Recueil de données sur les fausses solutions climatiques

Les Amis de la Terre International

Partie 2

08 / 2024

mobiliser
résister
transformer

La fédération internationale des Amis de la Terre est le plus grand réseau environnemental du monde, réunissant 73 groupes membres nationaux et des millions d'adhérents et de sympathisants répartis sur toute la planète.

Notre vision est celle d'un monde pacifique et durable basé sur des sociétés vivant en harmonie avec la nature. Nous envisageons une société de personnes interdépendantes vivant dans la dignité, l'intégrité et l'épanouissement, dans laquelle l'équité et les droits humains et des peuples sont réalisés. Ce sera une société fondée sur la souveraineté et la participation des peuples. Elle sera fondée sur la justice sociale, économique, environnementale et de genre, et sera exempte de toute forme de domination et d'exploitation comme le néolibéralisme, la mondialisation des entreprises, le néocolonialisme et le militarisme.

Nous croyons que l'avenir de nos enfants sera meilleur grâce aux actions que nous menons.

Autrice principale : Lise Masson. **Contributions :** Sara Shaw, Ghislaine Fandel. **Image de couverture :** Image de l'Action contre les fausses solutions lors de l'intersession de Bonn, 2023. © La fédération internationale des Amis de la Terre. **Design :** Zelda Mauger. **Traduction :** Grégoire Seither pour le français.

La reproduction ou la diffusion, en tout ou en partie, de toute information contenue dans la publication est autorisée à des fins éducatives ou non commerciales, à condition que le titre de la publication, l'année de publication et les détenteurs des droits d'auteur de la publication soient mentionnés. Publié par : Les Amis de la Terre International. Tous droits réservés. Copyright © 2023, Les Amis de la Terre International, Amsterdam, Pays-Bas - Licence Creative Commons - Attribution-NonCommercial-Share Alike 3.0 Netherlands.

Sommaire

Introduction 4

01 Géo-ingéniérie 6

Captage (utilisation) et stockage du carbone 8

Afrique 9
Asie/Pacifique 9
Europe 11
Amérique du Nord 12

Bio-énergie avec piégeage et stockage de carbone 14

Asie/Pacifique 15
Europe 15
Amérique du Nord 15

Captage direct dans l'air (et stockage du carbone) 16

Afrique 16
Asie/Pacifique 16
Europe 17
Amérique Latine 17
Amérique du Nord 17

Gestion ou modification du rayonnement solaire 18

› Injection d'aérosols stratosphériques (SAI) 19

Amérique du Nord 19
Europe 20
Amérique Latine 20

› Éclaircissement des nuages marins 22

› Amincissement des Cirrus 23

› Modification de l'albédo de surface 23

Géo-ingéniérie marine 24

› Amélioration de l'alcalinité de l'océan 25

› Culture de macroalgues et autres biomasses pour le piégeage du CO_2 27

Glossaire 30

Notes 32

Journée globale d'action pour la justice climatique. 100 000 personnes ont rejoint la marche pour le climat à Glasgow lors de la COP26. © **Hanae Takahashi / Les Amis de la Terre Japon**

Introduction

Ce recueil de données est une collection d'articles, d'enquêtes et de rapports qui documentent les impacts des fausses solutions climatiques sur les communautés et les écosystèmes à travers le monde. Les Amis de la Terre International ont rassemblé ces preuves et témoignages pour servir d'outil dans les campagnes, dans les initiatives de plaidoyer et de communication afin de résister à la promotion croissante des fausses solutions climatiques et de montrer leur incapacité à résoudre véritablement la crise climatique.

En 2023, nous avons publié la première partie de ce recueil de données probantes, axée sur les impacts désastreux des soi-disantes « solutions basées sur la nature ». Dans cette deuxième partie, nous explorons et documentons les impacts négatifs et les menaces grandissantes que représentent les technologies et les processus de géo-ingénierie.

Ce travail n'aurait pas été possible sans les données cruciales, disponibles sur le site web du Geoengineering Monitor Map, compilé par ETC Group et la Fondation Heinrich Boell et qui présente une cartographie interactive sur la géo-ingénierie, à l'échelle mondiale. Nous sommes reconnaissants de son existence et invitons les lecteurs à consulter les cartes interactives pour plus d'informations.

Note : certaines des sources et des enquêtes de ce recueil de données probantes ne sont à l'heure actuelle disponibles qu'en anglais. Dans la mesure du possible, nous avons tenté de partager des versions ou des récits connexes et similaires dans d'autres langues tout au long de ce document. En outre, veuillez noter que toutes les ressources ou publications incluses ici ne reflètent pas nécessairement les positions des Amis de la Terre International, mais qu'elles ont été incluses parce qu'elles contiennent des informations utiles pour l'objectif de ce document.

Manifestation à St. Ives pour protéger la baie de l'augmentation de l'alcalinité des océans.
© KOSCF

Géo-ingéniérie

01

Le Captage du dioxyde de carbone (CDR) est le sujet à la mode de cette décennie, présenté par l'industrie fossile et les partisans du marché du carbone comme étant la solution magique qui permettra aux grands pollueurs de poursuivre leurs activités habituelles comme si de rien n'était, tout en continuant à détruire nos communautés et notre climat pour leur seul profit.

Le Captage du dioxyde de carbone, ou « absorption/élimination du CO_2 », désigne à l'origine des processus naturels, par exemple lorsque les plantes absorbent le carbone de l'atmosphère. Ces dernières années, le terme a été largement repris et détourné de son sens original par les milieux de la politique climatique et dans les modèles climatiques s'appuyant fortement sur ces processus qui incluent à la fois des soi-disantes « solutions basées sur la nature » et des rustines technologiques telles que la géo-ingénierie.

Le problème est que les captages sont par nature difficiles à mesurer : ils sont impermanents et incertains s'ils sont « basés sur la nature » et ils sont non prouvés, risqués et dangereux s'ils sont basés sur des solutions technologiques. En outre, les impacts prévisionnels sur les systèmes humains et environnementaux ne sont pas acceptables. Tous les projets de captation de carbone comportent des risques importants pour les populations qui vivent sur les terres susceptibles d'être accaparées pour des projets de séquestration à grande échelle.[1]

La géo-ingénierie fait référence aux manipulations ou interventions délibérées et à grande échelle sur les systèmes climatiques de la Terre dans le but de capter et de stocker le carbone de l'atmosphère, d'augmenter la capacité des écosystèmes à absorber le carbone ou de réduire la quantité de lumière solaire entrante. Elle englobe un large éventail de pratiques et de processus qui sont tous risqués, non prouvés, coûteux et dangereux. Les processus de géo-ingénierie représentent également une distraction dangereuse par rapport aux réductions urgentes et drastiques des émissions qui sont nécessaires pour faire face à la crise climatique, car leur intention est, en premier lieu, de permettre la continuation de l'économie actuelle, basée sur les combustibles fossiles, qui a constamment fait des ravages dans nos communautés et dans la nature.[2]

"La géo-ingénierie, que ce soit sur terre, dans les océans ou dans l'atmosphère, expose les écosystèmes, la biodiversité et les communautés humaines à des risques d'impacts et d'effets secondaires potentiellement dévastateurs. Nous refusons tout renforcement des économies basées sur les combustibles fossiles. Nous rejetons la géoingénierie comme étant rien d'autre qu'une tentative de maintenir un statu quo qui a échoué et de détourner l'attention des indispensables réductions d'émissions et des vraies solutions à la crise climatique.»[3]

Hands Off Mother Earth

En raison des risques inhérents aux processus de géo-ingénierie, la « Convention des Nations Unies sur la diversité biologique » (CBD) a établi un moratoire sur ces pratiques, et la « Convention et le Protocole de Londres sur la prévention de la pollution marine » ont adopté des interdictions *de facto* sur les processus de géoingénierie marine.

Les processus de géo-ingénierie peuvent être classés de différentes manières. Ici, nous mettrons en évidence des exemples de ces rustines technologiques dans les catégories suivantes:

- Captage (utilisation) et stockage du carbone (CCS/CCUS)[4]
- Bioénergie et piégeage et stockage du carbone (BECCS)[5]
- Captage direct dans l'air (et stockage du carbone) (DAC/DACCS)
- Gestion du rayonnement solaire
- Géo-ingénierie marine

D'autres exemples et études de cas sur la géo-ingénierie sont disponibles sur le site web du Geoengineering Monitor map.

Une action initiée par le réseau Otway Climate Emergency Action Network (OCEAN)lors de l'assemblée générale annuelle et du symposium de la CO2CRC (Conférence sur le captage et le stockage du carbone) à Torquay. © Matt Hrkac

Captage (utilisation) et stockage du carbone

Le Captage et Stockage du carbone (CCS) et le captage, l'utilisation et le stockage du carbone (CCUS) reposent sur l'idée - non prouvée - que les émissions de CO_2 peuvent être, d'une manière ou d'une autre, stockées dans le sous-sol ou réutilisées une fois qu'elles ont été captées dans l'atmosphère. Le processus consisterait à capter le CO_2, à le comprimer sous forme liquide pour le transporter et le stocker sous terre dans des formations géologiques ou l'utiliser dans d'autres moyens de production (comme la « Récupération assistée du pétrole » (RAP - *Enhanced Oil Recovery*), un processus impliquant l'injection de CO_2 dans les réservoirs de pétrole presque épuisés pour extraire les gisements restants ou pour extraire des gisements autrement inaccessibles).

Différentes méthodes sont proposées pour capter le CO_2, notamment la technologie DACCS (voir ci-dessous) et la technologie de postcombustion qui vise à capter le CO_2 des gaz d'échappement après les processus de combustion. Ces procédés sont très énergivores et coûteux, ce qui les rend inefficaces et perpétuent l'économie fossile responsable des impacts climatiques qui ravagent les communautés et l'environnement. Les procédés CSC/CCUS comportent également de graves risques environnementaux et sociaux, notamment le risque élevé de fuite de CO_2 hautement concentré, qui est extrêmement toxique et pourrait entraîner la pollution des aquifères ou accroître l'acidification des océans.

Pour plus d'informations, reportez vous à la fiche technique du site Geoengineering Map update on Carbon Capture Use and Storage.

Afrique

Un projet de captage du carbone annoncé en Afrique du Sud

Source (en anglais) :

- *South Africa aims to bring pilot carbon capture project online in 2023*, Reuters, août 2021.

Cet article dévoile les plans de l'Afrique du Sud pour développer un projet de CSC ciblant les zones de fortes émissions dans la province de Mpumalanga, où se trouvent les centrales électriques d'Eksom et l'usine de combustible charbon-liquide de l'entreprise Sasol - la plus grande usine énergétique au monde, qui émet 470 millions de tonnes de CO_2 par an. Au moment de notre enquête, le projet était soutenu par la Banque mondiale via une subvention de 23 millions de dollars et était censé démarrer en 2023. Toutefois, un rapport ultérieur du South African National Energy Development Institute (Institut national sud-africain pour le développement de l'énergie) (article en anglais) indique que le projet pilote mis en œuvre par le Council for Geosciences (CGS) aura pour objectif de commencer les injections en 2024. Il révèle également que le projet pilote vise à stocker 10 000 tonnes de CO_2 sur le site. Le financement de plusieurs projets dommageables par la Banque mondiale à travers l'Afrique du Sud a suscité la résistance de plusieurs groupes dans le pays.

Dans un autre article (en anglais), l'entreprise Sasol a elle-même remis en question la viabilité économique du CCS pour ses opérations, ajoutant que la « connaissance limitée de la structure géologique du continent sud-africain » constituait un obstacle à la faisabilité du CCS. L'entreprise a néanmoins déclaré qu'elle collaborerait avec le Conseil CGS sur le site de Mpumalanga, afin de l'aider à évaluer la faisabilité technique du CCS. En avril 2024, un troisième article (en anglais) a révélé que le projet s'était achevé en février de la même année et que des rapports étaient en cours de compilation avant que le projet ne passe à l'étape suivante.

Asie/Pacifique

Captage et stockage du carbone au Japon

Sources (en anglais) :

- *Japan Bets on Carbon Capture and Storage Technology*, The Diplomat, février 2024.
- *Japan, Oil Majors Tout CCS Tomakomai Project as Flagship of Asia's Energy Future*, DeSmog, juin 2024.

Le premier article révèle que le gouvernement japonais a pris des décisions en février 2024 pour subventionner les industries et les technologies de l'hydrogène et du CSC[6]. Il indique que le projet de loi CCS Activity Bill qui vient d'être adopté[7] facilitera la mise en œuvre des entreprises CCS d'ici 2030 grâce à de nouveaux systèmes de permis. En juin 2023, le gouvernement japonais avait déjà sélectionné sept projets CCS (article en anglais) qu'il envisage de soutenir jusqu'à la commercialisation afin d'atteindre les engagements en capacité de stockage de 6 à 12 millions de tonnes de CO_2 par an d'ici à 2030. Parmi les projets figurent cinq projets nationaux, un projet en Malaisie et un projet dans la région de l'Océanie.

