiée au JO le : 01/02/2022 Date de changement d'attribution : 21/05/2022 Question retirée le : 21/06/2022 (fin de mandat)		

Texte de la question

M. Sylvain Templier interroge Mme la ministre de la transition écologique sur les techniques de géo-ingénierie marine et leur place dans la lutte contre le dérèglement climatique. En mars 2019, le groupe d'experts sur les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin a publié une note relative aux techniques de géo-ingénierie marine. L'objectif est de profiter et d'amplifier par la technologie les capacités de captation de carbone par l'océan. La plus connue est la fertilisation par le fer pour stimuler la croissance du phytoplancton, ce qui permettrait de capter davantage de CO₂, piégé dans leur matière organique. Il existe également la dissolution de poudre de minéraux, issus de roches silicatées, qui pourraient capturer le CO₂ tout en luttant contre l'acidification des eaux. Dans ce rapport, les scientifiques lançaient un appel à la prudence envers ces techniques et réclamaient un cadre coordonné pour proposer et évaluer le développement des activités de géo-ingénierie marine. Ce document répertoriait 27 approches pour employer les caractéristiques de l'océan dans la lutte contre les émissions de CO₂. Néanmoins, ces approches comprennent des lacunes de connaissances en l'état, reconnues par la communauté scientifique : impacts divers (sociaux, économiques, diplomatiques), effets secondaires potentiels sur la faune et la flore marines, difficulté d'évaluation d'échelle de mise en application etc. Dans un rapport plus récent, l'Académie nationale des sciences, de l'ingénierie et de la médecine aux États-Unis d'Amérique d'Amérique recommandait de développer les recherches pour amplifier le rôle de l'océan en puits de carbone. Ce rapport recommande notamment de dédier un budget à hauteur de 125 millions de dollars sur dix ans. Le coauteur indique ainsi : « Toutes les approches terrestres ont des limites, il est donc important d'évaluer la possibilité d'utiliser également les océans ». Le One Océan Summit, lancé par le Président de la République, pourrait être l'opportunité d'avancer des constats mais également des solutions. Ainsi, il souhaiterait connaître ses positions sur le développement de la géo-ingénierie marine et notamment en ce qui concerne un investissement conséquent dans la recherche.

La grande fraude climatique

le cas contre la géoingénierie climatique

Extraits :

- page de garde
- de la page 21 à 24
- de la page 31 à 34
- de la page 71 à 77



www.etcgroup.org



www.biofuelwatch.org



www.boell.de/en

Mer : techniques de géoingénierie qui ciblent les écosystèmes océaniques

Fertilisation des océans

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

Altération accélérée (milieu océanique)

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



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

Brassage artificiel

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

Séquestration permanente de résidus agricoles dans les océans

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

Microbulles et écume marine

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

Modification à l'échelle mondiale des flux de chaleur

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

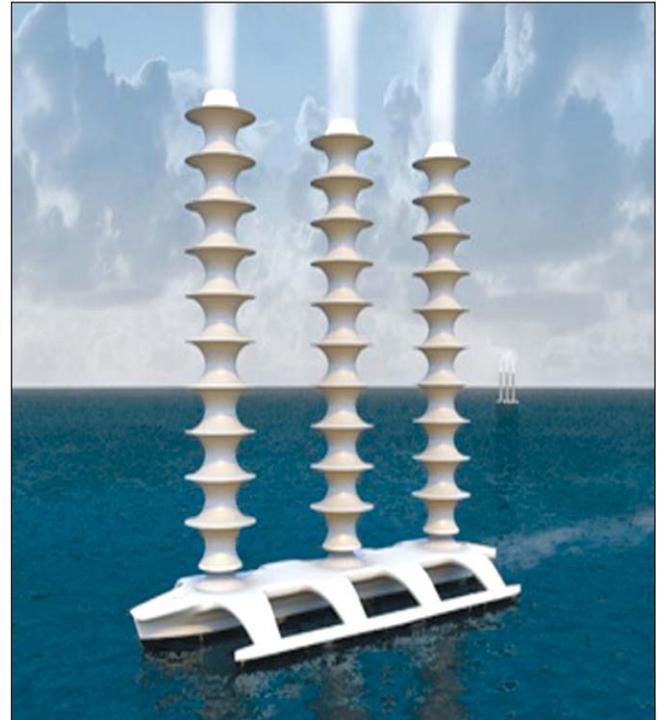
Air : techniques de géoingénierie qui ciblent l'atmosphère

Injection d'aérosols stratosphériques (IAS)

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

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

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



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

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

Amincissement des cirrus

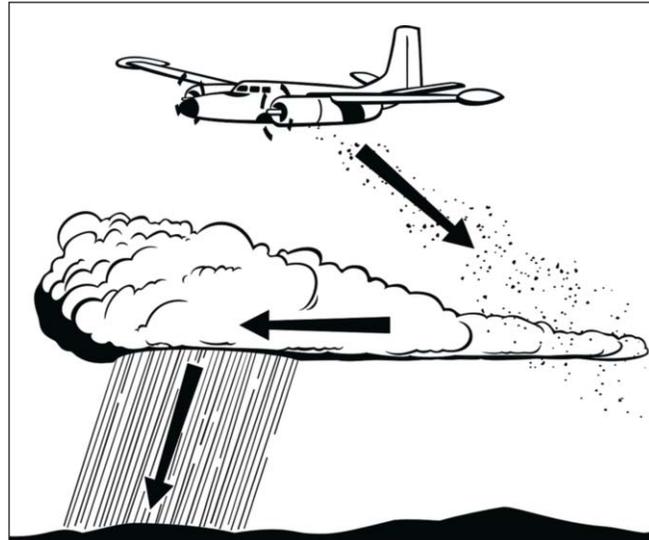
Contrairement au BNM, cette technique faisant partie de la famille de la GRS ne cherche pas à accroître la densité ou la quantité de nuages afin d'augmenter la réflectance du couvert nuageux. Elle vise plutôt à amincir les cirrus, ces nuages filamenteux et allongés retrouvés en haute altitude. Selon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

Modification et suppression des tempêtes

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

Pare-soleils spatiaux

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



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

Miroirs spatiaux

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

Étude de cas III : fertilisation des océans

— les projets LOHAFEX et Planktos-Haida-Oceaneos

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

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

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

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

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

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

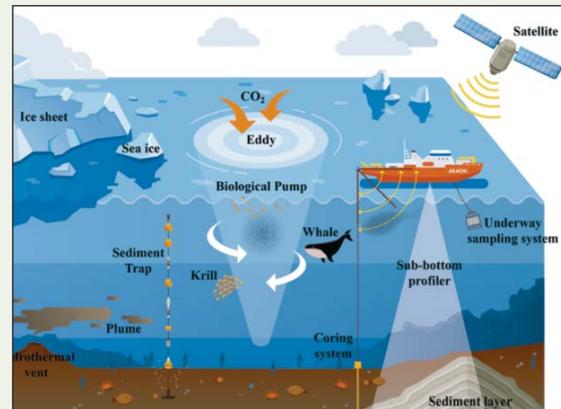
Elles ont en outre changé l'image de leur organisation : dorénavant, cette dernière est à but non lucratif plutôt que lucratif; elle fait de l'« ensemencement océanique » plutôt que de la fertilisation par le fer; et elle mène un projet méticuleux encadré par un code de conduite, en plus de pouvoir compter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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Étude de cas VI : le projet SPICE

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

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

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

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

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

Annexe 1

Les Nations unies et la géoingénierie

La Convention sur la diversité biologique et la géoingénierie

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

« étant donné l'état actuel des connaissances, les activités de fertilisation des océans autres que celles servant à des fins scientifiques légitimes ne devraient pas être autorisées. À cette fin, de telles activités poursuivant d'autres buts devraient être considérées comme allant à l'encontre des objectifs de la Convention et de son Protocole, et ne sont actuellement pas exemptées de la définition d'immersion retrouvée à l'article III.1 (b) de la Convention et à l'article 1.4.2 du Protocole »³²⁷.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La grande fraude climatique

le cas contre la géoingénierie climatique

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

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

Karin Nansen

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



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

Nnimmo Bassey

Fondation HOME,
Nigeria

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

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

Tom BK Goldtooth

Réseau Environnemental
Autochtone, Etats-Unis



www.etcgroup.org



www.biofuelwatch.org



www.boell.de/en



AMBASSADE DE FRANCE EN ALLEMAGNE
SERVICE POUR LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE

Berlin, le 31 juillet 2015
Sean VAVASSEUR, chargé de mission scientifique environnement
SST/CG/frb-pvdv/15-069

**Etat des lieux et perspectives de la géoingénierie en
Allemagne et en Europe**

L'ingénierie climatique (IC) a été l'objet d'une actualité importante en Allemagne avec la tenue d'un symposium scientifique international du 7 au 10 juillet 2015 et la publication du rapport européen d'évaluation de l'ingénierie climatique, EuTRACE, le 15 juillet 2015 à l'académie des sciences du Brandebourg (Berlin). Par ailleurs, le service pour la science et la technologie de l'ambassade de France en Allemagne s'est rendu à l'Institut d'études avancées en développement durable (IASS) de Potsdam (Brandebourg) pour discuter avec l'auteur principal du rapport EuTRACE, M. Stefan Schäfer, ainsi qu'avec d'autres experts, MM. Peter Irvine et Andrew Parker. Cette note propose une synthèse des informations recueillies au cours de ces événements et de ces entretiens, mais aussi des informations issues d'une recherche bibliographique, pour définir un état des lieux de l'ingénierie climatique et de ses perspectives.

1)	Qu'est-ce que l'ingénierie climatique ?	3
1.	Définition.....	3
2.	Distinction "Solar Radiation Management" (SRM) / "Carbon Dioxide Removal" (CDR).....	3
2)	Revue des concepts existants	3
A)	Bioénergie avec séquestration du carbone (CDR).....	4
B)	Biocharbon (CDR)	4
C)	Précipitation du CO ₂ de l'air ambiant (CDR).....	4
D)	Mesures de boisements (CDR)	5
E)	Ensemencement des océans (CDR)	5
F)	Accroissement du pouvoir réfléchissant de la terre (SRM)	5
G)	Injections d'aérosols dans la stratosphère (SRM)	6
H)	Manipulation des nuages (SRM)	6
I)	Déploiement de miroirs spatiaux (SRM).....	7
3)	Actualités de l'ingénierie climatique et opinion publique.....	7
1.	Symposium sur la recherche en ingénierie climatique.....	7
2.	Evènement public du symposium	7
3.	Remise du rapport européen EuTRACE.....	7
4)	Positionnement de la communauté scientifique.....	7
1.	Contre un déploiement à grande échelle.....	7
2.	...mais pour une poursuite de la recherche	7
3.	Déploiement des technologies CDR liées à la biomasse	8
4.	La question du "label" géoingénierie.....	8
5.	L'IC en cas d'urgence climatique ?	8
5)	Scénarios de déploiement, gouvernance et responsabilités.....	8
6)	Diplomatie climatique	9
7)	Conclusion	9
	Plus d'informations	10
	Principales références bibliographiques	10

1) Qu'est-ce que l'ingénierie climatique ?

1. Définition

L'ingénierie climatique (IC ou géoingénierie) est un terme général se référant à une large palette de technologies qui pourraient potentiellement être utilisées pour contrecarrer le changement climatique soit en modifiant directement le climat, soit en faisant des interventions ciblées dans la composition de l'atmosphère, ce sans chercher à réduire les émissions anthropogéniques de gaz à effet de serre.

Dans la littérature anglophone on retrouve les termes de *Climate Engineering* (CE) et de *Geoengineering* employés indifféremment pour le même concept.

2. Distinction "Solar Radiation Management" (SRM) / "Carbon Dioxide Removal" (CDR)

L'IC recouvre deux catégories de technologies différentes :

- Les technologies de modification de l'albédo de la terre (SRM, de l'anglais *Solar Radiation Management*, gestion des radiations solaires). L'objectif est d'augmenter le pouvoir réfléchissant de la terre afin que davantage de radiations solaires soient renvoyées dans l'espace et ainsi faire diminuer la température du globe.
- Les technologies d'élimination du dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère (CDR, de l'anglais *Carbon Dioxide Removal*) qui visent à séquestrer le CO₂ et à ainsi faire diminuer sa concentration dans l'atmosphère pour limiter l'effet de serre.

Il est nécessaire de distinguer ces deux catégories lorsque l'on parle d'IC, car celles-ci ont peu en commun d'un point de vue technique. Certains scientifiques ne se concentrent ainsi que sur l'un ou l'autre de ces domaines.

2) Revue des concepts existants

Le Bureau pour l'évaluation des impacts de la technologie du parlement allemand (TAB) a classifié les différents concepts de l'IC en fonction du type de technologie et de la portée de son impact.

	CDR	SRM
Déploiement local (de 1 à 1 000 km ²)	A) Bioénergie avec séquestration du carbone émis (BECCS) B) Production de <u>biocharbon</u> à partir de biomasse C) Mesures de boisement local D) Précipitation du CO ₂ de l'air ambiant	
Déploiement global (> 100 000 km ²)	E) Ensemencement des océans pour augmenter leur capacité à séquestrer le CO ₂ (OIF) C) Boisement massif de zones désertiques	F) Accroissement du pouvoir réfléchissant de la terre G) Injection d'aérosols dans la stratosphère (SAI) H) Manipulation des nuages I) Déploiement de miroirs spatiaux

Tableau 1 : Classification des concepts de l'ingénierie climatique

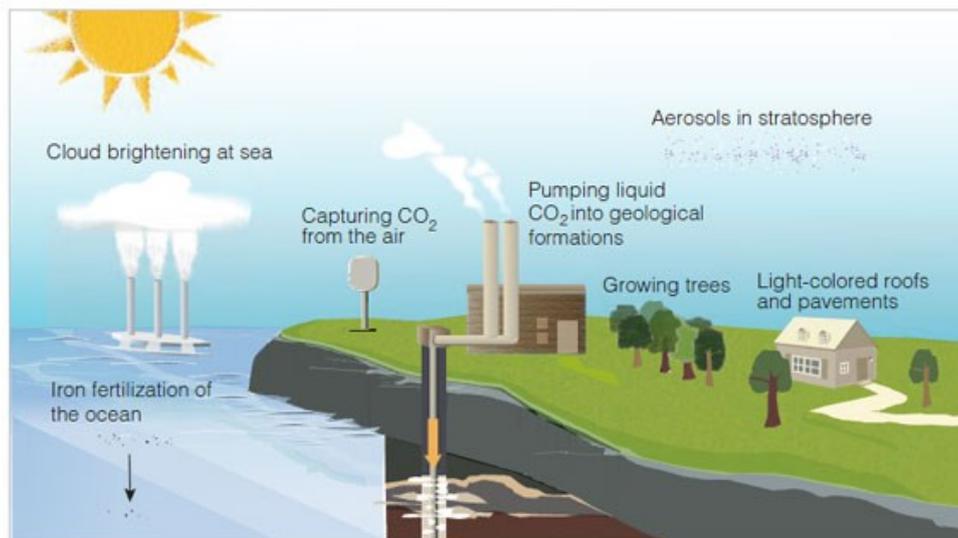


Figure 1 : Illustration de plusieurs concepts d'ingénierie climatique
 (Source : U.S. Government Accountability Office - <http://www.gao.gov/products/GAO-11-71>)

A) Bioénergie avec séquestration du carbone (CDR)

Le BECCS (*Bioenergy with Carbon Capture Storage*) nécessite le couplage de deux types de technologies : d'une part la valorisation énergétique de la biomasse (biocarburants ou méthanisation), déjà existante, d'autre part, la séquestration du carbone dans le sous-sol, technologie encore en cours de développement.

