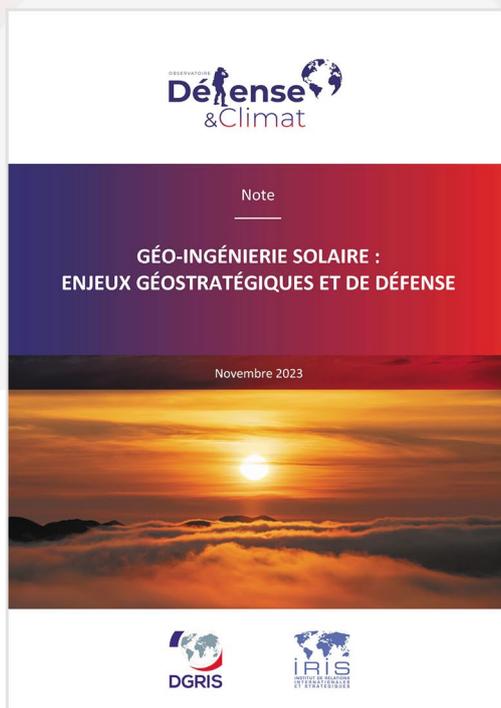


SYNTHÈSE

GÉO-INGÉNIERIE SOLAIRE : ENJEUX GÉOSTRATÉGIQUES ET DE DÉFENSE

Novembre 2023





L'Observatoire Défense et Climat, lancé en décembre 2016, a pour objectif d'étudier les enjeux de sécurité et de défense liés au climat.

Il est coordonné par l'IRIS dans le cadre du contrat réalisé pour le compte de la Direction générale des relations internationales et de la stratégie (DGRIS) du ministère des Armées. Fort d'une équipe pluri et transdisciplinaire, l'Observatoire est composé de chercheurs spécialisés en relations internationales, sécurité, défense, migrations, énergie, économie, climatologie et santé. Il est dirigé par Julia Tasse et François Gemenne.

L'Observatoire a initié de nombreuses collaborations avec des partenaires européens (Pays-Bas, Luxembourg) et internationaux (Australie, États-Unis, Inde), des ONGs internationales, des organismes publics nationaux et internationaux. Ces initiatives ont permis de renforcer la coopération sur les enjeux climatiques et leurs implications sécuritaires.

L'Observatoire Défense et Climat propose des rapports et notes, organise des séminaires restreints et des conférences ouvertes au public, et anime le podcast « Sur le front climatique ».

www.defenseclimat.fr

Le ministère des Armées fait régulièrement appel à des études externalisées auprès d'instituts de recherche privés, selon une approche géographique ou sectorielle venant compléter son expertise externe. Ces relations contractuelles s'inscrivent dans le développement de la démarche prospective de défense, qui, comme le souligne le dernier Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale, *« soit pouvoir s'appuyer sur une réflexion stratégique indépendante, pluridisciplinaire, originale, intégrant la recherche universitaire comme des instituts spécialisés »*.

Une grande partie de ces études sont rendues publiques et mises à disposition sur le site du ministère des Armées. Dans le cas d'une étude publiée de manière parcellaire, la Direction générale des relations internationales et de la stratégie peut être contactée pour plus d'informations.

AVERTISSEMENT : Les propos énoncés dans les études et observatoires ne sauraient engager la responsabilité de la Direction générale des relations internationales et de la stratégie ou de l'organisme pilote de l'étude, pas plus qu'ils ne reflètent une prise de position officielle du ministère des Armées.

À PROPOS DES AUTEURS DE LA NOTE

Autrices principales



Marine de Guglielmo Weber / IRIS

Directrice scientifique de l'Observatoire Défense & Climat, et chercheuse au sein du programme Climat, Énergie, Sécurité de l'IRIS. Elle travaille sur les enjeux stratégiques et sécuritaires transverses liés au dérèglement climatique, et s'est spécialisée dans l'étude des pratiques de modification de la météo et du climat.



Sofia Kabbej / Université du Queensland (Australie)

Membre de comité scientifique de l'observatoire Défense et Climat, Sofia Kabbej est doctorante au sein de l'école de sciences politiques et de relations internationales de l'Université du Queensland (Australie), où elle étudie l'approche française de la sécurité climatique. En parallèle, elle travaille sur les impacts sécuritaires du dérèglement climatique, et sur la géo-ingénierie.

Autrice secondaire



Laura Hebbel Boutang / IRIS

Étudiante en master Global Security à King's College London. Laura Hebbel Boutang a effectué un stage au sein du programme Climat, Énergie, Sécurité de l'IRIS à l'automne 2023.