D'autres sources (article en anglais) ont révélé que « *au moins 15 accords ont été signés par des entités gouvernementales et des entreprises japonaises en vue d'étudier la faisabilité de l'exportation de CO_2 destiné à être stocké en Indonésie, en Malaisie, en Australie et dans d'autres pays non spécifiés de la région* » et ont dénoncé (article en anglais) que cette stratégie constitue une distraction dangereuse par rapport aux indispensables réductions drastiques et urgentes des émissions de gaz à effet de serre.

L'article révèle en outre qu'une partie de la stratégie CCS promue par le gouvernement japonais est destinée à alimenter la frénésie de l'hydrogène bleu poursuivie par le gouvernement. Il souligne que la technologie CCS n'a pas fait ses preuves, car le CO_2 peut s'échapper lors du processus de CCS, ce qui a conduit le gouvernement de l'État australien de Victoria à rejeter le projet japonais d'hydrogène bleu géré par l'entreprise Suiso Frontier.

Un autre article du site web DeSmog (article en anglais) se penche plus particulièrement sur le projet CCS de Tomakomai, présenté par le gouvernement japonais comme étant un projet modèle pour l'Asie et

le monde entier, prétendant qu'il aurait déjà permis de capter 300 000 tonnes de CO_2 entre 2016 et 2019, qui seront stockées dans un lit rocheux sous-marin. L'article fait état des inquiétudes suscitées par l'essor des projets CCS en Asie, de la Chine à l'Indonésie, en passant par l'Inde et la Malaisie, qui craignent que cette technologie n'entraîne des problèmes technologiques et financiers et ne comporte des risques pour le climat en détournant l'attention des indispensables réductions d'émissions urgentes et réelles qui s'imposent.

L'article se penche également sur la multitude de projets CCS qui font partie de la stratégie 2023 du gouvernement japonais et note que tous les projets qui en font partie sont prévus à très large échelle. Il souligne que des inquiétudes subsistent quant aux processus de transport liés à ces projets, car l'infrastructure nécessaire - qu'il s'agisse de pipelines ou de navires - n'existe pas encore ou sera difficile à mettre en œuvre.

L'article met une fois de plus en évidence la longue histoire de l'incapacité du CCS à tenir ses promesses, son inefficacité, ses coûts disproportionnés et son inadéquation à la lutte contre la crise climatique. Il montre que le projet phare de Tomakomai, au Japon, ne fait pas exception à la règle, puisqu'il s'inscrit dans le prolongement d'un « plan à faible émission de carbone » similaire et datant de 2008, qui prévoyait des coûts dix fois moins élevés qu'ils ne l'étaient en réalité à l'horizon 2020.

Un projet de captage du carbone échoue à tenir ses promesses aux Émirats Arabes Unis

Source (en anglais) :

- *Carbon capture is in the climate deal. But the UAE's only plant traps just 28% of emissions*, E&E News, décembre 2023.

Cet article souligne que si les résultats de la COP28 à Dubaï (EAU) ont largement fait la promotion du CCS et d'autres technologies d'émissions négatives en tant que solutions climatiques, l'échec des projets dans la région montre les risques qu'il y a à s'appuyer sur ces technologies non concluantes. En 2016, la société émiratie ADNOC a lancé le projet de CCS d'Al Reyadah sur son site d'Abu Dhabi Steel, visant à capter jusqu'à 800 000 tonnes de CO_2 par an. Cependant, comme le montre l'article, le projet n'a fait qu'éviter la fuite dans l'atmosphère de moins d'un tiers des émissions de l'usine en 2022. Une analyse de l'ONG « Oil Change International »[8] révèle que la centrale CCS est en fait conçue pour ne capter qu'environ 17 % des émissions totales de CO_2 de l'aciérie à pleine capacité. Elle montre en outre que ces estimations pourraient être trop optimistes si l'on tient compte des émissions parasites du processus ainsi que des émissions supplémentaires résultant des techniques de la Récupération assistée des hydrocarbures (RAP ou EOR en anglais) avec le CO_2 capté.

L'échec du captage du carbone par Chevron en Australie

Source (en anglais) :

- *Gas giant Chevron falls further behind on carbon capture targets for Gorgon gasfield*, The Guardian, juillet 2022.

Cet article rapporte l'échec du projet « Gorgon CCS », propriété de Chevron, en Australie occidentale, à atteindre ses objectifs en matière de captage du carbone. Le projet est censé pouvoir stocker jusqu'à 4 millions de tonnes de CO_2 injectés chaque année à partir de réservoirs de gaz *offshore* dans une formation géologique située en profondeur sous l'île de Barrow. Le projet est légalement tenu de capter 80 % de ses émissions. Pourtant, l'article rapporte que Chevron a du acheter et ceder 5,23 mégatonnes de compensations CO_2 pour compenser le fait qu'elle n'a pas atteint son objectif pour 2021.

L'article souligne également que le projet phare australien de 3 milliards de dollars a été entaché de problèmes techniques dès le début, l'injection de CO_2 ayant commencé trois ans plus tard que prévu dans les contrats avec les autorités. L'installation n'a pas donné les résultats escomptés depuis lors. Une étude de l'IEEFA a également révélé que le projet n'avait pas atteint ses objectifs de stockage et d'émission d'environ 50 % au cours de ses cinq premières années d'exploitation.[9]

L'article fait également état de préoccupations concernant le modèle en soi adopté par Chevron et de nombreux autres, et autorisé par le gouvernement australien, selon lequel les projets compensatoires de carbone sont autorisés à ne pas respecter les contrats gouvernementaux, ce qui entraîne une baisse des unités de crédit carbone australiennes (*Australian Carbon Credit Units - ACCU*) dont bénéficient ensuite les acheteurs de ces crédits, comme Chevron.

Europe

Une cimenterie « zéro émission nette » en Belgique

Source (en anglais) :

- *Holcim To Invest €500 Million In New Plant For Net Zero Cement*, Carbon Herald, mai 2024.

Cet article révèle que le groupe Holcim, le plus grand producteur mondial de ciment et de matériaux de construction, a commencé la construction de sa nouvelle usine GO4ZERO en Belgique, visant à fabriquer du ciment dit à zéro émission nette. Selon l'article, l'entreprise investira 500 millions d'euros dans le projet, en vue de fabriquer 2 millions de tonnes de ciment par an d'ici 2029. L'une des phases du projet prévoit de capter le CO_2 et de le stocker sous terre dans la mer du Nord. Le projet a également bénéficié d'un financement de 230 millions d'euros du « Fonds européen pour l'innovation » financé par le Système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne.

En 2023, Holcim a également conclu un partenariat et investi (article en anglais) avec l'entreprise Neustark pour déployer sa technologie CCS dans le monde entier. Avec ce partenariat, Holcim entend contribuer de manière significative à l'objectif de Neustark de capter 1 million de tonnes de CO_2 depuis l'atmosphère en 2030. En mai 2023, Holcim a commencé à exploiter une installation de stockage mobile construite par Neustark sur son site d'Oberdorf en Suisse. En janvier 2024, Geoengineering Monitor (article en anglais) s'est penché sur l'Analyse du Cycle de vie (ACV) du processus CCUS de Neustark et a constaté qu'il pourrait entraîner une augmentation des émissions de CO_2, au lieu des émissions négatives promises. L'article a constaté que l'ACV n'a pas pris en compte les émissions GES du processus de captage du CO_2, qui est très énergivore, qu'elle a sous-estimé les émissions liées au transport et qu'elle n'a pas correctement pris en compte l'énergie nécessaire au concassage du béton démoli. L'article a également soulevé des incertitudes additionnelles qui subsistent dans l'analyse.

CCS : une bouée de sauvetage pour les entreprises du secteur des combustibles fossiles au Royaume-Uni

Source (en anglais) :

- *Will The UK's Flagship Climate 'Solution' Be Used to Pump More North Sea Oil?*, DeSmog, mars 2024.

Cet article traite des projets du gouvernement britannique qui vont de pair avec les projets des entreprises de combustibles fossiles telles que Shell, Exxon et BP en matière de captage et de stockage du CO_2 dans les centrales électriques et les sites industriels de la mer du Nord. Elle révèle que ces projets pourraient impliquer une technique appelée Récupération assistée des hydrocarbures (RAP), qui serait utilisée pour extraire encore davantage de pétrole de la mer du Nord et prolonger la durée de vie de cette industrie controversée, sous le couvert du captage du carbone.

En analysant la stratégie britannique en matière de CCS, l'article montre que plusieurs projets ont été approuvés en Angleterre et en Écosse, notamment le projet « Acorn », propriété de Shell, qui vise à injecter chaque année jusqu'à cinq millions de tonnes de CO_2 capté au terminal gazier de St Fergus dans des champs de pétrole et de gaz partiellement épuisés, situés à plus de 100 kilomètres au large des côtes. Le projet Viking, en Angleterre, vise également à capter et à transporter par pipeline environ 10 millions de tonnes de CO_2 par an depuis la région de Humber, où opère le complexe énergétique Drax, de combustion de la biomasse, pour les stocker dans les champs de gaz Viking du sud de la mer du Nord.

Outre les préoccupations relatives à l'utilisation du carbone capté et à l'éventualité d'une intensification de l'extractivisme par le biais de l'EOR, l'article souligne également que malgré les tentatives du gouvernement britannique de mettre en œuvre le CCS depuis 2003, aucune capacité de captage du carbone n'a été construite avec succès jusqu'à présent. Il montre que les coûts disproportionnés d'une telle infrastructure ont conduit à l'annulation de nombreux projets. L'industrie du CCS, notamment les projets « Scottish Carbon Capture and Storage » et « Shell Energy Research Partnership », a donc encouragé la mise en œuvre de la RAP afin de rendre les projets CCS économiquement viables à travers à la poursuite de l'économie extractive en mer du Nord.

L'article montre que malgré les déclarations des géants pétroliers Shell, BP, Equinor et d'autres qui nient avoir l'intention d'utiliser la RAP, les liens sont étroits entre l'industrie pétrolière en Mer du Nord et les projets CCS au Royaume-Uni, ainsi que la forte promotion de la technique par les entreprises, permettant de douter de leurs véritables intentions.

Projets CCS en cours en Norvège

Sources (en anglais) :

- *Norway's Sleipner and Snøhvit CCS: Industry models or cautionary tales?*, IEEFA, juin 2023.
- *Problems at two CCS "success stories" cast fresh doubt on the technology,* Renew Economy, juin 2023.

Le rapport de l'IEEFA estime que les projets CCS norvégiens Sleipner et Snøhvit jettent un doute sur la faisabilité technique de la séquestration permanente du dioxyde de carbone sous la mer. Les deux projets ont longtemps été considérés comme des preuves de la viabilité du CCS par leurs promoteurs. Les champs offshore sont exploités depuis 1996 et 2008 respectivement, séparant le CO_2 du gaz produit pour ensuite le comprimer, le canaliser et le réinjecter sous terre. Au total, une moyenne de 1,8 million de tonnes métriques par an de CO_2 sont éliminées, accumulant à ce jour 22 millions de tonnes en stockage dans les deux projets.

Malgré de nombreuses études géologiques, en 1999, des quantités de CO_2 s'étaient déjà échappées et accumulées au point d'injection de Sleipner dans une couche superficielle non identifiée antérieurement. Si cette couche n'avait pas été stable géologiquement (un heureux hasard), le CO_2 stocké aurait été libéré dans l'atmosphère.

À Snøhvit, les problèmes ont commencé 18 mois après le début des opérations d'injection, avec des signes aigus de rejet de CO_2, mettant en péril la viabilité de plus de 7 milliards de dollars d'investissements dans le développement du gisement et l'infrastructure de liquéfaction du gaz « naturel », alors que davantage d'investissements sont consacrés à la recherche de solutions de remplacement.

Le rapport précise que ces projets norvégiens apportent la démonstration que que chaque projet de CCS possède des caractéristiques géologiques uniques, que les performances de stockage géologique de chaque site peuvent changer au fil du temps et qu'une surveillance de haute qualité du site ainsi que des mesures d'ingénierie sont des exigences constantes et permanentes. Ces éléments représentent une énorme perte de coûts et de ressources pour les projets de CCS, remettant en question leur viabilité économique, d'autant plus que les deux projets norvégiens sont beaucoup plus petits que la majorité des autres projets de CCS dans le monde.

Le rapport évoque également l'absence de réglementation ou le manque de cohérence de celle-ci d'un pays à l'autre, ce qui expose les communautés et les écosystèmes à des risques accrus.