Les plantes absorbent le CO₂ de l'air ambiant pour croître par photosynthèse. Si en fin de cycle de la biomasse, le dioxyde de carbone émis lors de la combustion du biogaz est capté et séquestré dans des couches géologiques, le bilan carbone est négatif.

Ce concept prometteur est cependant limité par la quantité de biomasse disponible. Le potentiel sur le long terme est estimé entre 2,5 et 10 Gt CO₂/an qui pourraient être retirées de l'atmosphère (à titre de comparaison, les émissions mondiales actuelles sont d'environ 30-35 Gt CO₂/an). Cependant, opérer dans la fourchette haute nécessiterait un recours accru aux cultures énergétiques (par exemple au maïs et au colza pour la synthèse de bioéthanol ou la méthanisation) au détriment de la production alimentaire.

B) Biocharbon (CDR)

En transformant de la biomasse en biocharbon via un processus de pyrolyse, il est possible de stabiliser le carbone sur le long terme. Ce biocharbon peut ensuite être enfoui dans des sites de stockage ou être utilisé comme intrant pour l'agriculture où il peut enrichir des sols peu fertiles.

La variété du type de biomasse utilisable (paille, bois, restes alimentaire, etc.) rend cette technologie prometteuse pour la gestion des déchets. Le potentiel maximal estimé est de 3,5 Gt CO₂/an qui pourraient être éliminées. D'un point de vue agronomique, le déploiement d'une telle technologie aurait aussi des effets positifs sur les rendements des cultures.

C) Précipitation du CO₂ de l'air ambiant (CDR)

Le CO₂ de l'air ambiant pourrait être adsorbé par des solides ou absorbé dans des solutions. Cependant la faible concentration du CO₂ dans l'air (0,04% de l'air) limiterait fortement l'impact d'une telle technologie et son efficacité.

Un déploiement massif pourrait permettre de retirer plusieurs Gt de CO₂/an. Cependant le prix élevé et les conflits d'usages avec les sols pourraient limiter le développement de cette

technologie. Elle pourrait toutefois viser des marchés de niche (zones industrielles fortement polluées par exemple). On citera l'entreprise canadienne "Carbon Engineering" qui propose une technologie permettant d'absorber le CO₂ de l'air ambiant afin de s'en servir pour produire des carburants.

D) Mesures de boisements (CDR)

Les forêts, par photosynthèse, constituent d'importants puits de carbone. Leur extension pourrait permettre de compenser les émissions anthropogéniques de carbone. Il faudrait tout d'abord mettre un terme à la déforestation en cours dans certaines régions du globe (Indonésie, Brésil). Par ailleurs, le boisement rentrerait en concurrence avec l'utilisation des terres arables nécessaires pour répondre aux besoins mondiaux accrus en biomasse alimentaire et énergétique. Le potentiel de mesures de boisement est estimé entre 1,5 et 3 Gt CO₂/an.

Il existe des concepts ambitieux de boisement massif de zones arides comme le Sahara. En introduisant l'eucalyptus sur la totalité de sa superficie, il serait possible de créer un puits de carbone capable d'absorber la totalité des émissions anthropogéniques annuelles (35 Gt CO₂/an). Cependant, les besoins en eau seraient gigantesques et les écosystèmes autochtones seraient détruits, tandis que le climat global subirait de nombreux effets, dont une modification des précipitations qui pourrait avoir des répercussions négatives sur les systèmes socioéconomiques des populations voisines.

Des mesures de reforestation et de boisement locales sont appelées à jouer un rôle important dans les décennies à venir, en particulier sur le marché des crédits carbonés. L'échelle de ce déploiement est cependant difficile à déterminer et pourra osciller entre des projets de quelques hectares et des surfaces couvrant plusieurs centaines de milliers de km².

E) Ensemencement des océans (CDR)

Les océans absorbent une grande quantité de carbone via la biologie marine. Cependant certaines parties de l'océan disposent d'écosystèmes moins développés quant à la quantité de biomasse, et absorbent ainsi moins de CO₂. En enrichissant ces eaux en fer (*Ocean Iron Fertilization*, OIF), il serait possible de stimuler le développement du phytoplancton et d'amplifier l'effet pompe à carbone.

Treize expériences en mer ont déjà été effectuées depuis les années 1990. Les résultats ont montré la faisabilité de la technique, mais avec des complications importantes : seules certaines zones seraient adaptées, comme l'océan austral. Par ailleurs, le potentiel de ces zones s'élèverait à tout juste 0,5 Gt CO₂/an, tandis que les infrastructures nécessaires au déploiement de cette technique seraient colossales (navires, quantités de fer importantes, suivi du développement des écosystèmes). Ces raisons font que cette option est perçue comme obsolète par la communauté scientifique.

F) Accroissement du pouvoir réfléchissant de la terre (SRM)

Pour limiter l'absorption des radiations solaires par les couches inférieures de l'atmosphère, il est possible de modifier l'albédo du sol dans certaines zones. Si les impacts des constructions humaines seraient négligeables, une modification de la réflectivité des déserts et de la végétation pourrait avoir des effets plus importants.

Le déploiement de feuilles d'aluminium modifiées sur l'intégralité des déserts terrestres pourraient induire un forçage radiatif global d'environ -2 W/m². A titre de comparaison le forçage radiatif induit par l'homme est actuellement d'environ +1,6 W/m² d'après le GIEC (2007) mais devrait encore augmenter au cours du siècle.

L'accroissement de l'albédo de la végétation pourrait également avoir un potentiel allant jusqu'à -0,9 W/m² au niveau global. Cependant le déploiement à grande échelle de nouvelles variétés de

plantes peut s'avérer problématique, tandis que la récolte provoquerait des variations saisonnières d'albédo, et en conséquence, du climat. L'impact sur la qualité des sols reste à évaluer. Cela pourrait affecter son humidité et donc son rendement.

G) Injections d'aérosols dans la stratosphère (SRM)

L'injection de particules dans la stratosphère (à partir de 20 km) pourrait permettre d'amplifier la réflexion des radiations solaires incidentes et d'ainsi diminuer la température à la surface. Cela pourrait se faire par la dispersion de précurseurs tels que le dioxyde de soufre (SO_2) ou de sulfure d'hydrogène (H_2S).

Ce concept est perçu comme l'un des plus efficaces et des plus sûrs de l'IC à l'heure actuelle, les chercheurs se basant sur les expériences grandeur nature que représentent les éruptions volcaniques avec dispersion de cendres. D'importantes quantités de données sont disponibles sur les effets secondaires, aussi bien à l'échelle de temps géologique que pour les cas d'éruptions contemporaines. Les recherches sur la faisabilité technique sont ainsi parmi les plus avancées de l'IC. Ainsi selon la quantité d'aérosols injectée, il serait possible d'induire un forçage radiatif compris entre $-0,5$ et -4W/m^2 .

Selon si cette technique était utilisée au niveau global (déploiement d'avions sur toute la surface de la planète) ou via des points d'injections localisés (comme pour les volcans), le refroidissement induit pourrait s'avérer inégal. D'autant que les mécanismes climatiques pourraient, quel que soit les efforts technologiques déployés, concentrer les effets sur certaines zones

H) Manipulation des nuages (SRM)

Plusieurs techniques modifiant les nuages sont envisagées : l'ensemencement des nuages marins à l'aide d'aérosols afin de renforcer leur albédo et d'allonger leur durée de vie. Dans le cas d'un ciel vide de nuage, la dispersion de particules volatiles de sel marin dans l'air pourrait avoir des effets similaires.

Cette technique pourrait atteindre un forçage radiatif global net compris entre $-1,7$ et $-5,1\text{ W/m}^2$, suffisant pour couvrir le forçage radiatif anthropogénique. L'estimation haute est en relation avec l'importante surface qui pourrait être concernée (17,5% du globe). Cependant le coût économique serait énorme : les estimations varient entre 1 500 et 16 000 navires nécessaires selon l'ampleur du réchauffement anthropogénique futur à compenser. Par ailleurs, les technologies d'injection localisées d'aérosols sont inexistantes et leur faisabilité technique n'est pas acquise. Enfin les cycles hydrologiques seraient perturbés et les effets secondaires restent difficiles à évaluer.

Une autre possibilité de modification des nuages serait de cibler les cirrus dans la haute atmosphère par un ensemencement avec des noyaux glacigènes. L'effet de serre induit par ces nuages pourrait être diminué jusqu'à l'équivalent d'un forçage radiatif d'environ $-2,7\text{ W/m}^2$. Cependant les mêmes problèmes d'infrastructures se posent que pour les nuages marins liés au coût du déploiement massif d'avions. Par ailleurs, cette technique requiert une gestion fine de l'ensemencement, lequel, s'il était trop important, pourrait avoir un effet inverse et entraîner un réchauffement accéléré plutôt qu'un refroidissement.

Il est à noter que l'ensemencement des nuages se pratique depuis longtemps à l'échelle régionale. On citera ainsi l'opération Popeye au Vietnam, les expériences menées par le Bureau de modification météorologique chinois ou encore les récentes expérimentations du Centre national de météorologie et de sismologie des Emirats arabes unis pour disperser les nuages et faire pleuvoir précocement.

1) Déploiement de miroirs spatiaux (SRM)

Mentionné régulièrement, l'état de l'art de l'aérospatial ne permet pas d'envisager de placer en orbite la quantité d'équipement nécessaire pour avoir un effet significatif sur le climat au cours du siècle à venir. Cette option n'est pas applicable à court et moyen terme.

3) Actualités de l'ingénierie climatique et opinion publique

1. Symposium sur la recherche en ingénierie climatique

L'Agence allemande de moyens pour la recherche (DFG) a organisé, du 7 au 10 juillet 2015 à Berlin, un symposium international sur l'état de l'art de la recherche en IC et ses perspectives. Le but était de renouveler le programme scientifique prioritaire de la DFG sur cette thématique (le SPP1689) en abordant tous les aspects (techniques, économiques, sociétaux...) afin de fixer les objectifs de recherche pour les années à venir.

2. Evènement public du symposium

Le 9 juillet 2015, dans le cadre du symposium sur ce programme, a été organisé un évènement ouvert au public sur l'IC. L'objectif était de présenter la géoingénierie et ses enjeux, à l'aide de vidéos de scientifiques du monde entier et de deux intervenants, M. Andreas Oschlies, climatologue à l'Institut GEOMAR de Kiel, et M. Alexander Proelß, professeur de droit à l'université de Trèves. Le public était invité à choisir les vidéos et les interventions au fur et à mesure de la soirée, mais aussi à intervenir pour exprimer son opinion ou poser des questions.

A la fin de la soirée, deux questions furent soumises au vote du public : "Etes-vous pour la poursuite des recherches sur l'IC ?" et "Etes-vous pour un déploiement à terme de l'IC ?". A la première question, une majorité a répondu en faveur de la poursuite des recherches, tandis qu'à la seconde, le public s'est très largement prononcé contre.

3. Remise du rapport européen EuTRACE

Le 15 juillet 2015 s'est tenue, à l'Académie des sciences du Brandebourg (Berlin), une conférence de presse à l'occasion de la publication du rapport d'évaluation de l'IC, EuTRACE, financé par la Commission européenne (environ 1 million d'euro dans le cadre du FP7). Ce projet a impliqué des chercheurs allemands, britanniques, norvégiens et français sous la coordination de M. Mark Lawrence de l'IASS Potsdam. Ce rapport avait pour objectif de passer en revue la plupart des technologies d'IC connues et d'en proposer une évaluation technique, économique et politique. Les questions sociétales, de gouvernance et de droit international ont aussi été abordées. La principale conclusion du rapport, qui a été le mot d'ordre de la conférence de presse, est que l'IC n'est pas une option pour la politique climatique à court et moyen terme et que les efforts doivent se concentrer sur la réduction des émissions et l'adaptation au changement climatique.

4) Positionnement de la communauté scientifique

1. Contre un déploiement à grande échelle...

Le monde académique se positionne clairement contre le déploiement à court et moyen terme de la SRM et de certaines technologies de CDR. Toutefois, sur le long-terme, l'IC, sous ses différentes formes, devrait jouer un rôle de plus en plus important. Pour maîtriser les risques associés à ces technologies, des études préparatoires en amont seront nécessaires.

2. ...mais pour une poursuite de la recherche

Un consensus se fait ainsi dans la communauté scientifique pour une poursuite des recherches dans toutes les directions, aussi bien sur le SRM que sur le CDR. Toutes les disciplines doivent être impliquées : une évaluation technique, sociale, économique et politique approfondie est nécessaire. A l'heure actuelle plus de 50% des recherches se font dans la direction des sciences

sociales, l'étude d'un déploiement technique concret a été jusque-là en partie négligée pour un certain nombre de variantes de l'IC. Ces études de faisabilité sont nécessaires, car elles permettront de réduire le champ de recherche en éliminant les concepts inadéquats d'un point de vue technique ou économique.