Un article ultérieur remet en question la viabilité de ces projets et plus largement de la technologie CCS, du point de vue même de leurs gestionnaires. Elle révèle qu'Equinor a décidé de privilégier l'électrification plutôt que la mise en œuvre du CCS dans son usine de GNL de Hammerfest, en raison du prix disproportionné qu'il faut payer pour épargner une tonne de dioxyde de carbone à Melkøya par le biais des technologies de CCS. Cette décision a été approuvée par le gouvernement norvégien en 2023. Le reportage révèle également que l'une des raisons pour lesquelles la solution CCS pourrait ne pas être viable sur Melkøya et sur d'autres projets similaires est due à la concentration de CO_2 dans les gaz de combustion de l'usine. Contrairement à ce qui se passe à Sleipner et Snøhvit, les concentrations de CO_2 dans les gaz de combustion de Melkøya sont très faibles, ce qui signifie que l'entreprise doit extraire le CO_2 par un processus appelé « lavage aux amines ». Ce processus est non seulement extrêmement coûteux - rendant la mise en œuvre du CCS dans ces conditions économiquement non viable - mais il pose également des problèmes de santé.

Enfin, l'article soulève des inquiétudes quant aux projets de terminal CO_2 d'Equinor dans le cadre de son projet « Northern Lights » près d'Oslo, en partenariat avec les géants des énergies fossiles Shell et Total. Le projet vise à fournir aux entreprises européennes une opportunité de stockage de CO_2 sous la mer du Nord. Mais l'article soulève une question évidente : pourquoi Equinor continuerait-elle à favoriser le projet si elle-même ne croit plus à la viabilité de la technologie CCS ?

Amérique du Nord

Fuites dans les pipelines de CO_2 aux États-Unis

Source (en anglais) :

- *The Gassing Of Satartia*, Huffington Post, avril 2021.

Cette enquête porte sur les incidents survenus au cours de l'hiver 2021, lorsqu'une conduite de CO_2 située à proximité de Satartia, dans le Mississippi, aux États-Unis, s'est rompue et a causé l'hospitalisation de dizaines de personnes. Après la rupture du gazoduc, la fuite de CO_2 a englouti la zone voisine et la ville de Satartia dans un nuage de brouillard verdâtre et nauséabond qui a donné la nausée aux gens et provoqué des problèmes respiratoires. L'enquête révèle que le gaz s'est échappé d'un gazoduc de CO_2 percé, exploité par la société Denbury Inc. qui gère un réseau de gazoducs de ce type dans la région de la côte du Golfe du Mexique et utilise le CO_2 issu du CCS dans les processus de Récupération assistée des hydrocarbures (EOR), destinés à extraire davantage de pétrole des gisements épuisés. L'article indique également que des résidents très inquiets ont continué, des mois plus tard, à signaler des troubles mentaux, des dysfonctionnements pulmonaires, une fatigue chronique et des troubles gastriques.

L'enquête se penche sur les risques plus larges liés à l'extension du réseau de pipelines de CO_2 pour l'industrie du CCS, l'ensemble des activités de Denbury Inc. reposant sur la RAP dans les champs pétrolifères du Mississippi. Il fait ressortir les inquiétudes liées aux propriétés asphyxiantes et intoxicantes du CO_2 et évoque d'autres incidents associés au CCS et à la RAP. L'un d'entre eux est une éruption de CO_2 survenue en 2011 dans le cadre du projet Tinsley, propriété de Denbury, où le CO_2 injecté a rejailli du sol, blessant un travailleur et décimant la faune et la flore de la région.

Malgré ces risques, le reportage fait état de plans d'expansion massive de l'industrie du CCS avec le soutien du gouvernement fédéral pour faire émerger l'énorme réseau de pipelines nécessaire au développement de cette industrie.

Annulation d'un projet de CCS au Canada

Source (en anglais) :

- *Cancelled Canadian CCS Project Deemed 'Not Economically Feasible'*, DeSmog, mai 2024.

Cet article relate l'annulation du projet de CCS de la centrale électrique Genesee de l'entreprise « Capital Power Generation ». Ce projet de 2,4 milliards de dollars visait à capter 3 millions de tonnes d'émissions de CO_2 provenant de la centrale électrique située dans l'Alberta, au Canada. La société « Capital Power Generation » a déclaré que le projet était « techniquement viable mais pas économiquement faisable », mais l'article constate que l'entreprise attendait en fait des fonds publics additionnels à investir dans le projet et n'était pas parvenue à un accord avec le gouvernement pour assurer la certitude de ces fonds publics. L'article aborde également l'échec du projet CCS de la centrale au charbon de Boundary Dam, propriété de l'entreprise « SaskPower ». Ce projet, qui a couru sur une période de 9 ans et coûté 1 milliard de dollars, n'a jamais atteint le taux de captage de 90 % qui avait été promis et sa performance s'est avérée inférieure à 60 % à la fin de l'année 2023. L'article note également que tout le carbone capturé par le projet CCS a ensuite été utilisé pour la Récupération assistée des hydrocarbures (RAP), entraînant une plus grande extraction de pétrole et annulant par conséquent tous les avantages prétendus du captage du carbone.

Un article ultérieur révèle que cette tendance ne se limite pas à quelques projets, puisqu'il rapporte les conclusions d'un rapport commandé par le gouvernement de l'Alberta dans le cadre d'un projet de plafonnement des émissions. Selon ce rapport, il est peu probable que les entreprises canadiennes aient recours au CCS pour se conformer à ce plafond, car « la réduction de la production serait une option plus rentable que l'investissement dans le CCS ». Malgré d'importants investissements dans le CCS de la part de l'industrie pétrolière et gazière au Canada - l'industrie des sables bitumineux proposant par exemple un réseau de CCS massif de 16,5 milliards de dollars pour le nord de l'Alberta - le rapport souligne que la technologie est, dans de nombreux cas, « économiquement non viable », étant donné que même ce dernier projet ci-dessus a besoin d'un financement gouvernemental pour obtenir le feu vert de la part des financeurs.

Récolte de céréales dans un champ d'agriculture intensive.
© Unsplash / Getty Images

Bioénergies avec piégeage et stockage de carbone

La technologie de Bioénergie avec piégeage et stockage de carbone ou BECCS (*Bioenergy and Carbon Capture and Storage*) consiste à brûler de la biomasse pour fabriquer de l'énergie, tandis que le CO_2 libéré est, d'une manière ou d'une autre, capté et stocké sous terre.

La technologie BECCS est une distraction pleine de risques, non prouvée, coûteuse et dangereuse par rapport aux indispensables réductions drastiques des émissions qui sont nécessaires pour prévenir un changement climatique catastrophique. Pourtant, l'industrie des combustibles fossiles s'est empressée de la présenter comme étant la solution magique tant attendue, simplement parce que cela lui permettrait de continuer à tirer profit de la destruction de nos communautés et de nos écosystèmes. La technologie BECCS a également des répercussions sociales et écologiques inimaginables, car la quantité de biomasse nécessaire à son déploiement à grande échelle créerait inévitablement une concurrence foncière entre les producteurs de denrées alimentaires, dans la mesure où de plus en plus de terres agricoles seraient accaparées pour la production de biomasse, ce qui menacerait la souveraineté alimentaire dans le monde entier.

Cf. le rapport des Amis de la Terre : *Un saut dans l'inconnu : Les dangers des bioénergies avec piégeage et stockage du carbone (BECCS)* pour plus d'information sur BECCS.

Asie/Pacifique

La technologie BECCS nécessite d'importantes importations au Japon

Source (en anglais) :

- *Delay, Distract and Deceive: BECCS Developments in South America, Africa and Asia*, Global Forest Coalition, décembre 2023.

L'ONG Global Forest Coalition et ses partenaires se penchent sur le développement de la technologie BECCS en Asie, et notamment au Japon avec l'usine pilote de Mikawa. Le Japon fait la promotion du CCS et élabore une feuille de route pour soutenir le déploiement commercial de cette technologie. Parmi les installations CCS du Japon, l'usine de démonstration de la technologie BECCS de Mikawa bénéficie de subventions publiques. La centrale de Mikawa est exploitée par la société SIGMA POWER Ariake Corporation, une filiale de Toshiba ESS, et ce depuis 2020, date de sa mise en service. Elle brûle de la biomasse (essentiellement des coques de palmiste) et du charbon. L'article révèle que les coques de palmiste (PKS) utilisées à la centrale de Mikawa sont largement importées au Japon, avec environ 2,5 millions de tonnes de PKS et d'autres résidus de palmiste importés pour la seule année 2019, dont 70 % en provenance d'Indonésie et 30 % de Malaisie. Il dévoile que le boom de ces importations au Japon a engendré des « impacts environnementaux, politiques et sociaux dévastateurs en Asie du Sud-Est », participant à la destruction des forêts en Indonésie et en Malaisie, et conduisant à des violations des droits humains, y compris des violations des droits des Autochtones et des droits du travail dans ces plantations.

Europe

BECCS en Grande-Bretagne

Source (en anglais) :

- *Drax gets go-ahead for carbon capture project at estimated £40bn cost to bill-payers*, The Guardian, janvier 2024.

Cet article rapporte que la société énergétique Drax a reçu le feu vert du gouvernement britannique pour un projet de technologie BECCS visant à intégrer la technologie CCS dans sa centrale électrique à bois. L'article indique que le projet pourrait coûter aux contribuables environ 1,7 milliard de livres sterling par an, soit plus de 40 milliards de livres sterling au total, ce qui en ferait l'un des projets énergétiques les plus coûteux au monde. Il souligne que la plus grande centrale électrique de Grande-Bretagne a déjà bénéficié de plusieurs milliards de livres de subventions au cours des douze dernières années, ce qui a entraîné une augmentation de 84 % de ses bénéfices annuels en 2022, alors que les factures d'énergie ont grimpé en flèche pour le public dans le pays.

Bien que l'entreprise ait fait des déclarations ambitieuses sur le potentiel de neutralité carbone, voire d'émissions négatives, de son projet BECCS, elle a été critiquée à plusieurs reprises par des scientifiques, des experts et des militants de la protection du climat. En 2022 par exemple, une enquête (article en anglais) a révélé que certains des granulés de bois importés par Drax provenaient de la coupe rase de forêts primaires et anciennes en Colombie-Britannique, ce qui a eu des répercussions importantes et irréversibles sur la biodiversité. En mars 2024, il a également été révélé (article en anglais) qu'une partie des granulés de Drax provenait d'une réserve naturelle au Portugal.

À noter que l'ONG Biofuel Watch poursuit le gouvernement britannique en justice (article en anglais) pour sa décision d'autoriser le projet de technologie BECCS de la société Drax, au motif qu'il n'a pas évalué ou pris en compte les effets nocifs probables sur l'environnement.

Amérique du Nord

La transformation du maïs en éthanol et la technologie BECCS aux États-Unis

Source (en anglais) :

- *Carbon Capture: Billions of Federal Dollars Poured Into Failure*, Food and Water Watch, septembre 2022.

Cette enquête porte notamment sur le projet industriel CCS de la société Archer Daniels Midland (ADM) dans l'Illinois - anciennement projet Decatur - aux États-Unis. Ce projet vise à capter le CO_2 dans l'usine ADM de transformation du maïs en éthanol. Alors que dans sa première itération (2011-2014), le projet a effectué des tests à petite échelle, il a par la suite (à partir de 2017) ajouté une nouvelle installation de captage du CO_2 à l'usine dans le but de capter 1 million de tonnes de CO_2 par an. L'enquête montre que cette dernière itération du projet a reçu 141 millions de dollars de fonds publics du ministère de l'Énergie.

Elle souligne également que, loin d'atteindre ses objectifs de captage du carbone, le projet « ne séquestre que 521 000 tonnes métriques de CO_2 par an, soit environ la moitié de ce que son permis autorise et une mince fraction des 4,4 millions de tonnes métriques d'émissions totales de l'installation qui ont été déclarées ». L'étude de cas remarque également qu'en plus de l'incapacité du projet à atteindre la majorité de ses objectifs de séquestration du CO_2, l'éthanol « a des émissions de cycle de vie jusqu'à 24 % plus élevées que l'essence dérivée des combustibles fossiles », et le processus de captage du CO_2 est très énergivore, ce qui discrédite encore davantage les avantages du projet en matière climatique.

Captage direct dans l'air (et stockage du carbone)

Le procédé de Captage direct dans l'air[10] (Direct Air Capture - DAC, qui devient DACCS quand associé au CCS) utilise des réactions chimiques pour extraire le CO_2 directement de l'atmosphère, en utilisant des substances qui agissent comme un filtre sélectif de CO_2. Les procédés DAC vont de l'utilisation de solvants liquides et de sorbants solides couplés à des ventilateurs et des filtres géants pour améliorer le captage du CO_2 à l'aide de dispositifs de type batterie, ou bien la réduction électrochimique du CO_2 ou encore l'utilisation de sorbants avec des procédés de libération basés sur l'humidité.

Les procédés DAC représentent une nouvelle distraction dangereuse par rapport aux indispensables réductions drastiques et urgentes des émissions qui sont nécessaires pour faire face à la crise climatique. Ces procédés sont également très énergivores et coûteux, et certains d'entre eux nécessitent une utilisation considérable de terres et d'eau. La question de l'élimination ultérieure des énormes quantités de sorbants chimiques utilisés se pose également. La capacité du CO_2 à être stocké efficacement et sans fuite n'a pas non plus été démontrée de manière probante. L'alternative favorisée par l'industrie, qui consiste à utiliser le CO_2 capté pour la Récupération assistée des hydrocarbures, ne fait que favoriser l'économie des combustibles fossiles et la poursuite des destructions de communautés et de l'environnement.