3. Déploiement des technologies CDR liées à la biomasse

Sur le court et moyen terme, un déploiement des technologies CDR liées à la biomasse (BECCS, biocharbon, boisement) est envisageable. On citera le cas du Brésil où des eucalyptus génétiquement modifiés pour croître plus vite vont être plantés pour accélérer la reforestation de zones défrichées. Ces développements nécessitent des études pour s'assurer que ce déploiement se fasse dans des conditions respectueuses pour l'environnement et les hommes : les technologies de séquestration du carbone peuvent constituer un danger en cas de dégazage involontaire ; un boisement incontrôlé peut mener à la destruction d'écosystèmes. Enfin, la concurrence avec les terres agricoles alimentaires doit être limitée au maximum en favorisant la bioénergie 2G et 3G à base de résidus agricoles et d'algues.

4. La question du "label" géoingénierie

Toutes les technologies précédentes sont déjà utilisées ou en passe de l'être. Cependant elles ne sont pas étiquetées en tant qu'IC dans le débat public. L'addition de nombreuses mesures locales peut avoir des répercussions globales, aussi est-il important de surveiller le développement de ces technologies et de leurs impacts sur le climat d'une manière systémique. D'un point de vue de la promotion de la biomasse ou d'autres technologies, il peut être risqué de désigner ces technologies sous le label IC, cela pourrait au contraire desservir leur développement du fait de la perception que l'opinion publique peut avoir de ces termes. La communication scientifique sur l'IC est essentielle pour éviter que son acceptation ne soit connotée péjorativement dans l'opinion.

5. L'IC en cas d'urgence climatique ?

Un sujet de controverse est la notion d'urgence climatique : en cas de catastrophe climatique imminente, il pourrait être nécessaire de déployer dans un laps de temps bref des solutions d'IC. Cette approche est critiquée par une grande partie de la communauté scientifique, car la notion de catastrophe climatique s'avère impossible à définir au niveau global. Ainsi, les émissions historiques de CO₂ ont déjà dépassé un niveau au-delà duquel certaines îles du Pacifique vont être submergées, conduisant à des millions de réfugiés climatiques. De la même manière, la fonte complète de la banquise arctique en été est déjà prévue pour dans dix ans. Ces deux événements (parmi de nombreux autres) peuvent être, à raison, définis comme des catastrophes climatiques. Ils ne sauraient pour autant justifier le déploiement imminent de technologies immatures. La nature même du changement climatique est d'être un phénomène sur le long terme, des mesures à court terme d'IC mal préparées pourraient entraîner des effets secondaires non maîtrisés et peut-être plus destructeurs.

5) Scénarios de déploiement, gouvernance et responsabilités

Le déploiement d'infrastructures lourdes d'IC ne peut se faire que dans un cadre international, le coût est trop élevé pour qu'un Etat assume seul cette charge qui aurait des impacts sur tous. Un des scénarios les plus probables est qu'un petit groupe de pays riches (G7, G20 ?) prennent l'initiative de se lancer dans un projet multilatéral (à l'image d'ITER), en incluant éventuellement d'autres pays qui jouerait un rôle mineur d'un point de vue de la gouvernance du projet.

La législation internationale n'impose à l'heure actuelle aucune contrainte majeure au déploiement de la plupart des technologies d'IC, qui ne sont prohibées que pour des usages à des fins militaires (convention ENMOD).

Cet état de fait pose des problèmes de justice environnementale : en effet si les technologies de CDR liées à la biomasse ont de faibles chances d'avoir des impacts climatiques sur les voisins (à l'exception d'un boisement massif de zones désertiques), la plupart des technologies de SRM peuvent avoir des impacts climatiques négatifs inégalement réparties : certaines zones auront des effets concentrés potentiellement destructeurs tandis que d'autres régions seront impactées alors que les Etats locaux n'auront pas pris part au projet. Ainsi sans un cadre international approprié, le déploiement unilatéral de l'IC pourrait être un facteur de tensions et d'instabilité.

6) Diplomatie climatique

Le message des scientifiques sur la question de l'IC, que ce soit pour le CDR ou le SRM, est clair : la géoingénierie recouvre un ensemble de concepts encore immatures et ne peut être l'objet de discussions dans le cadre des négociations climatiques, que ce soit pour le lancement de projets d'IC de grande échelle ou comme argument pour repousser la mise en œuvre de plan de réduction des émissions. De facto, aucune partie, pas même les plus exposées aux changements climatiques, tels les états insulaires, n'a pris position pour le déploiement de la géoingénierie.

Il faut cependant noter que l'ambiguïté de ce que recouvre l'IC lui a permis de s'introduire, sans être nommée en tant que tel, dans les scénarios du GIEC. En effet, les scénarios les plus optimistes permettant la limitation du réchauffement global à 2°C impliquent des émissions nulles, voire de l'absorption de CO₂ sur la seconde moitié du siècle. Un tel scénario passe par un recours accru au CDR, et en particulier au BECCS.

7) Conclusion

L'ingénierie climatique, discipline à part entière de la climatologie, se scinde en deux sous catégories : l'élimination du dioxyde de carbone de l'atmosphère (CDR) et la modification de l'albédo de la terre (SRM). L'IC propose aujourd'hui une large gamme de concepts pouvant permettre, à un horizon lointain, de modifier intentionnellement le climat. Certains concepts sont déjà discrédités (ensemencement des océans, miroirs spatiaux), d'autres présentent certains potentiels mais dont les risques sont mal estimés (injection d'aérosols dans la stratosphère, modification des nuages), tandis que certains seront à coup sûr appliqués au cours du siècle à venir (mesure de reforestation, biomasse avec séquestration du carbone).

L'IC ne se limite pas aux sciences naturelles : ses effets, en cas de déploiement généralisé, rentrent largement dans le champ d'études des sciences humaines et sociales. Les questions de justice environnementale, de gouvernance et de responsabilité doivent être étudiées avec attention. Cette complexité de la géoingénierie constitue le plus grand risque associé à son utilisation. De fait, la communauté scientifique appelle à poursuivre les recherches dans toutes les directions, afin de mieux quantifier les risques de chacun des concepts. Les chercheurs de l'IASS se sont positionnés pour le développement de projets internationaux et pluridisciplinaires dans un cadre européen et/ou bilatéral avec la France : par sa nature même, la géoingénierie appelle à des solutions globales et une recherche limitée à des cadres nationaux présentent le risque d'être incohérente.

Malgré son positionnement pour la poursuite de la recherche sur l'IC, la communauté scientifique est unanime : il ne doit en aucun cas être question de déploiement à court et à moyen terme. Les risques d'effets secondaires pour le climat, les écosystèmes et la société sont insuffisamment évalués. Sur ce point, l'opinion publique apparaît au diapason des chercheurs en rejetant toute éventualité de déploiement, mais en acceptant la poursuite des recherches.

Dans le contexte des conférences sur le changement climatique et de la COP21, l'IC n'offre encore aucune possibilité viable de lutte efficace contre le réchauffement climatique et n'a pas à être abordée au cours des discussions. Les efforts pour les décennies à venir doivent se concentrer sur la réduction des émissions et l'adaptation.

Plus d'informations

- Site du programme de recherche SPP1689 (en anglais et allemand) : www.spp-climate-engineering.de
- Site du projet EuTRACE (en anglais et allemand) : www.eutrace.org
- Site de l'IASS Potsdam (en anglais et allemand) : www.iass-potsdam.de

Principales références bibliographiques

"The European Transdisciplinary Assessment of Climate Engineering (EuTRACE)", Stefan Schäfer, Mark Lawrence, Harald Stelzer, Wanda Born, Sean Low, 2015.

"Brief Nr.44 – Schwerpunkt: Climate Engineering", Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, septembre 2014.

"Gezielte Eingriffe in das Klima? Eine Bestandsaufnahme der Debatte zu Climate Engineering", Kiel Earth Institute, septembre 2011.

Site internet de l'Organisation Maritime Internationale – 10 octobre 2022

Les techniques de géo-ingénierie marine pour atténuer le changement climatique

Les Parties aux instruments qui réglementent l'immersion des déchets en mer ont adopté une déclaration soulignant la nécessité d'évaluer soigneusement les techniques de géo-ingénierie marine, qui peuvent avoir le potentiel d'atténuer les effets du changement climatique mais peuvent avoir des impacts négatifs sur le milieu marin. La déclaration identifie quatre techniques à évaluer en priorité, qui impliquent l'élimination du dioxyde de carbone ou la modification du rayonnement solaire. Cette déclaration a été adoptée par la 44^{ème} Réunion consultative des Parties contractantes à la Convention de Londres et la 17^{ème} Réunion des Parties contractantes au Protocole de Londres (LC 44/LP 17), qui se sont tenues au Siège de l'Organisation maritime internationale (OMI) du 3 au 7 octobre 2022.

En 2008, les Parties au Protocole et à la Convention de Londres ont adopté la résolution LC-LP.1 (2008), qui stipule que les activités de fertilisation des océans relèvent du champ d'application du Protocole et de la Convention de Londres et que les activités de fertilisation des océans autres que des recherches scientifiques légitimes ne devraient pas être autorisées.

Les Parties au Protocole et à la Convention de Londres sont également convenus qu'en vertu de la résolution LC-LP.2 (2010) sur le "Cadre d'évaluation de la recherche scientifique impliquant la fertilisation des océans", les projets de recherche proposés devrait être examinés pour déterminer s'ils constituaient une recherche scientifique légitime.

Ces résolutions s'appliquent toutes les deux à l'ensemble des Parties contractantes à la Convention de Londres et continuent de s'appliquer aux Parties contractantes au Protocole de Londres, en attendant l'entrée en vigueur de l'amendement de 2013 au Protocole de Londres. L'amendement de 2013 établira, lorsqu'il sera en vigueur, un régime juridiquement contraignant prévoyant un mécanisme de réglementation et de contrôle de la géo-ingénierie marine qui aura un fondement scientifique et sera mondial, transparent et efficace. L'amendement permettra de réglementer à l'avenir les techniques de géo-ingénierie marine entrant dans le champ d'application du Protocole de Londres et susceptibles d'avoir des effets généralisés, durables ou graves sur le milieu marin. Un rapport publié en 2019 par le Groupe mixte d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin (GESAMP) donne un aperçu d'un large éventail de techniques de géo-ingénierie marine.

Protocole de Londres / Convention de Londres

L'objectif du Protocole et de la Convention de Londres est de promouvoir le contrôle efficace de toutes les sources de pollution marine. Les Parties contractantes prennent des

mesures efficaces pour prévenir la pollution du milieu marin causée par l'immersion en mer.

DÉCLARATION SUR LA GÉO-INGÉNIERIE MARINE

AYANT À L'ESPRIT le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) de 2018 (rapport spécial intitulé "Réchauffement planétaire de 1,5 °C) et le sixième rapport d'évaluation du GIEC ;***

RAPPELANT les résolutions de 2008 et 2010 sur la fertilisation des océans et la résolution de 2013 portant adoption de l'amendement au Protocole de Londres visant à réglementer les activités de géo ingénierie marine ;

PRÉCONISANT VIVEMENT la ratification et la mise en œuvre de l'amendement de 2013, tout en reconnaissant les contrôles prévus dans les résolutions de 2008 et 2010 ;

SOULIGNANT que les activités de géo ingénierie marine ne devraient pas être considérées comme pouvant remplacer les mesures visant à réduire les émissions de dioxyde de carbone ;

TENANT COMPTE des travaux de recherche sur les incidences que les activités de géo ingénierie marine pourraient avoir sur l'atténuation des effets du changement climatique et des multiples intérêts qui poussent à un déploiement d'urgence ;

RECONNAISSANT que certaines techniques de géo-ingénierie marine ne sont étayées que par une quantité limitée d'informations et que leur efficacité n'a pas été scientifiquement prouvée avec certitude ; et

RECONNAISSANT néanmoins que ces techniques sont susceptibles d'avoir des effets nuisibles, en particulier dans les cas où ces effets peuvent être généralisés, durables ou graves.

La quarante-quatrième Réunion consultative des Parties contractantes à la Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets (Convention de Londres), qui a été convoquée en conjonction avec la dix-septième Réunion des Parties contractantes au Protocole de 1996 à la Convention de Londres (Protocole de Londres), a élaboré la "Déclaration sur la géo-ingénierie marine", dont le texte figure dans les paragraphes qui suivent.

Les organes directeurs reconnaissent l'intérêt croissant pour les techniques de géo ingénierie marine et ne négligent pas la pollution ou autres effets négatifs sur le milieu marin qui pourraient en découler.

*Compte tenu des renseignements qui figuraient dans le rapport de 2019**** du Groupe de travail 41 du GESAMP, des avis dispensés par le GESAMP aux Groupes scientifiques (LC/SG 45/3) et des nouvelles précisions apportées, et de l'ajustement des priorités, à l'égard des techniques décrites dans le rapport du Groupe de travail par correspondance sur la géo ingénierie marine (LC 44/5), les organes directeurs ont recensé quatre techniques à évaluer en priorité.*

Ces quatre techniques font intervenir soit l'élimination du dioxyde de carbone (CDR) soit la modification du rayonnement solaire (SRM), comme suit :

amélioration de l'alcalinité des océans (CDR);

culture de macro algues et autre biomasse pour la séquestration, y compris remontée artificielle d'eau profonde (CDR);

éclaircissement des nuages marins (SRM); et

microbulles/particules/matériaux réfléchissants (SRM).

Les Parties au Protocole et à la Convention de Londres ont entrepris une analyse juridique et technique qui vise à évaluer les possibilités s'agissant des mesures appropriées à prendre, y compris la réglementation, dans le cadre du Protocole et de la Convention de Londres.

En outre, compte tenu de l'approche de précaution mentionnée à l'article 3 du Protocole de Londres, et bien que l'amendement de 2013 au Protocole concernant la géo ingénierie marine ne soit pas encore entré en vigueur (résolution LP.4(8)), les organes directeurs encouragent les Parties contractantes à utiliser le cadre d'évaluation des activités de géo ingénierie marine qui figure à l'annexe 5 pour évaluer les projets de géo ingénierie marine proposés, y compris les quatre techniques susmentionnées, à faire preuve de la plus grande prudence lors de leur examen et à communiquer des renseignements aux Parties à la Convention et au Protocole de Londres au sujet des activités de géo ingénierie marine en cours et prévues.

<https://www.project-syndicate.org/commentary/solar-geoengineering-global-climate-debate-by-david-keith-2019-03/french>

Osons débattre de la géo-ingénierie

21 mars 2019

DAVID KEITH

CAMBRIDGE – Les négociations sur les technologies de la géo-ingénierie ont été bloquées lors de l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement, à Nairobi, au Kenya, la semaine dernière, suite au retrait, en raison de désaccords concernant sa formulation, de la proposition soutenue par la Suisse de charger un groupe d'experts mandatés par l'ONU d'une mission d'évaluation. C'est très dommage, car le monde a besoin d'un débat ouvert sur les moyens nouveaux de réduire le risque climatique.

Détails mis à part, l'impasse est le produit d'un différend au sein de la communauté de l'environnement quant à l'intérêt scientifique croissant que suscite la géo-ingénierie solaire – la possibilité de renvoyer dans l'espace une faible part du rayonnement solaire afin de contribuer à la lutte contre le changement climatique. Certains groupes de la société civile et certains militants écologistes, convaincus que la géo-ingénierie solaire s'avérera dangereuse ou sera utilisée à mauvais escient, s'opposent à la poursuite des travaux, de la prospective et du débat sur ces questions. D'autres, dont certains secteurs importants des protecteurs de l'environnement, sont partisans d'une recherche menée prudemment.

En réfléchissant le rayonnement solaire hors de l'atmosphère terrestre – peut-être en injectant des aérosols dans la stratosphère –, la géo-ingénierie solaire pourrait compenser partiellement le déséquilibre énergétique causé par l'accumulation de gaz à effet de serre. Les recherches utilisant la plupart des grands modèles d'évolution du climat laissent entendre que la géo-ingénierie solaire pourrait contribuer à faire baisser les risques climatiques importants qui pèsent sur la disponibilité de l'eau, l'exposition à des pluies diluviennes ainsi que sur la hausse du niveau des mers et de la température. Mais cette technologie, sous quelque version que ce soit, porte en elle ses risques propres, notamment de pollution de l'air, de dommages infligés à la couche d'ozone ou encore d'évolutions climatiques imprévues.

Les recherches sur la géo-ingénierie solaire sont encore très controversées. Les financements ne couvrent que quelques minuscules programmes dans le monde, alors même que les climatologues sont de plus en plus nombreux à travailler sur le sujet en mettant à contribution les fonds dont bénéficient le reste de leurs travaux.

Pourquoi une telle controverse ? Beaucoup craignent, non sans raison, que les intérêts liés aux énergies fossiles ne tentent d'exploiter la géo-ingénierie pour s'opposer aux réductions d'émissions. Mais les chercheurs, pour la plupart, ne sont pas mus par des intérêts de ce type. Dans leur grande

majorité, ceux qui s'intéressent à la géo-ingénierie solaire ou plaident pour qu'elle soit intégrée aux débats concernant la politique climatique, sont également partisans d'un renforcement conséquent des mesures visant à la réduction des émissions. Il est néanmoins fort probable que les mastodontes des énergies fossiles – des compagnies multinationales du secteur de l'énergie aux zones qui dépendent du charbon – tenteront d'utiliser les arguments mis à leur disposition par la géo-ingénierie pour combattre la restriction des émissions.

Mais ce dernier risque ne constitue pas une raison suffisante pour abandonner ou tuer la recherche sur la géo-ingénierie solaire. Les protecteurs de l'environnement luttent depuis des décennies contre l'opposition des géants des énergies fossiles à la protection du climat. Et si les progrès sont aujourd'hui insuffisants, quelques succès ont pourtant été enregistrés. Le monde dépense désormais 300 milliards de dollars par an dans les énergies à faible teneur en carbone, et la jeune génération apporte à la cause climatique une énergie politique renouvelée.

Un débat ouvert sur la géo-ingénierie solaire ne se soldera pas par une diminution de l'engagement de ceux qui militent en faveur de l'environnement, parce qu'ils savent que les émissions doivent être ramenées à zéro si l'on veut parvenir à stabiliser le climat. Au pire, ce débat pourrait démotiver certains, parmi la masse des hésitants, que les réductions d'émissions, dans le court terme, ne préoccupent pas. Mais alors que de telles réactions ne sont pas mêmes certaines, il est empiriquement démontré que l'intérêt du public pour la géo-ingénierie renforce celui qu'il porte à la réduction des émissions.

Il est assurément sensé de se concentrer sur la réduction des émissions, et raisonnable de s'inquiéter que les débats concernant la géo-ingénierie solaire puissent distraire de ce combat nécessaire. Mais c'est un tort de céder à la monomanie qui voudrait faire des réductions d'émissions le seul objectif de la politique climatique.

Aussi vitale qu'elle soit, la suppression des émissions ne fera que stopper la croissance de l'accumulation de dioxyde de carbone dans l'atmosphère ; elle ne rayera pas de l'histoire l'ère des énergies fossiles, ne résorbera pas les rejets antérieurs de CO₂, ni n'éliminera le changement climatique en marche. Nous devons trouver des solutions pour nous adapter et résister aux menaces climatiques. L'adaptation, à elle seule, ne constitue pas une solution. Pas plus que la géo-ingénierie solaire. Ni la captation et la séquestration du CO₂ que contient l'atmosphère – un autre groupe de technologies émergentes dont la proposition soutenue par la Suisse à Nairobi proposait qu'elles soient prises en compte.

Pour reprendre les termes de l'écrivain américain H. L. Mencken : « Il existe toujours une solution bien connue à chaque problème que se posent les hommes : claire, plausible et complètement fausse. » Les problèmes complexes, comme le changement climatique, acceptent rarement une solution unique.

Ce que j'espère, c'est que la réduction des émissions, la géo-ingénierie solaire et la séquestration du carbone pourront ensemble contribuer à la réduction des effets du changement climatique sur l'humanité et l'environnement, au-delà de ce que permet la seule réduction des émissions.

Cet espoir se justifie-t-il ? La communauté des chercheurs dans le domaine de la géo-ingénierie est restreinte et dominée par un petit groupe, pour l'essentiel composé d'hommes blancs (comme moi), travaillant en Europe ou en Amérique. La pensée de groupe (*groupthink*), c'est-à-dire la possibilité d'un biais de confirmation dû à la taille restreinte du groupe qui émet cette pensée, est une possibilité qu'on ne saurait exclure. Il est possible, tout simplement, que nous ayons tort. Il serait imprudent de déployer les technologies de la géo-ingénierie sur la seule base d'un espoir et de recherches qui n'en sont qu'à leurs débuts.

Un programme de recherche international, en accès libre, pourrait pourtant améliorer considérablement notre compréhension des risques et de l'efficacité de la géo-ingénierie solaire. Ce programme ne représenterait qu'une faible portion des sommes actuellement dépensées pour les sciences du climat et beaucoup moins de 0,1 % des dépenses nécessaires à la réduction des émissions. Il pourrait en outre, s'il était bien mené, réduire les phénomènes de pensée de groupe en augmentant la diversité des chercheurs et en installant la tension nécessaire entre des équipes de recherche développant tel ou tel scénario et d'autres équipes chargées de porter un regard critique sur ces mêmes scénarios et d'évaluer leurs défauts.

De tous les défis lancés par la géo-ingénierie, celui de la gouvernance est le plus difficile à relever. Un programme de recherche mondial devrait par conséquent être couplé à des discussions étendues au niveau international concernant ces technologies et leur mise en œuvre. Le débat fut malheureusement tué dans l'œuf à Nairobi la semaine passée.

Si ma génération ne connaîtra probablement pas le développement de la géo-ingénierie solaire, il n'est pas impossible que d'ici le milieu du siècle, une terrible catastrophe climatique pousse certains gouvernements à reconsidérer son usage. En renonçant aujourd'hui au débat et à la recherche sur la géo-ingénierie, les dirigeants politiques espèrent peut-être se prémunir contre les risques de ses futurs dangers. Mais leur hésitation pourrait en réalité accroître le danger même.

Il est rare que les hommes prennent de bonnes décisions en préférant l'ignorance à la connaissance ou en privilégiant au débat public des conciliabules à huis clos. Plutôt que de maintenir les générations futures dans l'ignorance de la géo-ingénierie solaire, nous devrions leur communiquer autant de lumières sur cette question qu'il nous est possible.

David Keith

Traduit de l'anglais par François Boisivon

David Keith est professeur de physique appliquée à Harvard, fondateur de la société Carbon Engineering et auteur de « Pour une ingénierie climatique planétaire » paru en 2015 aux éditions Antigone14

<https://www.presse-citron.net/cette-startup-franchit-une-ligne-rouge-en-modifiant-le-climat/>

SCIENCES

Cette startup franchit une ligne rouge en modifiant le climat

Publié le 27 décembre 2022 à 08:00

Alors que l'objectif de limiter le réchauffement climatique sous les 2°C (ne parlons même pas des 1,5°C des Accords de Paris...) d'ici 2050 paraît compliqué par des conflits, comme la guerre en Ukraine, qui bouleverse le marché de l'énergie, les barrières psychologiques autour de la géo-ingénierie climatique (autrement dit la recherche de méthodes pour modifier et contrôler directement le climat) tombent petit à petit.

Toutefois la récente annonce de la startup américaine Make Sunsets risque de provoquer une vraie levée de boucliers. Alors que la situation stimule les alternatives aux économies d'énergie comme la capture directe de CO₂ dans l'atmosphère, Make Sunsets veut capitaliser (car il est bien question de monétiser ses services) sur la modification directe du climat via des lâchers d'aérosols dans les couches hautes de l'atmosphère.

Cette méthode de géo-ingénierie a été conceptualisée au début des années 1990. Après l'éruption du volcan Pinatubo en 1991, dont le panache de particules s'est dispersé dans la stratosphère, les scientifiques ont constaté que la température moyenne sur Terre avait baissé. Selon les données disponibles, la baisse constatée au cours de l'année 1992-1993 était de 0,4°C en moyenne sur tout le globe.

Dans l'hémisphère Nord les températures au sol constatées étaient entre 0,5°C et 0,6°C inférieures à la normale dans les deux années qui ont suivi. Il faut dire que l'éruption du Pinatubo en 1991 est l'une des éruptions les plus majeures du XXe siècle. L'éruption soudaine après 500 ans de sommeil s'est étalée de juin 1991 au 2 septembre suivant.

Plus de 10 km³ de matériaux ont été éjectés du volcan dans ce relativement court intervalle, dont une grande partie de particules ou aérosols qui ont atteint la stratosphère. De ces matériaux on sait qu'une grande partie était en fait du dioxyde de soufre. Celui-ci réagit avec l'eau pour former des aérosols d'acide sulfurique – ce sont eux qui ont atteint la stratosphère puis se sont répandus tout autour de la planète dans l'année qui a suivi.

Or l'acide sulfurique réfléchit le rayonnement solaire. Ce qui a diminué la quantité de lumière au sol de l'ordre de 10 % dans l'hémisphère Nord. L'effet a duré pendant deux ans après l'éruption, puis les particules elles, ont continué à se disperser et à retomber un peu partout sur Terre sur une durée de trois ans depuis le début de l'éruption.

C'est dans ce contexte que le météorologue Paul Crutzen propose en 1991 d'imiter les volcans en menant des lâchers massifs, volontaires, de dioxyde de soufre pour abaisser la température moyenne sur Terre et ainsi limiter les effets des émissions de CO₂ tout en enravant le réchauffement climatique. Le problème, c'est que la baisse des températures n'a pas été la seule chose qui a suivi l'éruption du Pinatubo.

On pense entre autres que le temps pluvieux sur l'Amérique du Nord en 1992 et les fortes inondations dans le Midwest américain en 1993 sont eux aussi liés à ces aérosols. Les poussières volcaniques ensemencent en effet les nuages par le phénomène de nucléation pouvant provoquer

des hausses de précipitations. Plus grave : le taux de destruction de la couche d’ozone aurait été accéléré par les conséquences de cette éruption.

C’est pourquoi la communauté scientifique garde jusqu’à ce jour de fortes réserves contre l’expérimentation autour de ces techniques aux effets potentiellement imprévisibles. D’autant qu’il reste possible encore de limiter les dégâts en changeant nos comportements et que quelles que soient les suites à donner à la lutte contre le réchauffement climatique, les changements de comportements sont et restent indispensables.

Reste que comme le pointait déjà à l’époque Paul Crutzen, cette technique de géo-ingénierie est potentiellement l’une des méthodes les plus économiques et sûres pour modifier le climat. Mais surtout en l’absence d’autres solutions, et si les efforts pour réduire les émissions échouent dans un monde grippé par les conflits...

Make Sunset n’a toutefois visiblement cure de ces réserves et a décidé de lâcher dès maintenant des particules dans la stratosphère depuis le Mexique. Ils ont pour cela utilisé de simples ballons météo. Heureusement, il ne s’agit, on vous le disait, que de deux petits lâchers – l’effet de ces derniers sera donc quasi-inexistant, même très localement, en raison des quantités de matériaux impliquées.

Mais en fonction des aérosols utilisés, l’altitude de dispersion et des vents, il est toutefois possible que ces lâchers provoquent à terme localement une légère pollution plus ou moins localisée. Make Sunsets base son modèle économique sur le concept de “crédits de refroidissement”, sur le modèle des crédits carbone.

Avec les sommes récoltées Make Sunset compte réaliser des lâchers de plus en plus massifs. On ne sait toutefois pas quel crédit il faut donner à l’initiative de Make Sunset à ce stade, ni ses chances de succès. Il semble toutefois qu’en parallèle, l’intention des responsables de Make Sunset soit justement d’interpeller le public et convaincre plus de monde de faire tomber les réserves autour de ce type de géoingénierie.

Comme le rappelle Janos Pasztor, du Carnegie Climate Governance Initiative cité par MIT Technology Review : “l’état actuel de nos connaissances ne suffit pas encore... que ce soit pour rejeter, ou pour accepter ce genre de techniques... sans parler de son implémentation à ce stade” qu’il décrit comme une “mauvaise idée” comparable à l’utilisation de CRISPR pour modifier l’ADN d’embryons humains.

D’autres scientifiques craignent que l’initiative de la startup ne crée de la méfiance et ne réduise le financement des recherches sur le sujet – qui pourraient quand même s’avérer utiles, avec davantage de connaissances, un cadre et des garanties...