Pour plus d'informations, consultez le rapport de CIEL 'Direct Air Capture - Big Oil's Latest Smokescreen' (en anglais).

Afrique

La « grande vallée du carbone » et le DACCS au Kenya

Source (en anglais) :

- *Kenya gears up for direct air capture push in 'Great Carbon Valley'*, Reuters, novembre 2023.

Les startups Octavia Carbon et Cella Mineral Storage se sont associées dans le cadre du projet Hummingbird, le deuxième plus grand projet pilote de captage direct dans l'air (DAC) au monde. Le projet, qui devrait commencer à fonctionner en 2024 dans la vallée du Rift Est-africain au Kenya a l'intention d'aspirer le carbone directement depuis l'atmosphère avec une centaine de machines DAC, d'injecter le CO_2 compressé et minéralisé dans l'eau, puis de le pomper dans la roche basaltique poreuse de la vallée du Rift. Le projet prétend maximiser l'efficacité de l'eau, mais la recherche[11] a montré que les processus DAC sont très gourmands en eau, ce qui suscite des inquiétudes quant à leur mise en œuvre dans des régions où l'eau est rare, comme le Kenya. L'emplacement du projet a été sélectionné en raison des conditions géologiques de la vallée du Rift et des sources d'énergie géothermique qui alimenteront le projet.

Le projet générera des bénéfices grâce à la vente de crédits carbone, et l'article explique que ces crédits seront vendus à des prix beaucoup plus élevés que ceux générés par les compensations dites « naturelles ». Bien que le projet aille de l'avant et que des crédits de préachat soient déjà mis sur le marché, l'article souligne que « les 1 000 tonnes par an que [le projet Hummingbird] captera lorsqu'il commencera à fonctionner ne sont qu'une minuscule goutte d'eau dans le grand océan de carbone qui continue à se déverser dans l'atmosphère ». En comparaison, l'article indique que les estimations de la quantité de CO_2 devant être extraite de l'atmosphère pour parvenir à ce que l'on appelle la Zéro émission nette se chiffrent en milliards de tonnes chaque année. À noter qu'un article ultérieur indique que Cella est en partenariat avec la société israélienne RepAir pour l'aspect DAC du processus.

Climeworks, qui exploite la seule installation de DAC en fonctionnement au monde, a également signalé son intérêt en 2023 pour le développement d'initiatives DACCS au Kenya.

Asie/Pacifique

Un nouveau projet DAC en Israël qui n'a pas fait ses preuves

Source (en anglais) :

- *Startup capturing carbon from air unveils field prototype*, Israel21c, novembre 2023.

Cet article rapporte que la société israélienne RepAir a dévoilé en novembre 2023 son premier prototype de terrain pour le captage direct dans l'air. Le projet prétend mettre en oeuvre la technologie DAC de manière efficace en termes d'énergie et de coûts, via un nouveau processus électrochimique. Cependant, il semble qu'il n'y ait pas de vérification indépendante du processus, de sa faisabilité ou même de son efficacité. On ne sait pas non plus si le CO_2 serait ensuite utilisé pour renforcer l'économie des combustibles fossiles par des procédés de Récupération assistée des hydrocarbures, ou s'il sera stocké. Malgré ces lacunes un article de 2022 a révélé que RePair avait réussi à boucler un tour de table de 10 millions de dollars de financements pour son projet, avec de grands producteurs pétroliers comme Equinor et Shell parmi les principaux bailleurs de fonds.

Europe

DAC en Islande

Source (en anglais) :

- *The 'world's largest' vacuum to suck climate pollution out of the air just opened. Here's how it works*, CNN, mai 2024.

Cet article présente l'entrée en service de la plus grande installation de DAC au monde en Islande, le projet Mammoth. Celui-ci est géré par Climeworks, qui participe à plusieurs projets DAC dans le monde, y cpmpris le prédécesseur de Mammoth, le projet Orca, également situé en Islande. Climeworks a l'intention d'alimenter l'installation en énergie géothermique et s'est associé à Carbfix pour la partie séquestration de CO_2 du projet, avec l'intention d'injecter le carbone dans le sous-sol.

L'article fait état de préoccupations concernant le DAC et d'autres technologies d'absorption du carbone, car elles sont coûteuses, consomment beaucoup d'énergie et n'ont pas fait leurs preuves à grande échelle.

Selon Climeworks, la capacité d'absorption CO_2 de Mammoth devrait atteindre 36 000 tonnes de CO_2 par an à pleine capacité, bien que l'article indique qu'elle pourrait fonctionner à un coût jusqu'à dix fois supérieur à celui qui est généralement considéré comme financièrement viable.

Alors que des rapports ont émis des doutes quant à la viabilité et à l'efficacité à grande échelle du DAC en tant que technologie, sa très forte consommation d'énergie et d'eau, ainsi que son utilisation de fonds publics, d'autres critiques ont également soulevé des risques environnementaux additionnels liés aux projets de Climeworks et de Carbfix. Enfin, d'autres ont fait part de leurs inquiétudes quant aux risques associés au projet Mammoth pour les écosystèmes marins. Une déclaration de Ocean Care a indiqué que Carbfix étudie la possibilité d'utiliser de l'eau de mer pour le processus de piégeage du carbone, qui nécessite beaucoup d'eau. Ocean Care souligne que le processus aurait des impacts significatifs sur les océans, avec « des effets induits tout au long de la chaîne alimentaire, un impact négatif probable sur les pêcheries et une menace pour la vie marine ». La déclaration souligne des préoccupations additionnelles concernant la pollution sonore liée à la construction de l'oléoduc, les risques sismiques induits par le processus d'injection et les risques environnementaux associés aux inévitables fuites de l'oléoduc.

Amérique Latine

DAC et carburants synthétiques au Chile

Source (en anglais) :

- *HIF Global, Porsche and Volkswagen Group Unveil New Direct Air Capture Unit*, PR Newswire, septembre 2023.

Cet article révèle que le producteur de carburants synthétiques HIF Global s'associe aux grands groupes automobiles Porsche et Volkswagen dans le cadre d'un projet visant à équiper son usine de e-Carburants Haru Oni, au Chili, d'une unité de captage direct dans l'air. L'unité, qui devrait être opérationnelle en 2024, filtrerait

jusqu'à 600 tonnes de CO_2 par an pour être ensuite utilisée en combinaison avec de l'hydrogène dans le processus de production de carburant synthétique.

Amérique du Nord

DAC à propulsion nucléaire aux États-Unis

Source (en anglais) :

- *Northwestern University to lead testing of nuclear-powered direct air capture*, Power Engineering, mai 2024.

Cet article rapporte que l'université Northwestern va diriger un centre de captage direct dans l'air aux États-Unis, bénéficiant d'un financement de 4 millions de dollars accordé par le ministère de l'énergie, et ayant l'intention d'utiliser l'énergie nucléaire pour alimenter ses unités DAC. L'article révèle également que le pôle industriel « Midwest Nuclear DAC Hub » (MINDAC) est l'un des deux seuls centres régionaux de DAC qui bénéficient conjointement d'un investissement de 100 millions de dollars de la part du ministère de l'énergie. L'université collabore à ce projet avec divers partenaires, dont la société israélienne RepAir, l'entreprise énergétique américaine Constellation Energy et la multinationale Siemens.

DAC à propulsion nucléaire aux États-Unis

Source (en anglais) :

- *US sparks controversy by backing oil company's carbon-sucking plans*, Climate Home News, août 2023.

Cet article révèle que l'administration Biden s'est engagée en 2021 à financer à hauteur de 1,2 milliard de dollars d'argent public deux projets de CAD aux États-Unis, situés au Texas et en Louisiane. Alors que Climeworks, qui exploite une installation DAC en Islande, devrait gérer le projet de Louisiane, le projet du Texas a suscité la controverse car il est géré par le géant pétrolier Occidental Petroleum (Oxy), dont la PDG a clairement affiché ses intentions à l'égard du DAC, qu'elle considère comme un outil au service de l'économie fossile. Le projet bénéficierait de 500 millions de dollars de la part de l'administration Biden et, avec son homologue de Louisiane, est censé permettre de capter plus de deux millions de tonnes de CO_2 par an. Toutefois, l'article met en évidence les préoccupations concernant l'efficacité de la technologie, en rapportant les conclusions d'un rapport de l'Agence internationale de l'énergie (article en Anglais) indiquant que les 27 installations DAC à travers le monde combinées captent moins de 10 000 tonnes de CO_2 par an. En outre, l'article révèle qu'Oxy a déjà été critiquée pour avoir artificiellement gonflé les projections concernant les capacités de captage du CO_2.

Un rapport du Center for International Environmental Law (CIEL) (article en Anglais) a également révélé qu'un autre projet DAC de la société Oxy, Oxy Stratos, a l'intention d'utiliser le CO_2 pour la Récupération assistée des hydrocarbures (EOR), perpétuant ainsi l'économie fossile tout en étant soutenu par des subventions publiques. Chaque année, le projet « ajouterait environ 350 000 tonnes d'émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère s'il utilise tout le carbone capté pour la récupération assistée du pétrole ». En outre, Oxy pourrait bénéficier d'aides fiscales provenant de plusieurs sources à la fois, ce qui permettrait au projet d'obtenir « jusqu'à 100 millions de dollars de subventions par an ».

Journée globale d'action pour la justice climatique, 9 décembre 2023. Les Amis de la Terre International se joignent à la marche de la COP28, en solidarité avec les peuples et communautés palestiniens en première ligne de la crise climatique.
© Hanae Takahashi / Les Amis de la Terre Japon

Gestion ou modification du rayonnement solaire

La Gestion du rayonnement solaire (*GRS ou Solar Radiation Management SRM en anglais*) désigne un ensemble de technologies hypothétiques et entièrement spéculatives qui visent à limiter ou à renvoyer dans l'espace la lumière solaire entrante, censée ainsi minimiser le réchauffement de la planète. Outre sa contribution à la géo-ingénierie au sens large, qui détourne dangereusement l'attention des mesures urgentes et draconiennes indispensables pour réduire les émissions, la géo-ingénierie solaire comporte des risques inacceptables et potentiellement irréversibles pour notre planète et nos communautés.

Bien que controversés, ces procédés prétendant « réduire l'intensité du soleil » ont gagné en popularité ces dernières années, avec des tests effectués en plein air et une volonté de favoriser le financement de la recherche et le déploiement de ces technologies. Ces développements inquiétants ont conduit de nombreuses organisations, scientifiques et universitaires à appeler à un accord international de non-utilisation de la géoingénierie solaire.

Les technologies de géoingénierie solaire proposées incluent :

- Injection d'aérosols stratosphériques (*Stratospheric aerosol injection - SAI*) : l'injection de particules réfléchissantes dans la stratosphère en vue de reproduire les phénomènes naturels consécutifs aux éruptions volcaniques et leur effet de refroidissement.
- Éclaircissement des nuages marins : injection de particules d'eau salée dans les nuages afin de les rendre plus brillants et donc de refléter davantage la lumière du soleil.
- Amincissement des cirrus : une technique de Gestion du rayonnement solaire visant à amincir les cirrus, qui retiennent en moyenne plus de chaleur qu'ils n'en renvoient dans l'espace.
- Modification de l'albédo de la surface : ensemble de techniques visant à augmenter l'albédo de la surface de la terre ou des océans et donc à réfléchir davantage la lumière du soleil vers l'espace.

Injection d'aérosols stratosphériques

Amérique du Nord

Startups et SAI aux États-Unis

Source (en anglais) :

- *Startups want to cool Earth by reflecting sunlight. There are few rules and big risks*, NPR, avril 2024.

Cet article se penche sur les expériences d'injection d'aérosols stratosphériques menées par l'entreprise américaine Make Sunsets (voir ci-dessous), mais mentionne également la nouvelle startup américano-israélienne Stardust, qui a levé 15 millions de dollars pour son projet de SAI. L'article indique que les investisseurs de la société comprennent l'entreprise israélo-canadienne Awz Ventures, qui travaille en partenariat avec le ministère israélien de la défense, et que le PDG de Stardust a travaillé auparavant pour la commission israélienne de l'énergie atomique.

Europe

Lancement des essais SAI au Royaume-Uni

Source (en anglais) :

- *Researchers launched a solar geoengineering test flight in the UK last fall*, Technology Review, mars 2023.

En septembre 2022, le chercheur indépendant Andrew Lockley a travaillé avec la société European Astrotech Ltd pour mener deux expériences en plein air de Gestion du rayonnement solaire (SRM). Dans le cadre du projet SATAN (*Stratospheric Aerosol Transport And Nucleation*), les essais ont consisté à lancer depuis Aylesbury, au Royaume-Uni, un ballon météorologique à haute altitude qui a libéré du dioxyde de soufre (SO_2) dans la stratosphère. Selon Lockley, l'objectif était d'évaluer un système de ballon peu coûteux, contrôlable et récupérable à des fins de géo-ingénierie. Contrairement aux essais qui ont conduit à l'interdiction de la technologie SRM au Mexique, Lockley a obtenu des autorisations de vol pour l'expérience, ce qui signifie que l'essai pourrait être considéré comme une variante plus « légitime » de la technologie de Gestion du rayonnement solaire.