Sans compter le risque que de parfaits “noobs” du climat ne finissent par imiter la startup ailleurs dans le monde, et ne commencent à multiplier les lâchers “sauvages” en suivant l’exemple de Make Sunsets. Dans le détail, les premiers lancers de Make Sunsets sont décrits comme deux lâchers assez rudimentaires, quasi symboliques, sans la moindre autorisation des autorités mexicaines.

L’équipe a simplement lâché les ballons en espérant qu’ils explosent à la bonne altitude. Néanmoins l’approche de Make Sunset révèle aussi un manque consternant de méthodologie scientifique. La startup est incapable de confirmer que l’explosion des ballons s’est bien déroulée à l’altitude prévue. De même, on ne sait pas où sont retombés les restes des ballons. Aucun équipement ne collectait en effet la moindre donnée que ce soit à bord des ballons ou au sol...

<https://www.france24.com/fr/plan%C3%A8te/20220818-protection-de-la-haute-mer-des-enjeux-de-taille-un-trait%C3%A9-qui-peine-%C3%A0-%C3%A9merger>

Protection de la haute mer : des enjeux de taille, un traité qui peine à émerger

Publié le : 18/08/2022 - 21:55

Texte par : Pauline ROUQUETTE

Les États membres de l'ONU sont réunis jusqu'au 26 août pour une cinquième session de négociations qui devraient aboutir à un traité international pour la protection de la haute mer. À l'heure actuelle, ces eaux internationales, pourtant essentielles à la survie de millions d'espèces dont l'espèce humaine, ne disposent pas de cadre juridique. Depuis 2018, les discussions patinent sur plusieurs points sur lesquels les États membres espèrent cette fois trouver des compromis.

Elle s'étend sur près de la moitié de la planète mais ne bénéficie toujours d'aucune protection. La haute mer, qui représente 64 % des océans, fait de nouveau l'objet de négociations à l'ONU, à New York, depuis lundi 15 août. L'objectif des États membres : aboutir à un traité international visant à protéger ces eaux profondes qui regorgent de biodiversité et constituent un énorme puits de carbone.

La haute mer commence là où s'arrêtent les zones économiques exclusives (ZEE - bandes de mer ou d'océan situées entre les eaux territoriales et les eaux internationales, sur lesquelles les États riverains disposent de l'exclusivité d'exploitation des ressources). Située à 200 milles nautiques des côtes maximum, soit 370 km, la haute mer n'est, elle, placée sous la juridiction d'aucun État.

Dans sa résolution 72/249 du 24 décembre 2017, l'Assemblée générale de l'ONU a décidé de convoquer une conférence intergouvernementale afin d'élaborer le texte d'un instrument international juridiquement contraignant se rapportant à la Convention des Nations unies sur le droit de la mer et portant sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité marine des zones ne relevant pas de la juridiction nationale.

De plus en plus menacées par les activités humaines, les eaux internationales ont longtemps été ignorées au profit de la protection des zones côtières. Aujourd'hui, l'intensification de la pollution, de la surpêche, du réchauffement des océans dû au changement climatique, ou encore de l'exploitation minière et pétrolière rend la prise de décision de plus en plus impérieuse. Mais plusieurs intérêts sont en jeu et les négociations patinent.

Au large, la situation est préoccupante :

D'après les estimations de l'ONU pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la part des stocks de poisson exploitée à un niveau biologiquement non durable est passée de 90 % en 1974 à 65,8 % en 2017 ; la part exploitée à un niveau non durable est, elle, passée à 34,2 % contre 10 % en 1974.

90 % du commerce mondial passe par le transport maritime en haute mer. Des collisions surviennent souvent entre les navires colossaux qui sillonnent l'océan et les mammifères marins.

Les bateaux sont également à l'origine d'une pollution maritime. Plusieurs tonnes de filets destinés à attraper un grand nombre de poissons ont été retrouvés. Des déchets auxquels s'ajoutent divers plastiques rejetées par des navires toujours plus nombreux. Retrouvés en haute mer, ces déchets sont si nombreux et denses qu'ils pourraient recouvrir les territoires de la France, de l'Allemagne et de l'Espagne réunis.

Selon la Fondation Ellen MacArthur, près de 8 millions de tonnes de plastique polluent les écosystèmes marins chaque année. Les experts estiment que dans trente ans, il y aura plus de déchets que de poissons dans l'océan.

Les opérations d'exploration visant à extraire cobalt, cuivre et nickel soulèvent la crainte de la destruction d'écosystèmes uniques.

Présidente de la conférence, la Singapourienne Rena Lee a appelé à un maximum de flexibilité pour parvenir à un accord juste et équilibré qui permette une participation universelle et puisse être mis en œuvre. L'enjeu est de taille mais un consensus peine à émerger. "Le texte révisé reflète des points de vue largement divergents sur les principales dispositions", explique sur Twitter Glen Wright, chercheur en gouvernance internationale de l'Océan à l'Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri). Aussi, rappelle-t-il, "les États restent entièrement libres d'approuver ou de rejeter les dispositions du projet, ainsi que de proposer des amendements et un nouveau texte".

Dissensions sur les ressources génétiques marines

Après deux années d'interruption à cause du Covid-19, le quatrième rendez-vous, en mars dernier, devait être le dernier. Mais malgré des avancées, les négociateurs avaient manqué de temps pour s'entendre sur un compromis couvrant les quatre axes majeurs de cet accord : les ressources génétiques marines (RGM), les études d'impact sur l'environnement, la gestion et la protection de la biodiversité et le renforcement des capacités de transfert de technologies.

"Il y a une fracture entre pays en développement et pays développés", explique Klaudija Cremers, chercheuse en politique maritime internationale à l'Iddri, évoquant notamment la question des ressources génétiques maritimes.

Alors que les minéraux des fonds marins situés au-delà de la juridiction nationale (comme le cobalt) sont considérés comme le "patrimoine commun de l'humanité" (ce qui signifie qu'ils doivent être exploités et conservés pour le bénéfice de tous), les pays en développement soutiennent que cela s'applique aussi aux ressources génétiques marines.

Ces ressources (d'origine végétale, animale ou microbienne), dont regorgent les zones situées au-delà de la juridiction nationale (ZAJN), sont prisées pour leurs propriétés génétiques et biochimiques et peuvent être exploitées pour la fabrication de produits cosmétiques et pharmaceutiques. La haute mer étant considérée comme un bien commun, aucun État n'est propriétaire de ces ressources.

Mais à l'heure où les négociations tentent d'établir des règles pour assurer que les bénéfices venant de l'exploitation et de l'extraction des RGM soient partagés de manière équitable, les intérêts des pays en développement s'opposent à ceux des pays développés. "Les pays en développement attendent des bénéfices monétaires, alors que les pays développés veulent, eux, développer des aspects non monétaires, notamment via les transferts de technologies", précise Klaudija Cremers.

Dans le compte rendu de la deuxième journée de négociations, mardi, le Earth Negotiations Bulletin (service d'information indépendant sur les négociations des Nations unies en matière d'environnement et de développement), rapporte les options proposées pour restructurer le texte. "Certains ont souligné que le partage des avantages devait être obligatoire, y compris les éléments financiers et non financiers, le tout devant être partagé équitablement (...) Une délégation a souligné

que les modalités du partage des avantages monétaires devraient être réglementées dans le cadre de l'accord et ne pas être laissées à la future Conférence des Parties (COP). Un groupe régional a suggéré d'ajouter, comme avantage non monétaire, une coopération scientifique accrue."

Ambitions disparates sur les aires marines protégées

Des dissensions s'expriment aussi sur les outils de gestion par zone, en particulier les aires marines protégées (AMP). Ces espaces délimités en mer répondent à des objectifs de protection de la biodiversité marine qui favorisent la gestion durable des activités maritimes.

Par exemple, la France, deuxième zone économique exclusive (ZEE) au monde avec plus de 10 millions de kilomètres carrés (avec l'outre-mer) dispose de 524 aires marines protégées, couvrant près de 32 % de sa ZEE.

L'idée du traité est d'élargir ce principe aux eaux internationales. La mise en place d'aires marines protégées est même l'une des mesures phares de conservation de la biodiversité marine. Si le traité voit le jour, 30 % des océans deviendront des zones protégées.

D'après la FAO, 90 % des stocks mondiaux de poissons sont épuisés ou pleinement exploités. Or, une grande partie de cette pêche a lieu en haute mer. Les AMP pourraient rendre la pêche plus durable en permettant aux espèces de reconstituer leurs populations dans des zones interdites aux activités industrielles.

Aujourd'hui, il existe quelques AMP situées en haute mer. Le traité actuellement discuté vise à introduire des mesures juridiquement contraignantes pour la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité dans les eaux internationales afin de restreindre les activités humaines et de renforcer la lutte contre la pollution. En effet, il est impossible de contraindre juridiquement des États à appliquer un accord s'ils n'en sont pas partie.

Mais ici encore, la recherche d'un compromis est nécessaire. "Certains pays veulent donner beaucoup de pouvoir au traité pour créer des AMP, quand d'autres, plus conservateurs, préfèrent le statu quo et veulent que les organisations professionnelles existantes qui gèrent la pêche soient responsables de toutes les activités pratiquées dans ces AMP", explique Klaudija Cremers, évoquant des divergences d'avis sur la mise en place de telles mesures.

Concernant les études d'impact sur l'environnement (EIE), il n'existe pas de base pour les activités humaines en haute mer, rappelle-t-elle. Sur ce sujet, reste à définir qui des États ou de la future Conférence sur climat (COP 27 prévue du 7 au 18 novembre 2022 à Charm el-Cheikh, en Égypte, NDLR) sera chargé de réaliser les EIE, et à quel moment nous avons besoin d'une EIE. "Si l'EIE dit qu'on ne peut pas réaliser une activité sans avoir d'impact sur l'environnement, quelle sera l'étape suivante ?", questionne la chercheuse, indiquant des avis divergents sur un sujet qui peut aussi bien concerner la pêche que l'exploitation des fonds marins pour le cobalt ou pour la transformation énergétique.

À New York, "l'atmosphère est optimiste"

En ce qui concerne le renforcement des capacités et transfert de technologies marines, "la Convention des Nations unies sur le droit de la mer parle beaucoup du développement des capacités, mais la mise en œuvre n'a pas été à la hauteur de l'ambition", estime Glen Wright, ajoutant que les pays en développement demandent plus de soutien afin de pouvoir participer efficacement à la conférence intergouvernementale sur la biodiversité marine.

"Les pays en développement se battent pour que le traité impose aux pays développés de contribuer financièrement pour les aider à développer des activités humaines en haute mer", ajoute Klaudija Cremers.

"L'atmosphère à New York est optimiste", note Klaudija Cremers qui se rendra sur place avec son collègue Glen Wright, pour suivre la deuxième semaine des négociations. "Beaucoup de pays poussent pour finaliser cet accord", ajoute-t-elle, évoquant une "coalition de pays de haute ambition" menée par l'Union européenne et notamment la France qui, après avoir accueilli le One Ocean Summit à Brest en février dernier et assuré la présidence du Conseil de l'UE de janvier à juin, veut s'imposer comme un moteur de ces négociations internationales.

C'est ainsi que, lundi et mardi, le secrétaire d'État français à la Mer, Hervé Berville, appuyait la haute ambition de la France et de l'UE, renouvelée en juin à la Conférence des Nations unies pour l'océan, organisée à Lisbonne.

Selon Klaudija Cremers, une cinquantaine de pays soutiennent cette coalition de haute ambition. À ce jour, "tous les États, même ceux réticents au départ car actifs sur la pêche veulent trouver des compromis", ajoute-t-elle, évoquant notamment la Chine, la Norvège, l'Islande ou encore les États-Unis. "Seule la Russie continue de bloquer les négociations", affirme la chercheuse, évoquant des relations dégradées du fait de la guerre en Ukraine.

Quelles conséquences, alors, si un accord est trouvé mais qu'un État ne le ratifie pas ? "Les États non membres [de l'ONU] ou qui n'ont pas ratifié l'accord n'ont pas l'obligation de suivre ce qui y est inscrit", répond la chercheuse en politique maritime internationale. Ce qui ne signifie pas qu'en pratique, les États non-parties ne respectent pas pour autant l'esprit du texte, conclut-elle, prenant l'exemple des États-Unis, non-signataires de la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (en raison d'un désaccord sur l'exploitation des fonds marins), mais qu'ils respectent et dont la question de l'adhésion se pose régulièrement depuis l'entrée en vigueur du texte, en 1994.

Dès les années 1980, avec la Convention de Montego Bay, la division des espaces maritimes en zones (ZEE, haute mer) s'opère mais sur une logique de ressources marines infinies, pouvant être utilisées sans fin, rappelle Klaudija Cremers. C'est seulement en 2002, dit-elle, que l'ONU commence à parler de la nécessité de protéger la haute mer.

Il aura ensuite fallu du temps pour qu'un mandat de l'ONU se penche sur la création d'un instrument juridique véritablement contraignant. "C'est pour cette raison que ce traité est important. Cela concerne tous les pays du monde et ce n'est pas juste un objectif de développement durable (ODD) : tout État qui ratifiera l'accord sera obligé de l'appliquer".

**PROGRAMME
CLIMAT, ÉNERGIE
& SÉCURITÉ**

LA MODIFICATION DU CLIMAT COMME ARME DE GUERRE

PAR FANNY BABALONE

ASSISTANTE DE RECHERCHE,
PROGRAMME CLIMAT, ÉNERGIE ET SÉCURITÉ DE L'IRIS

AVRIL 2021

ANALYSE #17



La connaissance de l'environnement, dont l'anticipation et l'exploitation des conditions météorologiques, constitue une donnée stratégique importante pour la conduite des opérations militaires. Une des illustrations les plus connues est la bataille de Waterloo en 1815, lorsque la cavalerie française est ralentie par le borbier et le froid, ce qui a diminué son efficacité. Si la variable naturelle météorologique joue un rôle – quoique minime, car il ne faut pas négliger la dynamique stratégique – dans la conduite des opérations militaires, *quid* de l'anticipation, voire du contrôle de celle-ci ?

Fantasmé ou redouté, le contrôle de l'environnement naturel est une constante observée à toutes les époques. Si la philosophie de la technique cartésienne promeut l'idée de rendre les hommes « maîtres et possesseurs de la nature »¹, il n'est pas question de domination irraisonnée. Plus tard, la révolution scientifique du XX^e siècle fut telle qu'elle bouleversa des théories solidement fondées et en édifia de nouvelles, redéfinissant ainsi les rapports entre l'Homme et la nature. Ces avancées scientifiques contribuèrent à alimenter l'imaginaire : les moyens de guerre mésologiques, c'est-à-dire ceux exploitant la relation entre les êtres humains et leur milieu de vie, ont un fort ancrage fictif dans nos mentalités. Néanmoins, la modification des conditions météorologiques est aujourd'hui rendue possible par la science.

La modification du climat au sens *stricto sensu* revêt trois aspects distincts. Premièrement, l'incidence des activités humaines contribue au réchauffement climatique et entraîne ainsi des perturbations climatiques (phénomènes climatiques extrêmes, fonte des glaces, acidification des océans, hausse des températures globales, etc.). La dégradation environnementale par les activités de l'Homme n'est pas réalisée volontairement, bien que consciemment. Ensuite, la géo-ingénierie agit directement sur le climat dans l'optique de contrer la pression anthropique exercée sur l'environnement. Ces « *techniques et pratiques mises en œuvre ou projetées dans une visée corrective à grande échelle des effets des activités humaines sur l'environnement* »² comprennent notamment des technologies

¹ Descartes René, *Discours de la méthode*, 1637 (extrait)

² Royer Ludovic, « Géoingénierie : nouvel enjeu de gouvernance internationale », janvier 2021, CS2P & IRIS, https://www.iris-france.org/wp-content/uploads/2021/02/Géo-ingénierie-_NOUVEL-enjeu-de-gouvernance-internationale-Royer-Ludovic.pdf

de séquestration du carbone et de gestion du rayonnement solaire. Enfin, la modification du climat comme arme de guerre vise à nuire directement aux capacités opérationnelles de l'ennemi (par exemple, l'ensemencement des masses nuageuses pour perturber les précipitations).

Dès la fin des années 1940, les États-Unis s'intéressèrent de très près aux questions météorologiques. En ce sens, le Pentagone mena des études sur les phénomènes climatiques dans un objectif stratégique, notamment par la formation de météorologues ou l'investissement massif dans la recherche et le développement³. À la fin de la Seconde Guerre mondiale, le mathématicien américain John von Neumann inventa un ordinateur capable de prévoir la météo. Ainsi, ce fut le début de la prise de conscience que les prévisions météorologiques constituent un indicateur important dans la planification des grandes opérations militaires. Cette corrélation amena les chercheurs à se questionner sur la possibilité de modifier directement les variables météorologiques, pour ainsi contrôler le climat. En 1946, le physicien américain Irving Langmuir étudia la formation des cristaux de glace dans les nuages, et la compréhension de ce phénomène intéressait fortement l'armée américaine. Celle-ci investit alors dans le projet Cirrus, un programme de recherche dirigé par Irving Langmuir. Les expériences menées visaient, concrètement, à faire des trous dans les nuages afin de pouvoir contrer une situation météorologique empêchant un atterrissage effectif des avions militaires.

Pendant la guerre du Vietnam (1955-1975), la modification de l'environnement fut utilisée à des fins hostiles par l'armée américaine, notamment par le déclenchement de pluies⁴. Ainsi, l'embourbement des routes par les boues et les glissements de terrain à répétition contribuaient au ralentissement et à l'enlèvement des routes, ce qui freina le mouvement des troupes vietnamiennes. En outre, l'armée américaine dégrada l'environnement par le déversement de l'« agent orange », un herbicide défoliant puissant ayant détruit les cultures et contaminé la population vietnamienne⁵. Deux ans après la fin

³ ARTE, Documentaire de Pierre-Oscar Lévy (France, 2014, 1h24mn), « Les apprentis sorciers du climat », <https://www.youtube.com/watch?v=wBPZ0ESorXA>

⁴ Ficher Georges, La Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins hostiles. In: *Annuaire français de droit international*, volume 23, 1977. pp. 820-836

⁵ Pour en savoir plus sur le débat autour du crime d'écocide lié à l'utilisation de l'agent orange durant la guerre du Vietnam : Scigacz Marie-Adélaïde, « Ecocide : comment l'"agent orange" utilisé pendant la guerre du Vietnam a donné naissance à

de la guerre du Vietnam, en 1977, le Pentagone aurait consacré 2,8 millions de dollars à la recherche sur la modification météorologique⁶.

Suite à ce scandale, la communauté internationale décida d'interdire l'exploitation de l'environnement comme arme de guerre. Ainsi, du 27 juin au 3 juillet 1974, l'URSS et les États-Unis entreprirent des négociations à Moscou, dont découlèrent une lettre⁷ datée du 8 août 1974 et adressée au Secrétaire général des Nations Unies. Ce communiqué soviéto-américain faisait part de la signature d'une déclaration commune dans laquelle les deux parties appelaient à la mise en place de mesures efficaces pour lutter contre les dangers de l'utilisation des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires. Quelques mois plus tard, en décembre 1974, la présentation d'un projet⁸ de convention par l'Union soviétique lors de la XXIX^e session de l'Assemblée générale des Nations unies aboutit à l'adoption de la résolution 3264 sur « l'interdiction d'agir sur l'environnement et le climat à des fins militaires et autres incompatibles avec le maintien de la sécurité internationale, le bien-être et la santé de l'être humain »⁹. Celle-ci estimait que le fait d'agir sur l'environnement et le climat à des fins militaires est « incompatible avec le maintien de la sécurité internationale », et invitait la Conférence du Comité du désarmement (CCD) à élaborer une convention en ce sens. C'est finalement en mai 1977 que la Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toute autre fin hostile¹⁰ fut ouverte à la signature et ratification, pour entrer en vigueur le 5 octobre 1978. Cette convention, s'inscrivant dans le cadre de l'effort de désarmement « général et complet »¹¹ engagé dès le début des années 1960, comporte cependant des lacunes remettant aujourd'hui en question sa portée et son adaptation face à l'état de la science et à la possibilité pour un État d'avoir recours à des techniques de modification du climat.

un concept juridique qui fait débat depuis un demi-siècle », France Info, janvier 2021, https://www.francetvinfo.fr/sante/environnement-et-sante/ecocide-comment-l-agent-orange-a-donne-naissance-a-un-concept-juridique-qui-fait-debat-depuis-un-demi-siecle_4257259.html

⁶ Randrianarimanana Philippe, « La météo comme arme de guerre », Courrier international, octobre 2005, <https://www.courrierinternational.com/revue-de-presse/2005/10/20/la-meteo-comme-arme-de-guerre>

⁷ Lettre du 8 août 1974 adressée au Secrétaire général des Nations Unies par le représentant permanent par interim des États-Unis d'Amérique et par le représentant permanent de l'Union des républiques soviétiques, <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N74/210/24/PDF/N7421024.pdf?OpenElement>

⁸ À retrouver dans l'annexe de la résolution 3264, <https://documents-dds-ny.un.org/doc/RESOLUTION/GEN/NR0/740/25/IMG/NR074025.pdf?OpenElement>, page 29

⁹ Résolution 3264, p29, <https://www.un.org/french/documents/ga/res/29/fres29.htm>

¹⁰ Dite « Convention ENMOD », pour *environmental modifications*.

¹¹ Voir le préambule de la Convention ENMOD.

Ainsi, l'interprétation de certains termes semble complexe, bien que leur portée soit éclairée par des accords interprétatifs, non intégrés à la Convention. Prenons l'article premier :

« Chaque État partie à la présente Convention s'engage à ne pas utiliser à des fins militaires ou toute autre fin hostile des techniques de modification de l'environnement ayant des effets étendus, durables ou graves, en tant que moyens de causer des destructions, des dommages ou des préjudices à tout autre État partie ».

Ainsi que les accords interprétatifs relatifs à ce même article :

« (...) Il faut entendre par « étendus » les effets qui s'étendent à une superficie de plusieurs centaines de kilomètres carrés ; « durables » s'entend d'une période de plusieurs mois, ou environ une saison ; « graves » signifie qui provoque une perturbation ou un dommage sérieux ou marqué pour la vie humaine, les ressources naturelles et économiques ou d'autres richesses ».

Ici, l'« environnement » n'est pas défini, et les termes « étendus », « durables », et « graves » comportent une portée propre et limitée à cette seule convention. En effet, dans le droit international en vigueur, notamment le Protocole additionnel I (1977)¹² aux Conventions de Genève de 1949, on retrouve ces termes accolés par la conjonction de coordination « et », *a contrario* de la Convention ENMOD préférant le terme « ou ». Concernant les définitions mêmes des termes présentés dans les accords interprétatifs, celles-ci demeurent subjectives.

Poursuivons avec l'article 2 :

¹² Protocole additionnel 1 (1977) aux Conventions de Genève de 1949 :

Article 35, paragraphe 3 : « Il est interdit d'utiliser des méthodes ou moyens de guerre qui sont conclus pour causer, ou dont on peut attendre qu'ils causeront, des dommages étendus, durables et graves à l'environnement naturel ».

Article 55, paragraphe 1 : « La guerre sera conduite en veillant à protéger l'environnement naturel contre des dommages étendus, durables et graves. Cette protection inclut l'interdiction d'utiliser des méthodes ou moyens de guerre conçus pour causer ou dont on peut attendre qu'ils causent de tels dommages à l'environnement naturel, compromettant, de ce fait, la santé ou la survie de la population ».

« Aux fins de l'article premier, l'expression "techniques de modification de l'environnement" désigne toute technique ayant pour objet de modifier - grâce à une manipulation délibérée de processus naturels - la dynamique, la composition ou la structure de la Terre, y compris ses biotes, sa lithosphère, son hydrosphère et son atmosphère, ou l'espace extra-atmosphérique ».

Complété par le second accord interprétatif :

« (...) Les exemples donnés ci-après sont des exemples de phénomènes qui pourraient être provoqués par l'utilisation des techniques de modification de l'environnement telles qu'elles sont définies à l'article II de la Convention : tremblements de terre; tsunamis; bouleversement de l'équilibre écologique d'une région; modifications des conditions atmosphériques (nuages, précipitations, cyclones de différents types et tornades); modifications des conditions climatiques, des courants océaniques, de l'état de la couche d'ozone ou de l'ionosphère ».

Il apparaît alors que cette interprétation est relativement illogique, puisqu'elle entreprend une confusion entre les techniques employées et les effets observables. Ainsi, les « modifications des conditions atmosphériques et climatiques » semblent davantage relever des techniques utilisées pour modifier l'environnement, et les « tremblements de terre et tsunamis » comme d'éventuelles conséquences de l'utilisation de techniques modificatrices du climat.

Concernant la nature même des techniques employées pour modifier l'environnement, on peut se questionner sur la manière de prouver l'intention délibérée de l'auteur, l'article 2 ne mentionnant que les techniques ayant pour objet de modifier l'environnement « grâce à une manipulation délibérée ». Dans le même sens, les modifications produites indirectement, voire de manière accidentelle, ne sont pas mentionnées dans le texte. *Quid* de l'utilisation d'un moyen ou méthode de guerre classique entraînant des modifications indirectes de l'environnement ? Il semble que les conventions de Genève de 1949 encadrent cette situation dans son article 35, paragraphe 3¹³, mais de manière plus

¹³ *Ibid.*

restrictive que la Convention ENMOD (condition des trois termes « durables, « étendus » et « grave » cumulés comme vus précédemment).

En outre, conformément à son article 8, la Convention prévoit la tenue de conférences d'examen afin d'assurer la concordance entre les objectifs de la Convention, les dispositions textuelles et l'état de la société scientifique. Seulement deux conférences d'examen ont eu lieu en 1992 puis en 1994. En 2013, le Secrétaire général des Nations Unies, Ban Ki-Moon, invite les États parties à la Convention à donner leur avis quant à la tenue d'une éventuelle troisième conférence d'examen. Les conditions prévues par l'article 8 (paragraphe 3¹⁴) ne sont alors pas remplies, en ce sens que le nombre de réponses positives reçues est inférieure au nombre minimum requis.

Enfin, l'article 1 semble associer les termes « fins militaires » et « fins hostiles » à tort, puisque des fins militaires ne sont pas forcément synonymes de revendications belliqueuses. L'article 3¹⁵ prévoit même une « autorisation indirecte » des utilisations des techniques de modification de l'environnement à des fins pacifiques. La juxtaposition de ces deux articles renvoie à l'évidence que, selon les dispositions textuelles, des fins militaires ne peuvent être pacifiques. Aussi, aucune mention concernant la recherche et le développement de ces technologies de modification environnementale n'est faite dans le texte.

Cette question de la recherche dans le contrôle des phénomènes climatiques est de nos jours sujette à de nombreux débats. Certaines sources complotistes associent même le projet américain HAARP (*High-frequency Active Auroral Research Program*¹⁶) à une volonté des États-Unis de mener, à l'avenir, une sorte de "guerre climatique". HAARP est un programme scientifique et militaire américain de recherche sur l'ionosphère¹⁷ financé

¹⁴ Convention ENMOD, article 8, §3 : « Si aucune conférence n'a été convoquée conformément au paragraphe 2 du présent article dans les dix ans ayant suivi la fin d'une précédente conférence, le Dépositaire demandera l'avis de tous les États parties à la présente Convention au sujet de la convocation d'une telle conférence. Si un tiers des États parties ou dix d'entre eux, le nombre à retenir étant le plus faible des deux, répondent par l'affirmative, le Dépositaire prendra immédiatement des mesures pour convoquer la conférence ».

¹⁵ Convention ENMOD, article 3 : Les dispositions de la présente Convention n'empêchent pas l'utilisation des techniques de modification de l'environnement à des fins pacifiques et sont sans préjudice des principes généralement reconnus et des règles applicables du droit international concernant une telle utilisation.

¹⁶ En français : « programme de recherche dans le domaine des hautes fréquences appliquées aux aurores boréales »

¹⁷ Couche atmosphérique se situant entre environ 60 et 1 000 km d'altitude de la Terre

par l'US Air Force ainsi que l'US Navy, dont les installations sont basées en Alaska. D'un point de vue militaire, ce projet aurait les mêmes caractéristiques qu'une arme de destruction massive, car elle serait capable de « déstabiliser des systèmes agricoles et écologiques partout dans le monde »¹⁸.