Échec du projet SAI en Sweden

Source (en anglais) :

- *Why a landmark experiment into dimming the sun got cancelled*, Grist, avril 2021.[12]

Le projet SCoPEx (*Stratospheric Controlled Perturbation Experiment*), mené par l'université de Harvard, visait à réaliser des essais d'injection d'aérosols stratosphériques (SAI), d'abord aux États-Unis puis en Suède, à des fins de modélisation pour prédire les effets à plus grande échelle de la technologie. Les essais proposés en Suède ont été stoppés en raison de la forte opposition des communautés Saami (article en anglais) et le projet a été mis en attente, le temps de trouver un site d'essai. Une lettre ouverte (en anglais) publiée par des organisations environnementales suédoises et le Conseil des Saami, souligne que la technologie « *comporte des risques de conséquences catastrophiques, notamment l'impact d'une cessation incontrôlée, et des effets sociopolitiques irréversibles qui pourraient compromettre les efforts nécessaires déployés par le monde pour parvenir une société à zéro émission de carbone* ».

Elle remet également en cause la gouvernance et la prise de décision concernant le projet, notamment l'absence de permis et de consultation des autorités ou des communautés locales, ainsi que l'absence de représentants des communautés ou des autorités suédoises dans les organes de décision du projet. La lettre met également en lumière la décision du projet de ne pas répondre aux questions relatives à l'éthique ou aux mesures de sauvegarde, qui constituent une condition préalable à sa réalisation.

Une autre lettre ouverte (en anglais) adressée au Comité consultatif du SCoPEx a souligné la crainte que de telles technologies, si elles étaient développées, puissent être utilisées comme armes de guerre. Elle se demandait également si SCoPEx ne violait pas le moratoire sur les activités de géoingénierie de la Convention des Nations unies sur la diversité biologique, et le fait qu'elle avait échoué à recueillir un consentement libre, préalable et éclairé, conformément aux obligations légales, morales et aux Droits des autochtones.

Les recherches de Harvard sur la géoingénierie solaire sont soutenues par Bill Gates, et le scientifique chargé de la mission du projet SCoPEx, David Keith, est financièrement lié à plusieurs entreprises de combustibles fossiles, dont Chevron, par l'intermédiaire de sa startup Carbon Engineering.

En mars 2024, l'université de Harvard a annoncé l'annulation du projet SCoPEx. Cette annulation a été célébrée par de nombreuses personnes, depuis la société civile jusqu'au Conseil Saami qui se sont opposés au projet à chaque étape (articles en anglais). Cela a été célébré comme une victoire pour les peuples et la préservation des écosystèmes de la planète.

Amérique Latine

Interdiction de la géoingénierie solaire au Mexique

Source (en anglais) :

- *Mexico plans to ban solar geoengineering after rogue experiment*, Climate Change News, janvier 2023 (voir la déclaration du gouvernement mexicain en espagnol ici).

En 2022, la startup américaine « Make Sunsets » a lancé des expériences de Gestion du rayonnement solaire non autorisées dans l'État de Baja California, au nord du Mexique. Make Sunsets concentre ses efforts sur l'injection d'aérosols stratosphériques (SAI) à l'aide de sulfates (SO_2), l'option la plus étudiée, qui est susceptible de provoquer un appauvrissement de la couche d'ozone et de perturber la configuration des pluies et des vents dans l'ensemble des régions tropicales et subtropicales. Le SO_2 peut également être responsable de problèmes respiratoires et est toxique à des concentrations élevées.

L'article explique par ailleurs que Make Sunsets a procédé au lancement d'une expérience SAI au Mexique, sans autorisation, sans notification ou consentement préalable, ni consultation du public, ni examen scientifique. Il montre que l'entreprise a rapidement vendu des « crédits de refroidissement » pour d'éventuels lancements ultérieurs. Cette expérience non autorisée très controversée a suscité de nombreuses critiques de la part de la communauté scientifique, notamment de ceux qui étudient la Gestion du rayonnement solaire.

Une lettre ouverte du Prof. Frank Biermann a également souligné l'approche néocoloniale de la startup américaine, qui s'est permis de mener des expériences sur le territoire mexicain sans aucune forme d'autorisation. L'article remet également en question le modèle économique même de Make Sunsets, qui vend des crédits carbone pour ses efforts visant à réduire l'intensité du soleil en l'espace d'un an, alors que les émissions de dioxyde de carbone resteront dans l'atmosphère pendant des siècles. Cela montre l'inadéquation du principe de la compensation carbone et son incapacité à réduire les émissions de carbone à la source.

Le gouvernement mexicain a rapidement agi en annonçant et en mettant en œuvre une interdiction de la géoingénierie solaire dans le pays. Il sera intéressant de voir si cette mesure peut créer un précédent pour l'interdiction de la géoingénierie solaire (y compris pour la mise en place d'un accord international de non-utilisation de la géoingénierie solaire) (articles en anglais) .

À la suite de ce tollé, la société « Make Sunsets » a déplacé ses expériences ultérieures aux États-Unis, à Reno (Nevada) et dans la baie de San Francisco, à Berkeley et Half Moon Bay (Californie), et continue de vendre des crédits de carbone sur son site web.

Éclaircissement des nuages marins

Annulation des premiers essais extérieurs d'Éclaircissement des nuages marins (MCB) aux États-Unis

Sources (en anglais) :

- *Warming Is Getting Worse. So They Just Tested a Way to Deflect the Sun*, New York Times, avril 2024.
- *A secret climate experiment in Alameda*, Politico, avril 2024.

Ces articles rapportent que le projet « Coastal Atmospheric Aerosol Research and Engagement » (CAARE) a secrètement mené des essais d'Éclaircissement des nuages marins (MCB) dans la baie de San Francisco en avril 2024, lorsque « les scientifiques ont lancé un flux de particules de sel microscopiques dans le ciel, à Alameda, depuis le pont d'un porte-avions désaffecté ». Il s'agit du premier essai du procédé MCB en plein air réalisé aux États-Unis. Le test a été gardé secret par ses promoteurs par crainte d'une opposition. L'article révèle également que le projet SilverLining[13] est quelque peu impliqué dans l'affaire, qu'il finance à hauteur d'un million de dollars par an, tandis que la Maison Blanche a publié une déclaration dans laquelle elle prend ses distances avec le projet. L'expérience devait se poursuivre jusqu'à la fin du mois de mai 2024 à bord du bateau-musée USS Hornet Sea, Air & Space Museum, ce qui permettait aux visiteurs d'assister aux tests. Une deuxième phase est ensuite prévue dans un lieu non divulgué, au large des côtes.

Les articles expliquent les risques liés à cette technologie et les préoccupations exprimées par la société civile, car les effets potentiels du processus sur les écosystèmes et les conditions météorologiques restent largement inconnus. Développés à grande échelle, les impacts de tels projets sur la circulation océanique et les modèles météorologiques (y compris les précipitations) et les températures sont difficiles à prévoir et pourraient avoir des répercussions désastreuses sur les communautés et les écosystèmes.

Un article ultérieur (en anglais) rapporte que la ville d'Alameda a publié le 4 mai 2024 un avis public indiquant qu'elle avait mis fin à l'expérience au motif que celle-ci constituait une violation du bail de la ville avec l'USS Hornet, et qu'elle évaluait également les incidences de l'expérience sur la santé et la sécurité de l'environnement. Le 4 juin la ville d'Alameda a voté à l'unanimité l'arrêt de l'expérience.

MCB et la Grande Barrière de Corail en Australie Australia

Sources (en anglais) :

- *Scientists Are Tinkering With Clouds to Save the Great Barrier Reef*, Wired, janvier 2022.
- *Marine Cloud Brightening Project: Geoengineering Experiment Briefing*, Geoengineering Monitor, avril 2018.

Le Marine Cloud Brightening Project (MCBP) - anciennement SilverLining - cherche à mettre en œuvre une forme de gestion du rayonnement solaire pour modifier les propriétés physiques des nuages en y pulvérisant une fine brume d'eau de mer afin de les rendre plus blancs et de renvoyer ainsi davantage de lumière solaire vers l'espace. Le projet, initialement financé en partie par Bill Gates, a vu ses tests en extérieur et ses essais sur le terrain systématiquement « *reportés en raison d'un manque de financement et de l'opposition du public quant à l'impact possible de l'expérience sur l'environnement* ».[14] À noter que certains des essais proposés devaient avoir lieu sur des territoires autochtones de la région de la côte centrale de la Californie.

Cette interférence avec le climat de la Terre comporte d'énormes risques pour les systèmes climatiques mondiaux, car elle « *pourrait affecter les précipitations dans la zone immédiate, ainsi que créer des changements imprévisibles dans les régimes climatiques régionaux à distance* ».[15] Ce phénomène pourrait à son tour affecter les communautés locales et l'agriculture dans la région, et avoir des répercussions beaucoup plus importantes au niveau planétaire.

Des chercheurs australiens, soutenus par le projet MCBP américain, ont étudié la possibilité de procéder à un éclaircissement des nuages marins (*Marine Cloud Brightening, MCB*) afin de protéger la Grande barrière de corail du blanchiment. En 2020 et 2021, les chercheurs ont testé le concept à petite échelle au-dessus de la Grande Barrière de Corail, mais l'expérience était « trop limitée pour modifier les nuages de manière significative ». D'autres essais à plus grande échelle ont été annoncés peu après, mais aucune autre information n'a été communiquée depuis. À ce jour, le projet n'a toujours pas été en mesure de fournir des données empiriques évaluées par des pairs prouvant que la technologie pourrait réduire les températures de la mer et ainsi protéger la Grande Barrière de Corail. En outre, les effets des technologies MCB restent flous, et son déploiement sur un écosystème complexe et fragile comme la Grande Barrière pourrait avoir des conséquences désastreuses, modifier les flux marins et nuire à la vie marine ou au minimum la perturber.

Amincissement des cirrus

La recherche sur les amincissements des cirrus est actuellement limitée à la modélisation et aux études théoriques, les exemples sont donc peu nombreux et peu développés.

Recherche sur la technologie CCT en Suisse

Source (en anglais) :

- Climate Change and Geoengineering: Artificially Cooling Planet Earth by Thinning Cirrus Clouds, Newsweek, juillet 2017.

Cet article présente les recherches menées par l'ETH Zurich en Suisse sur l'amincissement des cirrus (CCT). L'idée est que les cirrus, ces nuages épars que l'on trouve à haute altitude, absorbent souvent plus de lumière solaire qu'ils n'en renvoient dans l'espace et peuvent donc avoir un effet de serre en piégeant le rayonnement solaire dans l'atmosphère. En amincissant les cirrus, ce processus de géo-ingénierie réduirait leur effet de serre. Toutefois, l'article met en évidence les principales inquiétudes que suscite cette technique, notamment le risque d'obtenir l'effet inverse, à savoir la formation involontaire de cirrus, ce qui accélérerait le réchauffement de l'atmosphère. Des études[16] ont également constaté qu'il existe de nombreux effets secondaires potentiels additionnels inconnus d'une telle intervention dans le système météorologique de l'atmosphère, notamment en ce qui concerne le régime des précipitations.

Modification de l'albédo de surface

Essais de modification de l'albédo de surface au Canada et aux États-Unis

Source (en anglais) :

- *Research project aims to spread reflective beads on Arctic ice to slow climate warming*, Anchorage Daily News, mai 2022.

Le projet « Arctic Ice », anciennement « 911 Ice Project », a été lancé en 2008 et vise à augmenter l'albédo de surface (c'est-à-dire le pouvoir réfléchissant) de la glace en mer arctique en la recouvrant de millions de microsphères de verre réfléchissantes composées de silice. Des études[17] ont conclu que de nombreuses questions et inquiétudes subsistent concernant ces microbilles et les effets néfastes qu'elles pourraient avoir sur la santé humaine, la faune et la flore et les écosystèmes. Alors que l'Arctic Ice Project revendique une approche prudente avec des tests sûrs en laboratoire avant d'effectuer d'autres tests sur le terrain, l'article révèle que plusieurs tests de terrain ont déjà été menés dans certaines régions du Canada et de l'Alaska (États-Unis). Il montre en outre que les tests ont été menés sans que les autorités compétentes ni les communautés autochtones aient été consultées de manière appropriée, comme cela a été souligné dans un courrier de protestation publié par des organisations autochtones de l'Alaska (en anglais).

La lettre souligne les inquiétudes concernant la toxicité des billes de silice lorsqu'elles sont inhalées ou lorsqu'elles se décomposent au fil du temps et met en évidence le manque de transparence, de consultation et de reddition des comptes du projet. L'efficacité de la méthode suscite également des inquiétudes, car une étude[18] publiée en 2022, a montré que les microsphères de silice pouvaient en fait réduire l'albédo et accélérer la fonte de la glace de mer.