En outre, en décembre 2020, la Chine a annoncé vouloir étendre ses programmes de « manipulations météorologiques », instaurés en 2002, sur plus de la moitié du pays d'ici à 2025¹⁹. Selon Wolfgang Gasser²⁰, un chercheur en géo-ingénierie à l'université technique de Munich, le Bureau des modifications météorologiques chinois aurait notamment dépensé plus de 230 millions d'euros depuis 2008 pour investir dans la recherche de ces technologies.

ScopEx (*Stratospheric Controlled Perturbation Experiment*), un programme scientifique d'Harvard visant à étudier les aérosols stratosphériques²¹ et leur utilité à la géo-ingénierie solaire, est également très discuté. Cette étude expérimentale consiste en l'injection de ces fines particules dans la stratosphère afin d'atténuer le rayonnement solaire, et donc plus largement de rafraîchir le climat. Or, si effectuées à plus grande échelle, ces pulvérisations pourraient entraîner des dommages collatéraux environnementaux, laissant ainsi présager des risques scientifiques et conflictuels conséquents.

Le contrôle du climat est aujourd'hui à la fois fantasmé et craint, puisqu'il fait écho à l'idée que l'Homme pourrait dominer son environnement et fait le parallèle avec les enjeux de désarmement actuels. L'éventualité d'une « guerre climatique » suscite le débat, d'autant plus que l'état actuel de la science ne paraît plus adapté à la Convention ENMOD de 1977,

¹⁸ Chossudovsky Michel, « HAARP : la Guerre Climatique », Libertes, <https://www.libertes.fr/gaiasophia/gaia-climats/guerres-climat/Chossudovsky01.html>

¹⁹ Feng Coco, « Master of weather ? China in drive to advance rain-making tech, *South China Morning Post*, décembre 2020, <https://www.scmp.com/tech/policy/article/3113392/master-weather-china-drive-advance-rain-making-tech>

²⁰ Étude « Weather modification in Europe, USA and with a special focus on China », 2016, https://www.bgu.tum.de/fileadmin/w00blj/hydrologie/Christiane1/Lehre/Studentische_arbeiten/fertige_Arbeiten/S28_Rumbaur_Gasser_Let_it_rain.pdf

²¹ Suspension dans l'air de très petites particules ou de gouttelettes de polluants d'origine naturelle (sel des océans, poussières volcaniques) ou artificielle (plomb tétraéthyle, amiante) jouant un rôle important dans la physico-chimie de la stratosphère.

demeurant lacunaire et incomplet. À l'heure où les techniques de la géo-ingénierie, visant à corriger les impacts négatifs des activités anthropiques sur l'environnement, sont de plus en plus discutées, l'enjeu réside dans la limite d'action à établir. Modifier l'environnement à des fins officiellement correctives pourrait-il constituer une voie de contournement du *jus in bello*²² et de la Convention ENMOD ? ■

²² Le droit international humanitaire, ou *jus in bello*, régleme la manière dont la guerre est conduite.

ANALYSE #17**LA MODIFICATION DU CLIMAT COMME ARME DE GUERRE****PAR FANNY BABALONE**

ASSISTANTE DE RECHERCHE, PROGRAMME CLIMAT, ÉNERGIE ET SÉCURITÉ DE L'IRIS

AVRIL 2021

PROGRAMME CLIMAT, ÉNERGIE & SÉCURITÉ

Sous la direction de Julia TASSE, chercheuse à l'IRIS

tasse@iris-france.org

© IRIS

Tous droits réservés

INSTITUT DE RELATIONS INTERNATIONALES ET STRATÉGIQUES

2 bis rue Mercoeur

75011 PARIS/France

T. + 33 (0) 1 53 27 60 60

contact@iris-france.org

@InstitutIRIS

www.iris-france.org

<https://www.novethic.fr/actualite/environnement/climat/isr-rse/la-geoingenierie-pour-sauver-la-planete-blanchir-les-nuages-pour-refroidir-la-mer-150042.html>

LA GÉOINGÉNIERIE POUR SAUVER LA PLANÈTE : BLANCHIR LES NUAGES POUR REFROIDIR LA MER

4 août 2021

Faire de l'ombre sur la planète avec des nuages bien blancs, c'est la solution imaginée par des scientifiques pour refroidir la Terre et limiter les effets du réchauffement climatique. En Australie, une équipe de chercheurs teste l'idée en la cantonnant au-dessus de la Grande barrière de corail, afin de préserver de l'augmentation de la température de l'océan. Cette semaine, Novethic fait le point sur des solutions développées par la géo-ingénierie pour lutter contre le réchauffement climatique.

De beaux nuages blancs qui surplombent les océans tropicaux. Ce paysage de carte postale pourrait bientôt cacher de surprenantes technologies imaginées pour réduire le réchauffement de la planète. Depuis plusieurs années, des scientifiques travaillent en effet sur la possibilité d'éclaircir les nuages de basse altitude. Contrairement aux nuages de haute altitude, réfléchissants, ils permettent de renvoyer une bonne partie du rayonnement solaire et de diminuer la température au sol.

Ou en mer ! En Australie, cette technologie fait en effet l'objet de tests grandeur nature dans un but bien précis. Il s'agit en effet de sauver la Grande barrière de corail, cet écosystème vivant de plus de 340 000 km² menacé de disparition par le réchauffement climatique. L'élévation de la température de l'océan a déjà eu pour effet de blanchir les récifs et, au final, de tuer les coraux.

Dans le cadre de son programme "Reef restoration and adaptation program" (Programme de restauration et d'adaptation de la barrière), le gouvernement australien a consacré en 2020 une enveloppe de 150 millions de dollars australiens (environ 93 millions d'euros) pour le développement de plusieurs technologies permettant de sauver le corail, dont l'éclaircissement des nuages.

Dissiper l'énergie solaire

Concrètement, cette technologie consiste à propulser au-dessus de la barrière de corail des embruns marins pendant l'été, quand l'eau est la plus chaude. Les particules de sel restent alors dans l'atmosphère, condensent l'humidité et forment des gouttelettes très réfléchissantes. Ces nuages artificiels permettent de dissiper plus d'énergie solaire et de réduire la température de surface de l'océan, ce qui bénéficie aux coraux et à tout l'écosystème contenu dans la barrière de corail.

En théorie en tout cas, la technologie n'ayant jamais été encore éprouvée. C'est ce à quoi s'attache l'équipe du programme australien, qui a déjà procédé à de premiers essais afin de valider les outils développés pour propulser les embruns, mais aussi l'efficacité de l'éclaircissement des nuages ainsi que l'acceptabilité sociale de la technologie.

Daniel Harrison, le directeur de ces recherches, semble confiant. Lors d'un webinaire organisé par la Carnegie climate governance initiative (C2G) sur le thème de la "Gouvernance de l'éclaircissement des nuages marins", il confiait que "nous privilégions cette option par rapport à des initiatives dans lesquelles on cultive des coraux, par exemple, parce que celles-ci se concentrent seulement sur certains coraux, les plus résistants. Avec l'éclaircissement des nuages, on préserve tout l'écosystème du récif, les coraux jeunes ou anciens, mais aussi les anémones, les oiseaux, etc."

Une rustine pour le réchauffement climatique

Cette technologie n'est toutefois pas sans risque. L'un des principaux réside dans la possibilité que l'éclaircissement de ces nuages bouleverse les modèles de précipitations aux alentours. Pour le chercheur australien, le risque serait sans doute plus avéré si l'éclaircissement des nuages était appliqué à la planète entière, comme certains scientifiques l'ont préconisé. En limitant l'usage de la technologie seulement au-dessus de la barrière de corail au large de l'Australie, le risque est plus réduit. "Cela pourrait réduire légèrement la quantité de précipitations dans le nord-est du pays, mais ce n'est pas certain", dit-il.

Reste que cette technologie ne fait que mettre une petite rustine sur le problème posé par le réchauffement climatique et ne permet en rien de le résoudre. Au cas où les tests s'avéreraient concluants, elle ne ferait néanmoins qu'apporter une solution rapide et immédiate pour les coraux, mais aussi très temporaire, les particules salines ne demeurant que quelques jours dans l'atmosphère. "Cette technologie aurait beau très bien fonctionner, si nous ne faisons rien pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre, les coraux continueront à diminuer", prévient Daniel Harrison.

Arnaud Dumas

<https://www.vie-publique.fr/parole-dexpert/277531-la-crise-du-multilateralisme>

La crise du multilatéralisme

3 décembre 2020

Le multilatéralisme à vocation universelle a connu une ascension continue jusque vers la fin du XXe siècle, puis il a décliné. Ce déclin va de pair avec une montée de l'insécurité internationale.

Les différents registres du multilatéralisme

La fonction du multilatéralisme est toujours la même : s'entendre sur des règles communes au plus grand nombre possible d'États, sur une base volontaire, pacifique et durable, être un substitut de législation internationale. Cet esprit se décline de manière très variée, et le multilatéralisme normatif connaît nombre de visages. Le multilatéralisme n'est pas un bloc.

Unilatéralisme ou multilatéralisme sont pour les États-Unis des objets d'une boîte à outils diplomatique dont ils usent en fonction des circonstances.

L'impression prévaut parfois qu'il serait un instrument américain préférentiel. Cela n'a correspondu à la réalité que brièvement, au moment de la fondation de l'ONU et des institutions spécialisées, du moins des institutions financières. Les États-Unis se sont par la suite orientés vers un unilatéralisme à la carte et n'ont recouru aux institutions et aux traités multilatéraux que de façon opportuniste. Unilatéralisme ou multilatéralisme sont pour eux des objets d'une boîte à outils diplomatique dont ils usent en fonction des circonstances – comme la plupart des États, au-delà de déclarations de principe.

En fait, il a existé plusieurs domaines et différents pilotes. On peut distinguer un registre stratégique, un registre tiers-mondiste, un registre commercial, un registre humanitaire. Ils correspondent grosso modo à une succession.

Un multilatéralisme stratégique pérenne

Il concerne la politique de maîtrise des armements ou de désarmement, qui a comporté un double pilotage des traités multilatéraux en la matière. On y rencontre notamment :

le Traité sur l'Antarctique (1959),

le Traité interdisant les essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère, dans l'espace extra-atmosphérique et sous l'eau (1963),

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 (1967),

le Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP, 1968),

la Convention sur l'interdiction des armes biologiques et à toxines (CABT, 1972),

la Convention sur l'interdiction des armes chimiques (CIAC, 1993).

C'est toujours un accord américano-soviétique qui était à la base de ces traités et qui permettait de regrouper autour de lui le plus grand nombre d'États possible.

Ces traités, adoptés durant l'âge d'or du multilatéralisme, de la décennie 1960 à la décennie 1990, sont toujours en vigueur. Certains ont connu ou connaissent des vicissitudes, dont le TNP qui apparaît comme un grand traité malade tout en demeurant la base du régime international de non-prolifération des armes nucléaires. Ils ont survécu à la disparition de l'URSS, qui en était un pilier, et ont mieux résisté que les traités bilatéraux américano-soviétiques.

C'est qu'ils correspondent toujours à l'intérêt des parties, en dépit de leurs imperfections. Ils sont toujours des constructions complexes que toute réforme pourrait affecter. Figurer une situation à un

moment donné est un défaut du multilatéralisme conventionnel, alors que par définition elle est appelée à évoluer. C'est l'un des problèmes du TNP.

Un multilatéralisme tiers-mondiste éphémère

Il a été à l'inverse conduit par des puissances petites et moyennes, qui ont mis à profit leur majorité automatique puisqu'elles représentaient plus des deux-tiers des États dans les conférences et les institutions internationales. Ce multilatéralisme a été dans l'ensemble faible, exprimant des revendications plus que réalisant des compromis. La majorité qui permettait l'adoption de textes ne permettait pas de les rendre efficaces, faute de valeur obligatoire ou de participation des grandes puissances les plus intéressées.

C'est ainsi que l'Assemblée générale de l'ONU a été l'instrument des pays du tiers-monde appuyés par les pays socialistes, mais les résolutions aisément votées n'ont débouché sur aucun résultat important. Il ne reste rien du "nouvel ordre économique international" (NOEI), vainement promu durant les décennies 1970 et 1980.

Le seul traité d'envergure relevant de cette dimension tiers-mondiste est la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, signée à Montego Bay en 1982, qui correspond largement aux intérêts des pays en développement, spécialement des pays côtiers. Ce traité recherche la solidarité, étend les compétences des riverains dans les espaces maritimes adjacents et établit un régime spécial, d'inspiration redistributrice, pour le fond des mers et des océans. Il devrait en priorité être exploité au profit des pays pauvres, ce qui est une forme de collectivisation.

Les États-Unis, principale puissance maritime, se sont vivement opposés à un tel régime et ont obtenu qu'il soit modifié avant l'entrée en vigueur de la convention, sans même y devenir partie pour leur part. C'est un parfait exemple d'une posture américaine qui consiste à être à la fois dedans et dehors. L'importance de la convention de Montego Bay réside plutôt désormais dans le partage des espaces maritimes que dans la solidarité internationale.

Un multilatéralisme commercial en panne

Sur le plan des échanges économiques, le second XXe siècle était dominé par le régime de l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce, le GATT, remontant à 1947 et dont les objectifs étaient libéraux. L'URSS et les pays socialistes en étaient absents.

La chute du mur de Berlin, la disparition du camp socialiste et de l'URSS ont laissé les mains libres aux États-Unis. Ces derniers n'ont pas reconstruit un ordre international, mais un domaine leur est apparu prioritaire, celui de l'économie et du commerce international. Ils ont donc lancé, avec l'accord de Marrakech instituant l'Organisation mondiale du commerce (OMC, 1994), à la fois un processus d'ouverture des échanges et une procédure de règlement des différends relatifs à la concurrence, "les panels de réexamen" – rendant en principe des décisions obligatoires. L'OMC n'appartient pas à la famille des Nations Unies, elle n'en est pas une institution spécialisée mais conserve son autonomie. On ne saurait y voir un nouvel ordre international.

La logique de l'entreprise, celle de la mondialisation, allait cependant au-delà du commerce. Son promoteur, l'administration Clinton, pouvait se référer à Montesquieu et au "doux commerce", indice et facteur de relations pacifiques et positives pour tous, puisque conduisant à la prospérité générale – donc à une conception de la paix, la paix par les échanges.

Cependant, l'universalité de l'OMC n'est qu'une vocation, non une réalité. Il existe des conditions d'admission assez rigoureuses qui supposent que les États candidats respectent certains critères économiques et juridiques. Ces conditions doivent garantir leur capacité de remplir les obligations de l'accord et leur loyauté en la matière. Une trentaine d'États restent encore à l'extérieur, comme certains territoires ultramarins d'États parties. En outre, la dynamique d'ouverture des échanges a été progressivement inversée. Les négociations sont arrêtées, et les panels de règlement des différends sont bloqués depuis 2019 du fait de l'attitude des États-Unis.

Droit humanitaire, environnement : un multilatéralisme déclaratoire

La génération la plus récente du multilatéralisme concerne ces deux domaines. Avec le premier, le droit humanitaire, c'est un retour aux sources, puisque l'on retrouve et prolonge l'inspiration des traités datant de plus d'un siècle, le droit de Genève et le droit de La Haye. Les pactes des Nations Unies sur les droits de l'homme (1966), autre domaine classique, sont quant à eux loin d'être universels en pratique. Avec l'environnement et la question connexe du changement climatique, ce sont à l'inverse des domaines nouveaux qui sont saisis par un effort de régulation internationale multilatérale.

Deux points communs cependant entre eux : d'abord, les deux concernent la sécurité humaine, s'adressent plus aux sociétés civiles qu'aux États, auxquels on vise à imposer des contraintes et non à conférer des droits ; ensuite ce sont des ONG, donc des acteurs non étatiques, qui sont les promoteurs les plus résolus et les plus actifs de ces réglementations. C'est ce qui explique, au moins en partie, que les accords conclus soient de faible intensité juridique, déclaratoires, des postures plus que des engagements très solides.

La sécurité humaine. Sous cette formule on peut ranger diverses conventions conclues en matière de désarmement pour des raisons humanitaires. Cette technique s'oppose à la limitation stratégique des armements qui repose avant tout sur la sécurité des États et correspond au multilatéralisme stratégique d'une période précédente. Il s'agit ici d'éliminer des armes que l'on considère comme pouvant infliger des dommages insupportables aux populations ou aux combattants. C'est dans ce domaine que les ONG et leurs coalitions ont été particulièrement actives.

Elles ont notamment abouti à la conclusion de plusieurs traités, sur l'élimination des mines antipersonnel (convention d'Ottawa, 1997), des armes à sous-munitions (convention d'Oslo, 2008), sur le commerce des armes (2013). À côté des ONG, ce sont des pays européens qui ont été les partisans les plus notables de ces entreprises. En revanche, de grands pays producteurs ou utilisateurs se tiennent à l'écart, de sorte que l'efficacité pratique des réglementations reste sujette à caution. Les armes prohibées sont toujours utilisées sur le terrain.

Quant au Traité sur l'interdiction des armes nucléaires (TIAN), dont le texte a été voté par l'Assemblée générale de l'ONU en 2017 mais qui n'est accepté par aucun des États détenteurs de ces armes, il entrera en vigueur en 2021. En l'occurrence, c'est une majorité de pays non dotés qui le soutiennent, et les pays européens sont divisés sur le sujet.

On peut y joindre le Statut de Rome conclu en 1998 et la Cour pénale internationale (CPI) qu'il institue. Cette dernière est en fonction depuis 2002. En fonction mais guère en activité, puisque près de vingt ans après sa fondation, son utilité reste à démontrer. Il s'agit certes d'un traité institutionnel, et la CPI a une existence réelle, avec un personnel nombreux et un budget important. On semble a priori loin d'un droit déclaratoire, notamment lorsque le Statut de Rome énonce les crimes internationaux qui relèvent de la juridiction de la Cour. Il est donc à la fois normatif et institutionnel.

Mais, en réalité, l'effectivité de la CPI dépend entièrement de la bonne volonté des États, de leur coopération qui est toujours aléatoire. L'absence de grands pays, dont les États-Unis, la Chine, l'Inde, la Russie, la prive de concours indispensables. En outre, la Cour ne dispose pas de moyens d'enquête efficaces. Elle reste inerte ou impuissante face aux violations les plus flagrantes du droit humanitaire.

Environnement et changement climatique. La question de l'environnement, soulevée depuis 1972 par la Déclaration de Stockholm sur la protection de l'environnement, a pris une dimension nouvelle avec la montée du thème du changement climatique. Elle prolonge la sécurité humaine, puisque l'environnement et le climat que l'on entend protéger sont ceux qui maintiennent les conditions de vie optimales pour l'humanité – l'environnement humain. C'est l'un des rares domaines ignorés par la Charte des Nations Unies. Ces problèmes n'étaient pas envisagés en 1945 et n'ont pénétré que lentement dans l'agenda international.

La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), adoptée à Rio en 1992 lors du Sommet planète Terre, vise à limiter les activités humaines, notamment les rejets dans l'atmosphère. Une nouvelle avancée intervient en 1997 avec le protocole de Kyoto, qui tend à limiter les émissions de gaz à effet de serre, mais n'entre en vigueur qu'en 2005.

La principale étape ultérieure, censée concerner tous les États, a été accomplie avec l'accord de Paris sur le climat en 2015, fruit de la conférence de Paris sur les changements climatiques, dite COP21. Sa mise en œuvre n'est que partielle et repose sur la bonne volonté des parties.

PAROLE D'EXPERT

À quoi sert le droit international ?

consulter

Progrès et déclin du multilatéralisme

Durant une première période, le multilatéralisme a connu d'importants progrès qualitatifs, qui ont débouché sur la coexistence de plusieurs âges de traités. Puis, il a connu une sensible dégradation.

Perfectionnement des mécanismes multilatéraux

Ces progrès ont passé par plusieurs étapes. L'âge classique est celui du multilatéralisme normatif, qui énonce des normes communes obligeant les États les uns à l'égard des autres, comme avec les conventions de Vienne sur les relations diplomatiques (1961) et consulaires (1963) ou sur le droit des traités (1969), ou la Convention sur l'interdiction des armes biologiques et à toxines. Puis, la formule est apparue insuffisante, parce qu'elle ne permettait pas de s'assurer du respect des obligations et donc d'établir la confiance entre les parties.

Une deuxième étape a alors consisté à prévoir dans les traités des mécanismes de suivi. Une troisième a développé les procédures de surveillance et de vérification, qui se sont elles-mêmes perfectionnées. Une quatrième étape débouche sur la formation de régimes internationaux complexes, comportant un ensemble interdépendant de normes. Le domaine de la maîtrise des armements (arms control) a été en pointe et, à un moindre degré, celui des droits de l'homme.

Ces formules vont de conférences d'examen quinquennales de la mise en œuvre des traités, comme dans plusieurs traités d'arms control, à des procédures très intrusives de vérification, passant par des inspections internationales sur sites, comme avec les accords de garantie du TNP ou l'institution de l'Organisation pour l'interdiction des armes chimiques (OIAC, 1993, dont le siège est à La Haye). Dans son cadre, sont organisées des réactions collectives des parties en cas de violation de la convention. Ce traité est en vigueur. En revanche, le Traité sur l'interdiction complète des essais nucléaires (TICE, 1996) amorce le recul, puisqu'il n'a été que peu ratifié.

Le point culminant a été atteint lorsqu'une convention multilatérale est devenue la matrice d'un régime international, encadrant l'ensemble d'une activité avec des normes subséquentes. Le TNP en est une bonne illustration. Divers instruments lui sont associés, par exemple le Club de Londres qui regroupe les exportateurs de technologie nucléaire, avec comme objectif d'éviter que leur concurrence ne favorise le détournement des activités nucléaires civiles vers des usages militaires.

L'érosion du multilatéralisme

Les derniers grands traités à vocation universelle, ceux du XXI^e siècle, fournissent des exemples criants de la dégradation du multilatéralisme. Outre la COP21 (2015) et son aspect purement déclaratoire, le Traité sur l'interdiction des armes nucléaires (2017), le Pacte mondial pour des migrations sûres, ordonnées et régulières (Marrakech, 2018) est très instructif. Il ne contient que des déclarations d'intention, des vœux pieux, mais aucun engagement réel. Il utilise la forme conventionnelle mais ne comporte aucune obligation pour les parties.

Ce multilatéralisme donne l'illusion d'une réglementation internationale de portée générale, mais ne peut cacher les désaccords profonds entre États. Il ne remédie en aucune façon à l'insécurité collective qui peut résulter des catastrophes liées au changement climatique, à la prolifération

nucléaire, à des migrations anarchiques. Cette érosion profonde correspond, pour une part, à des raisons techniques, aux insuffisances des conventions multilatérales et, pour une autre part, à la politique juridique américaine qui a marqué depuis plusieurs décennies sa préférence pour l'unilatéralisme.

Faiblesses techniques. Le multilatéralisme peut comporter des rigidités qui le placent en porte-à-faux, devenir générateur d'insécurité, inadapté à l'évolution des relations internationales. La technique conventionnelle fixe les règles à un moment donné, dans un contexte particulier, entre des États qui ont des intérêts divers. Contexte et intérêts évoluent au fil du temps, mais pas les règles. Il est pourtant très difficile en pratique de modifier les traités, surtout multilatéraux. Ils risquent alors de perdre leurs avantages en matière de sécurité.

Le TNP en fournit un exemple éclairant. Il repose sur la distinction entre cinq puissances nucléaires officielles et des pays non dotés. Or, plusieurs États sont, officiellement ou non, devenus nucléaires depuis lors, et se trouvent à la fois hors TNP et pas en mesure d'y adhérer, puisque leur participation supposerait ou qu'ils renoncent à ces armes ou que l'on modifie le traité, ce qui est exclu.

Évolution des équilibres politiques. Sans nécessairement conduire à rejeter les instruments multilatéraux, ceux-ci perdent de leur intérêt et se trouvent marginalisés. Pour la Charte des Nations Unies, c'est la composition du Conseil de sécurité qui pose question. Quant aux traités fondés sur l'entente américano-soviétique de la période Est-Ouest, ils ne répondent plus nécessairement à l'état présent des relations internationales.

Il en est de même pour le multilatéralisme d'origine américaine. La montée en puissance de la Chine lui permet de contester les institutions financières internationales, et l'OMC semble aujourd'hui inadaptée à l'état des échanges commerciaux internationaux. La Chine pourrait tenter de développer son propre multilatéralisme, par exemple avec la réalisation des routes de la soie, mais il ne serait pas en toute hypothèse à vocation universelle. Pékin semble pour l'instant préférer accroître son influence dans les institutions multilatérales auxquelles il participe.

Quant à l'Union européenne, qui réaffirme régulièrement son intérêt pour le multilatéralisme, celui qu'elle promeut est, on l'a vu, de faible qualité, et elle n'est pas en mesure de faire mieux faute de leadership.

Du multilatéralisme à l'unilatéralisme

Le multilatéralisme suppose qu'existe en son sein un leadership, c'est-à-dire un État ou un groupe d'États pilotes qui prennent l'initiative des négociations et se chargent de les mener à bien, puis d'être les garants de la mise en application régulière des engagements pris. Ce rôle a été, suivant les cas et les périodes, on l'a vu, celui du couple américano-soviétique, puis des pays du tiers-monde, puis des États-Unis seuls, puis des pays européens.

Le leadership international des États-Unis est très inégal, ce qui explique les formes éphémères du multilatéralisme dès lors que les États-Unis, spécialement, refusent de s'engager, voire combattent les traités en cause, comme pour le Statut de Rome instituant la CPI. Les États-Unis ont cessé de soutenir le multilatéralisme dès lors qu'il ne convenait plus à leurs intérêts.

C'est ainsi que, dès 1971, ils ont dénoncé les accords de Bretton Woods dont ils étaient à l'origine en supprimant la convertibilité du dollar en or, détruisant le système monétaire international. Ils en ont tiré grand profit, le dollar devenant monnaie internationale hégémonique tout en demeurant monnaie nationale.

L'unilatéralisme est contagieux.

Plus largement, la philosophie même du multilatéralisme est remise en cause. Cette philosophie est préventive et solidaire. Elle implique que les parties s'accordent pour se soumettre collectivement à des règles communes, réduisant ainsi leurs options futures. Dans la mesure où tous les États font de

même, la somme des contraintes est équilibrée. Il en résulte un avantage coopératif dont tous bénéficient.

Mais les États-Unis tendent à considérer cette formule comme contraignante, bureaucratique, coûteuse, à l'efficacité incertaine. Les traités comporteraient trop d'obligations à leur encontre, trop peu de garanties de respect par les autres, alors que leur liberté d'action unilatérale leur procurerait des bénéfices plus importants.

En d'autres termes, à une logique préventive, coopérative, solidaire, ils substituent une logique libérale, unilatérale et répressive – répressive, puisqu'ils se réservent le droit de prendre des sanctions à l'encontre des États qui leur déplaisent.

L'unilatéralisme est contagieux, et nombre d'États, bon gré mal gré, sont conduits à imiter les États-Unis, ne serait-ce que pour se prémunir contre leurs décisions ou réagir contre celles qui leur portent préjudice. On accroît ainsi l'insécurité collective.

Le multilatéralisme est-il pour autant condamné ? Nullement, car il subsiste un socle important qui reste la base des relations internationales, autour de la Charte de l'ONU et de ses institutions spécialisées, mais aussi des grandes conventions de codification du droit international adoptées dans son cadre. S'il est aujourd'hui indiscutablement en recul, il demeure néanmoins un outil qui peut être remis au travail à tout moment. Son déclin n'est pas l'origine du désordre international, il en est plutôt une conséquence.

En revanche, le multilatéralisme peut être un remède. Des formules alternatives comme le G20 en maintiennent la virtualité. Une Union européenne plus cohérente et s'accordant sur une politique extérieure commune aurait toute capacité de promouvoir un nouveau multilatéralisme autre que de façade.

Serge SUR

Serge Sur est professeur à l'Université Panthéon-Assas (Paris II) où il est responsable du DEA Relations internationales et du DESS Administration internationale. Directeur du centre Thucydide - Analyse et recherche en relations internationales, il dirige également l'Annuaire français de relations internationales. Agrégé des facultés de droit, il a été successivement professeur aux Universités de Rennes I (1977-1981) et de Paris X - Nanterre (1981-1989). Il a occupé entre 1986 et 1996 les fonctions de directeur adjoint de l'UNIDIR (Institut des Nations Unies pour la recherche sur le désarmement) à Genève, et a accompli de nombreuses missions d'enseignement et de recherche à l'étranger.

Serge Sur est rédacteur en chef de Questions internationales.