À noter que le fondateur du projet, Leslie Field, a quitté l'Arctic Ice Project en 2022 pour travailler sur un projet similaire visant à appliquer la méthode sur les glaciers, l'initiaitve Bright Ice Initiative.

Tests de modification de l'albédo de surface au Canada et aux États-Unis

Source (en anglais) :

- *Urban Heat: Can White Roofs Help Cool World's Warming Cities?*, Yale Environment 360, mars 2018.

Cet article se penche sur la modification de l'albédo de surface par le biais de l'optimisation de l'albédo urbain et l'usage de cultures à albédo élevé, deux méthodes qui visent à accroître la réflectivité des surfaces urbaines ou rurales afin de renvoyer davantage de lumière solaire vers l'espace. Il présente des projets de recherche et de mise en œuvre pour l'amélioration de l'albédo urbain, notamment à New York où des règles relatives aux toits blancs ont été introduites en 2012. D'autres villes, dont Chicago (États-Unis), Los Angeles (États-Unis) et Melbourne (Australie), seraient également en train d'étudier et de mettre en œuvre des stratégies d'amélioration de l'albédo urbain. L'article présente également des propositions visant à encourager les agriculteurs à utiliser des cultures à albédo plus élevé afin d'augmenter la réflectivité des terres cultivées et de soi-disant contribuer à refroidir la terre. L'article souligne toutefois que des études[19] ont montré que la mise en œuvre de ces techniques à grande échelle entraînerait une réduction de l'évaporation et aurait donc un impact sur les régimes pluviométriques, ce qui aurait des conséquences désastreuses à l'échelle mondiale. Une autre étude[20] met également en doute l'efficacité de l'amélioration de l'albédo urbain par la peinture des toitures en blanc, étant donné que « couvrir une surface de 1 % de la surface terrestre coûterait environ 300 milliards de dollars par an, ce qui en ferait l'une des méthodes les moins efficaces et les plus onéreuses envisagées ».

Géo-ingéniérie marine

La géo-ingénierie marine,[21] est définie par l'Organisation maritime internationale, comme « une intervention délibérée dans le milieu marin pour manipuler les processus naturels, y compris pour contrer le changement climatique anthropique et/ou ses impacts, et qui peut avoir des effets délétères, en particulier lorsque ces effets peuvent être étendus, durables ou graves ».[22]

Selon la définition de la Convention et du Protocole de Londres,[23] la géo-ingénierie marine comprend 4 techniques impliquant soit l'élimination du dioxyde de carbone (CDR), soit la modification du rayonnement solaire (SRM):

- Amélioration de l'alcalinité de l'océan (*Ocean Alkalinity Enhancement – OAE*) (*CDR*)
- Culture de macroalgues et d'autres biomasses pour la séquestration, y compris la remontée artificielle des eaux. (*CDR*)
- Éclaircissement des nuages marins (*SRM*)
- Microbulles / particules et matériaux réfléchissants (*SRM*).

En raison des risques pour les écosystèmes marins, la Convention de Londres sur la prévention de la pollution marine et le Protocole de Londres interdisent le déploiement commercial de la fertilisation des océans.[24] Les déclarations faites par les parties en 2023[25] indiquent que d'autres restrictions pourraient s'appliquer à d'autres procédés de géoingénierie marine.

Les techniques de Gestion du rayonnement solaire ayant été abordées plus haut, nous aborderons dans cette section les autres techniques de géo-ingénierie marine faisant appel à la CDR.

Pour plus d'informations, voir la déclaration de la HOME Alliance « Statement on marine geoengineering ». experiments.

Amélioration de l'alcalinité de l'océan

L'Amélioration de l'alcalinité de l'océan[26], (*Ocean Alkalinity Enhancement - OAE*), ou fertilisation des océans est un processus de géo-ingénierie visant à accroître la capacité de piégeage du carbone des océans en augmentant l'alcalinité de l'eau de mer de manière à ce que les eaux de surface puissent absorber davantage de CO_2. Cet objectif peut être atteint par l'ajout de minéraux alcalins dans l'eau, par des processus électrochimiques ou par des processus photochimiques.

Quelle que soit l'approche adoptée pour la fertilisation des océans, ces processus posent d'importants défis dans leur mise en œuvre et comportent des risques élevés pour l'équilibre fragile des écosystèmes marins. Ils risquent notamment de perturber le phytoplancton, qui est à la base de la chaîne alimentaire marine, ou d'augmenter temporairement le pH des océans, ce qui aurait des répercussions importantes sur les écosystèmes.

Test et commercialisation du procédé OAE aux États-Unis

Source (en anglais) :

- A new carbon removal startup is powered by sunlight and seawater, Yahoo! Tech, mai 2024.

La société Banyu Carbon, basée à Seattle (États-Unis), prévoit d'utiliser un photoacide (molécule synthétique) pour extraire le carbone de l'eau de mer. Le processus repose sur la génération d'acide par un processus photoinduit à un photon qui devient acidifiant lorsqu'il est exposé à la lumière du soleil. Au contact de l'eau de mer, la molécule dissout le CO_2, ce qui permet de rejeter l'eau de mer décarbonisée dans l'océan, tandis que la molécule peut être ramenée à sa forme initiale pour être réutilisée une fois retournée à l'obscurité. Banyu Carbon prévoit ensuite d'utiliser le gaz CO_2 capté comme matière première pour l'industrie (CCUS) ou pour l'injecter dans des formations géologiques (CCS). La composition ou la toxicité potentielle de la molécule que Banyu Carbon envisage d'utiliser n'a pas été révélée, mais l'entreprise prévoit de réaliser un projet pilote en 2024 sur un site de l'État de Washington, et un projet de démonstration commerciale en 2026.

Test et commercialisation du procédé OAE

Source (en anglais) :

- *UAE: Possible testing ground for climate's next big thing?*, Enterprise, octobre 2023.

La société Vesta, basée à San Francisco (États-Unis), teste et commercialise les procédés d'OAE avec de l'olivine broyée, une roche volcanique verte et tendre, qu'elle répand le long des plages, dans des zones humides soumises à des marées et dans les eaux littorales, dans le cadre d'expériences en cours sur différents sites aux États-Unis et en République dominicaine. L'entreprise étudie également d'autres sites de tests dans le golfe Persique et au Canada.

Le processus consiste à extraire de l'olivine pour la broyer en petits galets qui seront répandus sur les plages et jetés dans l'eau de mer pour qu'ils soient altérés par les vagues. C'est cette altération qui crée une réaction chimique captant le CO_2 de l'air.

Le processus exige que de grandes quantités du minéral soient facilement accessibles, car il faut une tonne d'olivine pour « capter » une tonne de CO_2. L'ampleur de l'exploitation minière nécessaire pour répondre à l'ambition de l'entreprise serait donc comparable à celle d'industries minières telles que le charbon et les agrégats de calcaire.

L'article questionne également la capacité de séquestration du CO_2 de l'olivine qui a une demi-vie de 70 ans, ce qui signifie qu'il faudrait 70 ans pour que la moitié de l'olivine déposée se dissolve et capte le dioxyde de carbone dans le processus. Vesta de son côté table sur une demi-vie de 10 à 20 ans. L'article souligne également les incertitudes liées à la capacité de mesurer avec précision la quantité d'absorption du carbone dans l'atmosphère au cours du processus.

Enfin, l'article met en évidence les préoccupations concernant les conséquences de l'introduction de quantités aussi importantes d'olivine dans les écosystèmes marins et côtiers, car ce minéral contient souvent des métaux toxiques tels que le nickel et le chrome. Si le minéral devait affecter des organismes plus petits au bas de la chaîne alimentaire, les conséquences pourraient se répercuter vers le haut de manière incertaine.

Réactions négatives vis-à-vis de l'OAE au Royaume-Uni et au Canada

Source (en anglais) :

- *Protesters urge caution over St Ives climate trial amid chemical plans for bay*, The Guardian, avril 2023.

La société canadienne Planetary Technologies prévoit d'ajouter de l'hydroxyde de magnésium à une canalisation d'eaux usées s'étendant vers le large sur la côte des Cornouailles, au Royaume-Uni, dans le but d'accroître la capacité de piégeage du carbone de l'océan. Cette expérience s'inscrit dans le cadre du développement par l'entreprise de sa technologie SeaOH2, qui consiste à séparer l'eau en hydrogène et en oxygène au moyen de l'électrolyse, un processus très énergivore. L'entreprise prévoit d'ajouter un sel minéral au processus pour fabriquer de l'hydroxyde de magnésium alcalin en tant que sous-produit. C'est ce sous-produit qui serait ensuite rejeté dans l'océan pour augmenter l'absorption du CO_2.

L'entreprise a effectué un test dans la baie St Ives (article en anglais) en septembre 2022 en tandem avec la société South West Water, au cours duquel elle a déversé 4 tonnes d'hydroxyde de magnésium dans les eaux côtières de Cornouailles sans que le public n'en soit informé. Suite à cette expérience, les communautés locales se sont mobilisées pour s'opposer au projet (article en anglais) qui pourrait avoir des impacts désastreux sur les écosystèmes marins. L'analyse de ce premier essai n'a pas permis d'évaluer l'impact sur la biologie locale. D'autres essais étaient prévus dans la baie au printemps 2023 et ont été annulés à la suite de vastes protestations, mais les plans de Planetary Technology continuent d'évoluer, car d'autres essais sont actuellement étudiés par l'Agence pour l'environnement. L'entreprise propose d'introduire la substance alcaline dans une conduite d'évacuation des eaux usées qui transporterait la substance sur 2,4 km au large, dans la baie de St Ives.

Planetary Technology a également mené des tests dans le port de Halifax (article en anglais) au Canada en 2023, en déversant jusqu'à 300 tonnes d'hydroxyde de magnésium dans le port. L'entreprise pourrait procéder à d'autres essais sur des sites au Canada une fois que l'analyse des résultats de l'expérience dans le port d'Halifax aura été achevée. L'entreprise participe également à un Projet de recherche OAE financé par la NOAA (article en anglais) pour améliorer l'alcalinité des eaux côtières en ajoutant des substances alcalines aux eaux usées traitées à l'embouchure de la rivière Elizabeth en Virginie (États-Unis). Des essais sur le terrain sont prévus dans le cadre du projet tout au long des années 2024 et 2025.

New OAE process in the United States

Source:

- *An L.A. Startup Aims To Turn The Oceans Into A CO_2 Sponge And 'Green' Hydrogen Machine*, Forbes, avril 2023.

La société Equatic, une start-up de Los Angeles, prévoit d'utiliser un nouveau procédé OAE censé améliorer l'alcalinité de l'eau de mer tout en fabriquant de l'hydrogène en tant que sous-produit destiné à être utilisé comme carburant. Les résultats des évaluations environnementales n'ayant pas été communiqués, l'impact du procédé sur l'environnement n'est pas clair. Cependant, il est certain qu'il s'agit d'un procédé à forte intensité énergétique. L'article indique que cette consommation est « compensée » par la production d'hydrogène, mais le processus n'en reste pas moins énergivore et pourrait entraîner le détournement d'une énergie renouvelable qui était censée servir à alimenter les communautés locales où elle est générée. L'hydrogène présente par ailleurs toute une série de problèmes et de risques propres à ce combustible.[27]

L'article souligne également les incertitudes concernant la faisabilité, le coût et l'efficacité du processus lorsqu'il sera développé à l'échelle commerciale, des projets pilotes étant actuellement menés à Singapour et à Los Angeles.

Promouvoir le CC(U)S par le biais de l'OAE

Source (en anglais) :

- *A sea change for carbon capture*, Green Biz, février 2023.

Captura Corp., une entreprise issue du California Institute of Technology, commercialise un procédé électrochimique OAE. Elle prévoit de réutiliser le CO_2 capté comme matière première pour d'autres entreprises (CCUS) ou de le séquestrer dans un site de stockage (CCS). Les partenaires de Captura dans le domaine du CCUS comprennent le projet norvégien Northern Lights CCS et Equinor, avec qui la société prévoit d'installer une unité dans son usine de traitement du gaz naturel de Kårstø, en Norvège. En janvier 2023, Captura Corp. a levé 12 millions de dollars pour le projet lors d'un tour de financement mené par la branche venture de la compagnie pétrolière Equinor. Début 2024, Captura a levé 21,5 millions de dollars. L'entreprise est également soutenue par le ministère américain de l'énergie. Elle mène deux projets pilotes en Californie et prévoit de mener un projet pilote additionnel au Québec, au Canada.

Ocean Visions, qui s'est associé à Captura, souligne sur son site web la nécessité de relever les défis liés à la sélection des sites, l'impact social et environnemental de la technologie à grande échelle et la mise en place d'opérations offshore évolutives.

Culture de macroalgues et autre biomasse pour le piégeage du CO_2

La culture de macroalgues et d'autres biomasses pour la séquestration inclut:

- **Remontée artificielle des eaux :**[28] faire remonter artificiellement vers la surface des eaux profondes riches en nutriments afin de stimuler la croissance du phytoplancton et d'augmenter le piégeage du carbone. Cette technique n'a pas encore fait ses preuves et pourrait constituer une menace pour les pêcheries, les cycles écologiques et le climat.

- **Culture de macroalgues et enfouissement de la biomasse :**[29] Cette technique consiste à cultiver des microalgues (ou des algues), souvent à grande échelle, et à les déverser dans l'océan afin qu'elles coulent, avec le carbone qu'elles contiennent, jusqu'au fond. Cette technique comporte des risques importants pour les écosystèmes océaniques, la biogéochimie et les réseaux alimentaires marins. Notez que l'enfouissement de la biomasse peut également se faire en coulant d'autres types de biomasse (p. ex. le bois).

Remontée artificielle des eaux

Source (en anglais) :

- *GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research*, Geoengineering Monitor, février 2023.

Le centre allemand GEOMAR Helmholtz pour la recherche océanique a mené plusieurs expériences de remontée artificielle - ou « mixage des océans ». Celles-ci ont inclus un projet de cinq ans, de 2017 à 2021, financé par le projet de recherche européen, « Ocean artUp », qui a étudié la faisabilité, l'efficacité et les impacts potentiels de la méthode avec des essais dans le port de Taliarte de Gran Canarias. Il comprenait également le projet « Coastal Upwelling in a Changing Ocean » (CUSCO) mené en 2020 au large des côtes péruviennes. L'expérience visait à tester les impacts de la remontée artificielle des eaux dans différents scénarios sur les populations de plancton et la production de biomasse. Les résultats de ces tests ont été publiés en mars 2023[30] et ont montré que la technique a des répercussions sur les écosystèmes marins, notamment des effets négatifs sur la reproduction des petits crustacés, ce qui pourrait affecter la chaîne alimentaire au sens large ainsi que les pêcheries mondiales. Le centre GEOMAR Helmholtz pour la recherche océanique effectue d'autres essais dans le cadre de son projet « Test-ArtUp », notamment des essais en pleine mer au sud des îles Canaries.

Culture de macroalgues et coulage de la biomasse

Source (en anglais) :

- *The startup that plans to farm Sargassum in the mid-Atlantic*, The Fish Site, mai 2023.

Cet article présente le projet de l'entreprise britannique Seafields Solutions, qui consiste à cultiver des milliers de kilomètres carrés d'algues sargasses en pleine mer pour les faire couler ensuite, dans le but de parvenir à des économies de carbone dans le processus. L'entreprise prévoit de coupler la culture de sargasses

à une remontée artificielle d'eau afin d'apporter des nutriments des eaux profondes par le biais de tuyaux pour fertiliser les algues. Seafields effectue des essais depuis 2021, notamment au large des côtes du Mexique, du Royaume-Uni, de Saint-Vincent-et-les-Grenadines et dans le détroit de Fram. D'autres essais sont prévus pour 2024 dans les Caraïbes, l'objectif étant de disposer de trois fermes commerciales d'ici 2025 et d'une « Giga Ferme » d'environ 95 000 kilomètres carrés dans le gyre de l'Atlantique Sud d'ici à 2026.

L'article met en évidence les préoccupations relatives à la faisabilité de la méthode. L'impact de ces projets suscite également de vives inquiétudes, comme le souligne un rapport récent[31] (article en anglais). Ces préoccupations portent notamment sur l'impact que ces grandes fermes d'algues pourraient avoir sur les écosystèmes marins en modifiant les niveaux de lumière, la chimie de l'air et des océans, ainsi que sur la chaîne alimentaire. Le processus pourrait également faire remonter à la surface du CO_2 stocké antérieurement, ce qui annulerait les économies de carbone annoncées.

Sources (en anglais) :

- *Seaweed is mucking up beaches. This robot could stop it – and fight climate change*, NPR, octobre 2023.
- *Testing underway on Scottish company's equipment that is designed to sink Sargassum seaweed to the bottom of the sea*, Antigua News Room, mai 2023.

L'entreprise britannique Seaweed Generation teste actuellement des équipements pour son projet visant à faire couler des algues marines tout en générant à terme des crédits carbone. Selon Seaweed Generation, un robot ferait couler l'algue sargassum (une algue qui envahit de plus en plus les côtes des Caraïbes et de l'Atlantique Nord) à une profondeur de 200 mètres, après quoi elle s'enfoncerait naturellement plus profondément, entraînant avec elle le carbone au fond de l'océan.

Les articles indiquent que des tests ont été effectués à Antigua-et-Barbuda en 2023, le gouvernement ayant accordé à l'entreprise une licence de 49 ans pour les essais. Cependant, aucune information ou détail sur le nombre, la durée ou l'ampleur de ces essais n'est fourni.

Les articles révèlent également que de nombreuses incertitudes entourent les projets et la technologie sur laquelle ils reposent. Il s'agit de la faisabilité à grande échelle et de la question de savoir si les économies de carbone que le projet est censé générer seraient réellement additionnelles, étant donné que la prolifération des sargasses n'a augmenté en intensité que récemment et que l'on sait peu de choses sur la quantité de sargasses qui s'enfonce d'elle-même avant de se décomposer au fond.

L'impact des projets sur les écosystèmes marins suscite également des inquiétudes, car aucune recherche ne semble avoir été effectuée sur cet aspect et surtout parce que, comme le révèle l'un des articles, les algues peuvent contenir des quantités de métaux lourds tels que l'arsenic.[32]

Sources (en anglais) :

- *Running Tide is facing scientist departures and growing concerns over seaweed sinking for carbon removal*, Technology Review, juin 2022.
- *Could Sinking Tons of Seaweed to the Ocean Floor Help Combat Climate Change?*, Smithsonian Magazine, janvier 2024.

Ces articles rapportent les expériences de l'entreprise américaine « Running Tide », qui vend des crédits carbone issus de ses projets de culture de macroalgues. L'entreprise vise à libérer des milliards de bouées de biomasse (en bois), recouvertes de carbonate de calcium ($CaCO_3$) et ensemencées d'algues marines (par exemple, du varech). Une fois que les algues ont suffisamment grandi et absorbé le CO_2, la bouée devient suffisamment lourde pour couler au fond de l'océan, tandis que le $CaCO_3$ s'est dissous dans l'océan, augmentant ainsi son alcalinité. Running Tide effectue des tests au Canada, aux États-Unis, en Islande et dans l'Arctique (en collaboration avec Seafields Solutions Ltd). Ces tests ont déjà inclus le largage d'un ensemble de bouées au large de l'Islande.

Selon le premier article, en 2022, plusieurs des scientifiques ont quitté l'entreprise en raison de leurs inquiétudes concernant les impacts écologiques du processus et les perspectives de nouveaux projets de libération d'oxyde de fer dans l'eau - ce qui entraînerait une fertilisation des océans potentiellement dommageable.

L'article fait état de plusieurs préoccupations exprimées par des scientifiques et des chercheurs[33] concernant les projets de l'entreprise. Il démontre que les perspectives de culture de macroalgues de Running Tide pourraient avoir des effets désastreux sur des « écosystèmes extrêmement complexes, interconnectés et délicats », notamment en supplantant les communautés de phytoplancton qui sont à la base de toutes les chaînes alimentaires marines et pourraient donc avoir des effets en cascade sur les écosystèmes mondiaux et les pêcheries, tout en entraînant potentiellement une augmentation des émissions de CO_2.

Les scientifiques ont également fait part de leurs inquiétudes quant aux conséquences du coulage de grandes quantités de bois, étant donné que la recherche[34] indique que cela pourrait entraîner l'appauvrissement en oxygène de vastes étendues d'eaux profondes et une diminution significative de la biodiversité.

D'autres préoccupations sont également exprimées dans l'article, notamment en ce qui concerne l'impact sur les schémas de mixage naturel des océans, qui pourraient remplacer une part importante du carbone inorganique dissous en raison de la libération de carbone par les brins de varech qui se détachent et s'échouent ou se décomposent avant d'atteindre les profondeurs de l'océan. On ne sait pas non plus combien de temps le carbone qui atteint le fond de l'océan serait stocké.

Le dernier article met également en lumière la recherche[35] qui met en doute la faisabilité de la technique à grande échelle, puisqu'une ceinture de varech de 100 mètres de large longeant 63 % des côtes du monde serait nécessaire pour capter 100 millions de tonnes de CO_2 par an. D'autres recherches présentées dans l'article montrent également que seules certaines parties de l'océan contiennent les nutriments nécessaires à une croissance robuste des algues, ce qui signifie que la culture des macroalgues devrait être associée à une remontée d'eau artificielle pour être réaliste.

En outre, l'approche distribuée actuelle du projet - libérer des bouées qui flottent ensuite le long de divers courants océaniques - signifie qu'il est particulièrement difficile de suivre les progrès et les impacts de ces bouées.

À noter qu'en juin 2024 Running Tide a déclaré qu'elle mettait fin à ses activités et licenciait son personnel. L'entreprise a indiqué que l'incapacité à obtenir le financement nécessaire était la cause de sa fermeture, en dépit d'un énorme accord conclu avec Microsoft.

À noter qu'il existe également des projets visant à utiliser d'autres types de biomasse pour l'élimination du dioxyde de carbone, et pas seulement les algues. Voir par exemple les projets de l'entreprise israélienne Rewind qui prévoit de déverser de la biomasse agricole et forestière dans les fonds marins de la Mer Noire.

Glossaire

Albédo: Proportion de la lumière ou du rayonnement incident qui est réfléchie par une surface. Il peut être assimilé à la réflectivité. Une surface à albédo élevé est très réfléchissante, par exemple.

Alcalin: Les techniques et processus de géo-ingénierie marine, tels que la fertilisation des océans, visent à accroître la capacité de séquestration du carbone des océans en augmentant l'alcalinité de l'eau de mer par l'introduction de matériaux alcalins.

Remontée artificielle des eaux ***(Artificial upwelling)*** **:** Cette technique consiste à transporter artificiellement des eaux profondes riches en nutriments vers la surface afin de stimuler la croissance du phytoplancton et d'augmenter le piégeage du carbone. Cette technique n'a pas encore fait ses preuves et pourrait constituer une menace pour les pêcheries, les cycles écologiques et le climat.

Bioénergie et technologie BECCS ***(Bioenergy and Carbon Capture and Storage ou avec Bioénergie avec piégeage et stockage du carbone - BECCS)*** **:** Processus consistant à brûler de la biomasse pour fabriquer de l'énergie, tandis que le CO_2 libéré est d'une manière ou d'une autre capté et stocké sous terre. La technologie BECCS est une manœuvre dilatoire, une distraction risquée, non prouvée, coûteuse et dangereuse par rapport aux indispensables réductions urgentes et drastiques des émissions nécessaires pour prévenir un changement climatique catastrophique.

Biomasse : À l'origine, la biomasse désigne une matière organique renouvelable qui provient de plantes ou d'animaux. Dans le contexte de la production d'énergie, elle désigne une matière organique utilisée comme combustible, par exemple dans une centrale électrique pour la production d'électricité. Il peut s'agir par exemple de bois, de résidus de bois, de cultures, etc.

Bioraffinerie : Installation qui convertit la biomasse en énergie et autres sous-produits.

Hydrogène bleu : L'hydrogène bleu est de l'hydrogène gris (d'origine fossile) couplé au captage (utilisation) et au stockage du carbone (CCS/CCUS). L'hydrogène bleu est doublement problématique car il revient à empiler une fausse solution sur un combustible fossile. Outre les préoccupations liées à l'origine de l'hydrogène bleu - c'est-à-dire le gaz fossile - il s'appuie sur le CCS et en fait la promotion.[36]

Captage et stockage du carbone ***(Carbon Capture and Storage - CCS)*** **et Captage, utilisation et stockage du carbone** ***(Carbon Capture, Utilisation and Storage - CCUS)*** **:** Concept non prouvé selon lequel les émissions de CO_2 peuvent être stockées sous terre ou réutilisées une fois qu'elles ont été captées dans l'atmosphère. Le processus consisterait à capter le CO_2, à le comprimer sous forme liquide pour le transporter puis le stocker sous terre dans des formations géologiques ou l'utiliser dans d'autres moyens de production (comme la Récupération assistée des hydrocarbures, un processus impliquant l'injection de CO_2 dans les réservoirs de pétrole pour extraire les gisements restants et le pétrole inaccessible).

Elimination du dioxyde de carbone atmosphérique ***(Carbon Dioxide Removal - CDR)*** **:** À l'origine, la séquestration du CO_2 désigne un processus naturel, tel que l'absorption par les plantes terrestres et marines du carbone présent dans l'atmosphère. Cependant, ce terme devient de plus en plus problématique car il est utilisé dans des modèles climatiques qui reposent largement sur des hypothèses de « Zéro émission nette » et de « rééquilibrage » avec une « élimination » qui serait entreprise une fois que les objectifs de limitation des températures auraient été dépassés. Dans ce contexte, l'élimination désigne à la fois les soi-disantes « solutions basées sur la nature » et les processus de géo-ingénierie.[37]

Amincissement des cirrus ***(Cirrus cloud thinning)*** **:** Une technique de Gestion du rayonnement solaire (SRM) visant à amincir les cirrus, qui retiennent en moyenne plus de chaleur qu'ils n'en renvoient dans l'espace.

Captage direct dans l'air ***(DAC, qui devient DACCS lorsqu'il est couplé au CCS)*** **:** Ces approches font appel à des réactions chimiques pour extraire le CO_2 directement de l'atmosphère, en utilisant des substances qui agissent comme un filtre sélectif du CO_2. Les procédés DAC vont de l'utilisation de solvants liquides et de sorbants solides couplés à des ventilateurs et des filtres géants pour améliorer le captage du CO_2 à l'aide de dispositifs de type batterie, à la réduction électrochimique du CO_2 et à l'utilisation de sorbants avec des processus de libération basés sur l'humidité. Les procédés DAC représentent une autre distraction dangereuse par rapport aux réductions drastiques et urgentes des émissions qui sont nécessaires pour faire face à la crise climatique. Ces procédés sont également très énergivores et coûteux, et certains d'entre eux nécessitent une utilisation considérable de terres et d'eau.

Électrolyse : Décomposition chimique produite par le passage d'un courant électrique dans un liquide ou une solution contenant des ions. En chimie et en fabrication, il désigne une technique qui utilise un courant électrique direct pour entraîner une réaction chimique qui ne serait pas spontanée, par exemple pour séparer des éléments à partir de sources naturelles.

Électrification: La conversion d'une centrale thermique ou d'une installation pour qu'elle fonctionne à l'électricité.

Récupération assistée des hydrocarbures ***(RAP)*** **:** Processus par lequel le CO_2 capté est comprimé et pompé dans des réservoirs de pétrole afin d'extraire les gisements restants de champs pétroliers vieillissants ou de gisements inaccessibles autrement. Cela permet d'utiliser le CCS pour extraire davantage de combustibles fossiles.[38]

Consentement libre, préalable et éclairé : La Déclaration sur les droits des peuples autochtones impose aux États de consulter les peuples autochtones concernés et de coopérer avec eux en toute bonne foi, par l'intermédiaire de leurs propres institutions représentatives, afin d'obtenir leur consentement préalable, donné librement et en connaissance de cause, avant d'adopter et de mettre en œuvre des mesures législatives ou administratives susceptibles de les affecter (article 19). Cela inclut l'adoption de politiques ainsi que la mise en œuvre de projets qui pourraient affecter leurs droits à la terre, au territoire et aux ressources.[39]

Géoingénierie : Désigne les manipulations ou interventions délibérées et à grande échelle sur les systèmes climatiques de la Terre dans le but de capter et de stocker le carbone depuis l'atmosphère, d'augmenter la capacité des écosystèmes à absorber le carbone ou de réduire la quantité de lumière solaire entrante. Elles englobent un large éventail de pratiques et de processus risqués, non éprouvés, coûteux et dangereux.

Analyse (ou évaluation) du cycle de vie : Outil employé pour évaluer les impacts environnementaux associés à toutes les étapes du cycle de vie d'un produit, d'un processus ou d'un service commercial.

Culture de macroalgues et enfouissement de la biomasse : Cette technique consiste à cultiver des microalgues (ou des algues), souvent à grande échelle, et à les déverser dans l'océan de manière à ce que le carbone qu'elles contiennent coule au fond de l'océan. Cette technique comporte des risques importants pour les écosystèmes océaniques, pour la biogéochimie et pour les réseaux alimentaires marins. A noter que l'enfouissement de la biomasse peut également être réalisé en coulant d'autres types de biomasse (p. ex. le bois).

Éclaircissement des nuages marins : Procédé de Gestion du rayonnement solaire consistant à injecter des particules d'eau salée dans les nuages afin de les rendre plus brillants et donc de réfléchir davantage la lumière du soleil.

Géo-ingénierie marine : Intervention délibérée dans le milieu marin pour manipuler les processus naturels, y compris pour contrer le changement climatique anthropique et/ou ses impacts, et qui est susceptible d'avoir des effets délétères, en particulier lorsque ces effets sont susceptibles d'être étendus, durables ou graves.[40]

Renforcement de l'alcalinité des océans ***(Ocean alkalinity enhancement - OAE)*****, ou fertilisation des océans:** Processus visant à accroître la capacité de piégeage du carbone des océans en augmentant l'alcalinité de l'eau de mer afin que l'eau de surface puisse absorber davantage de CO_2. Cela peut se faire par l'ajout de minéraux alcalins dans l'eau, par des processus électrochimiques ou par des processus photochimiques. Quelle que soit l'approche adoptée pour la fertilisation des océans, ces processus posent d'importants défis dans leur mise en œuvre et comportent des risques élevés pour l'équilibre fragile des écosystèmes marins.

Émissions parasites : missions provenant du combustible utilisé pour faire fonctionner une installation de captage CCS et de la compression du CO_2.

Gestion du rayonnement solaire ***(SRM)*** **:** Ensemble de technologies proposées et entièrement spéculatives qui visent à limiter ou à renvoyer dans l'espace la lumière solaire entrante, censée minimiser le réchauffement de la planète. Outre sa contribution à la géo-ingénierie au sens large, qui détourne dangereusement l'attention

Glossaire

des mesures urgentes et draconiennes nécessaires pour réduire les émissions, la géo-ingénierie solaire comporte des risques inacceptables et potentiellement irréversibles pour notre planète et nos communautés.

Injection d'aérosols dans la stratosphère : Une technique de Gestion du rayonnement solaire qui consiste à injecter des particules réfléchissantes dans la stratosphère pour reproduire les phénomènes naturels après les éruptions volcaniques et leur effet de refroidissement.

Dioxyde de soufre (SO_2) : Polluant atmosphérique gazeux composé de soufre et d'oxygène qui se forme lors de la combustion de combustibles contenant du soufre tels que le charbon, le pétrole ou le diesel.

Modification de l'albédo de la surface : Une technique de Gestion du rayonnement solaire qui englobe un ensemble de procédés visant à augmenter l'albédo de la surface de la terre ou des océans et donc à réfléchir davantage la lumière du soleil vers l'espace.

Carburants synthétiques : Des combustibles liquides qui ont fondamentalement les mêmes propriétés que les combustibles fossiles, mais qui sont fabriqués artificiellement.

Terminaison incontrôlée ou choc de terminaison : Situation dans laquelle des méthodes de géo-ingénierie solaire ont été mises en œuvre puis soudainement arrêtées en raison d'une guerre, de conflits géopolitiques, d'effets dévastateurs sur les systèmes météorologiques ou d'un effondrement de la société, entraînant une hausse soudaine des températures mondiales.[41]

Notes

1 Extrait du rapport « Le pari fossile sur l'avenir repose sur un château de cartes », Les Amis de la Terre International, juin 2022.

2 Extrait du rapport « Le pari fossile sur l'avenir repose sur un château de cartes », Les Amis de la Terre International, juin 2022.

3 Cf. le manifeste Hands Off Mother Earth, octobre 2018.

4 Il existe de nombreuses manières de classer les technologies de géo-ingénierie, certaines incluent les technologies CSC/CCUS et la technologie BECCS, d'autres non. Nous avons sélectionné ces technologies ici en tant que technologies de « captage » qui sont promues en tant que solutions devant permettre la poursuite de l'économie fossile..

5 Voir la note précédente.

6 Voir la note d'information des Amis de la Terre Japon : La politique du Japon en matière de CCS (captage et stockage du carbone), juin 2024.

7 Voir la note d'information des Amis de la Terre Japon : Qu'est-ce que le CCS Business Act ? Pourquoi pose-t-il problème ? juin 2024.

8 Carbon Capture's Publicly Funded Failure, Oil Change International, novembre 2023.

9 Gorgon Carbon Capture and Storage: The Sting in the Tail, IEEFA, April 2022.

10 Cf. le briefing de Geoengineering Monitor.

11 Sudipta Chatterjee and Kuo-Wei Huang, "Unrealistic energy and materials requirement for direct air capture in deep mitigation pathways," Nature Communications, 11, no. 3287 (2020).

12 Veuillez noter que cet article ne reflète pas le point de vue des Amis de la Terre International mais contient des informations utiles.

13 Scientists Are Tinkering With Clouds to Save the Great Barrier Reef, Wired, janvier 2022 et Marine Cloud Brightening Project: Geoengineering Experiment Briefing, Geoengineering Monitor, avril 2018.

14 Voir cet article de Wired.

15 Voir Geoengineering Monitor.

16 Cf. The climatic effects of modifying cirrus clouds in a climate engineering framework, AGU, mars 2014.

17 Cf. Characterization of hollow glass microspheres with potential for regional climate intervention to preserve snow and ice surfaces, Science Direct, novembre 2023.

18 Cf. Regional Geoengineering Using Tiny Glass Bubbles Would Accelerate the Loss of Arctic Sea Ice, AGU, octobre 2022.

19 Cf. Climatic effects of surface albedo geoengineering, AGU, décembre 2011.

20 Cf. Geoengineering the climate: science, governance and uncertainty, the Royal Society, septembre 2009.

21 Cf. le briefing de Geoengineering Monitor, janvier 2021.

22 Résolution LP.4(8).

23 Cf. déclaration « LP LC statement on Marine Geoengineering LC 44 17 ».

24 Résolutions LC-LP.1(2008) et LC-LP.2(2010).

25 Cf. 45e réunion consultative des parties contractantes à la convention de Londres et 18e réunion des parties contractantes au protocole de Londres. (LC 45/LP 18).

26 Cf. le briefing de Geoengineering Monitor, avril 2024.

27 Cf. le document de position des Amis de la Terre International : « Ne tombons pas dans le piège de l'hydrogène », novembre 2023.

28 Cf. le briefing de Geoengineering Monitor.

29 Cf. le briefing de Geoengineering Monitor et The Seaweed Delusion, ETC Group, September 2023.

30 Zooplankton community succession and trophic links during a mesocosm experiment in the coastal upwelling off Callao Bay (Peru), European Geosciences Union, mars 2023.

31 The Seaweed Delusion, ETC Group, septembre 2023.

32 Element concentrations in pelagic Sargassum along the Mexican Caribbean coast in 2018-2019, PeerJ, février 2020.

33 Voir par example: Potential negative effects of ocean afforestation on offshore ecosystems, Nature, April 2022.

34 Cf. Macrofaunal succession in sediments around kelp and wood falls in the deep NE Pacific and community overlap with other reducing habitats, Science Direct, mai 2010.

35 Cf. A research strategy for ocean-based carbon dioxide removal and sequestration, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2022.

36 Définition tirée du document de position des Amis de la Terre International : Ne tombons pas dans le piège de l'hydrogène, novembre 2023.

37 Définition basée sur le briefing des Amis de la Terre International : COP27 : Quel est l'enjeu en matière de fausses solutions ?, octobre 2022.

38 Définition tirée de l'article de Geoengineering Monitor : Fossil fuel industry and investment in CCS & CCUS, novembre 2021.

39 Voir ici.

40 Définition de l'Organisation maritime internationale, voir la résolution LP.4(8).

41 Cf. Geoengineering monitor – Briefing UNEA 6.

Les groupes des Amis de la Terre à travers le monde

Afrique

Afrique du Sud
Cameroun
Ghana
Liberia
Mali
Mozambique
Nigeria
Tanzanie
Togo
Ouganda

Asie Pacifique

Australie
Bangladesh
Corée du Sud
Indie
Indonésia
Japon
Malaisie
Népal
Palestina
Papouasie Nouvelle-Guinée
Philippines
Sri Lanka

Europe

Albanie
Allemagne
Angleterre, Pays de Galles & Irlande du Nord
Autriche
Belgique (Flandres & Bruxelles)
Belgique (Wallonie & Bruxelles)
Bosnie Herzégovine
Bulgarie
Croatie
Chypre
Danemark
Écosse
Espagne
Estonie
Finlande
France
Géorgie
Hongrie
Irlande
Lettonie
Luxembourg
Macédoine du Nord
Malte
Norvège
Pays Bas
Norvège
Pologne
République Tchèque
Slovaquie
Slovénie
Suède
Suisse

Amérique Latine et Caraïbes

Argentine
Brésil
Chili
Colombie
Costa Rica
Curaçao (Antilles)
Équateur
Salvador
Grenade (Antilles)
Haïti
Honduras
Mexique
Paraguay
Uruguay

Amérique du Nord

Canada
États-Unis d'Amérique

mobiliser
résister
transformer

www.foei.org/fr

Les Amis de la Terre International
Secrétariat
P.O. Box 19199, 1000 GD
Amsterdam, Pays Bas

Tel.: +31 (0)20 622 1369
info[at]foei.org
Suiviez-nous sur : twitter.com/FoEint_fr
facebook.com/foeint

Les Amis de la Terre International