Cette note de réflexion stratégique et prospective est consacrée à l'analyse des enjeux géostratégiques et de défense de la géo-ingénierie solaire. Le terme géo-ingénierie solaire regroupe **un ensemble de techniques et de pratiques cherchant à compenser l'augmentation de la température moyenne globale par la diminution du rayonnement absorbé par la Terre**. Cette note se divise en quatre parties : **la présentation des techniques et des risques naturels et humains associés (I) ; l'analyse des enjeux géopolitiques et stratégiques qu'elles soulèvent (II) ; quatre hypothèses et trois scénarii de prospective à l'horizon 2050 (III) ; et enfin, des recommandations à destination du ministère des Armées (IV).**

1. Présentation des techniques et risques naturels et humains associés

Cette note s'est concentrée sur les techniques de géo-ingénierie solaire qui affectent significativement les processus atmosphériques, et de ce fait soulèvent les enjeux sécuritaires les plus importants. Il s'agit de deux techniques à échelle d'intervention locale – **l'éclaircissement des nuages marins**¹ et **l'amincissement des cirrus**² ; une technique à échelle d'intervention planétaire - **l'injection d'aérosols dans la stratosphère**³ ; et une technique à échelle spatiale : l'installation de **miroirs spatiaux**⁴. Selon la littérature existante, malgré le grand nombre d'incertitudes qui demeurent, chacune de ces techniques présente des risques qui lui sont spécifiques. Par exemple, des pluies acides pourraient être provoquées par l'injection d'aérosols dans la stratosphère tandis que l'amincissement des cirrus pourrait provoquer un effet paradoxal de réchauffement.

Par ailleurs, l'ensemble de ces techniques présentent des risques communs. Elles sont susceptibles d'induire des **dérèglements significatifs du système atmosphérique et de l'activité de photosynthèse**, avec notamment pour conséquences un **dérèglement des précipitations** (sécheresses par endroits, pluies diluviennes par d'autres), une **chute des rendements agricoles** et un **affaiblissement des services écosystémiques**. Un autre risque commun à l'ensemble de ces techniques est celui du **choc terminal** : si l'une de ces techniques était déployée en l'absence d'une réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'interruption de cette technique causerait un réchauffement bien trop rapide pour que les systèmes naturels et humains puissent s'y adapter.

¹ L'éclaircissement des nuages marins a pour but d'augmenter la réflectivité et parfois la durée de vie de certains nuages. Il s'agit d'injecter des embruns dans les nuages marins de basse altitude, omniprésents dans les océans de zones subtropicales et de moyennes latitudes, qui jouent un rôle fondamental dans le réfléchissement des rayons solaires vers l'espace.

² L'amincissement des cirrus consiste à diminuer la quantité de rayonnement terrestre absorbé par ces derniers. Localisés dans la haute troposphère, ces nuages, épais et composés de cristaux de glace, piègent une large partie du rayonnement terrestre à l'intérieur de l'atmosphère. En ce sens, leur effet réchauffant est analogue à celui des GES.

³ Cette méthode consiste en la diffusion par avion ou par ballon de particules réfléchissantes dans la stratosphère afin de créer des conditions de refroidissement similaires à celles qui suivent les événements volcaniques majeurs.

⁴ Certains projets de géo-ingénierie solaire envisagent de déployer des dispositifs réfléchissants dans l'espace extra-atmosphérique. Dans ce cadre, la stratégie privilégiée serait de placer des miroirs en orbite dans l'espace, qui pourraient réfléchir environ 2 % des rayons solaires.

2. Géo-ingénierie solaire : un objet politique au potentiel conflictuel

L'analyse de l'état actuel du développement de la géo-ingénierie solaire témoigne d'un intérêt certain de la part des grandes puissances pour cette technologie, et d'une avance nette des États-Unis en matière de financement, de recherche et d'expérimentation. Pour autant, il n'existe pour l'heure aucun cadre de gouvernance multilatéral dédié à la géo-ingénierie solaire.

Le déploiement de la géo-ingénierie solaire pourrait être guidé par des intérêts politiques particuliers, plutôt que des objectifs climatiques globaux. Ainsi, la géo-ingénierie solaire peut être appréhendée 1) comme un outil **de préservation d'intérêts économiques** ; 2) comme un **outil de protection** ; 3) comme un **outil de négociation sur la scène internationale**.

Ces technologies pourraient nourrir des tensions entre États. Tout d'abord, le déploiement de la géo-ingénierie solaire **pourrait mener à l'attribution d'évènements climatiques extrêmes à l'intervention d'un tiers.** Ensuite, de tensions pourraient émerger du fait de **désaccords entre États sur les effets souhaités, et les modalités d'un déploiement.** De tels désaccords pourraient **induire un risque d'escalade**, et aboutir à des opérations de contre-géo-ingénierie. Enfin, le déploiement de la géo-ingénierie solaire pourrait conduire à **une militarisation de la technologie**, sinon être **mis en œuvre à des fins hostiles.**

3. Scénarii de prospective

Scénario	Déploiement de géo-ingénierie	Conséquences géopolitiques, conséquences pour la France
2047 - Déploiement unilatéral par les États-Unis	Opération d'injection d'aérosols dans la stratosphère organisée unilatéralement par les États-Unis.	Polarisation des relations entre États. Opposition de la Chine et de la Russie et menace d'une intervention de contre-géo-ingénierie. Déploiement par la France d'efforts diplomatiques afin de « ramener à la raison » son partenaire américain.
2050 - La Chine et le projet ArcticX	Opération d'éclaircissement des nuages marins organisée par les États-Unis, la Chine et l'Inde en Arctique.	Opposition de la Russie, qui détruit deux navires utilisés pour l'opération de géo-ingénierie. La France augmente sa présence militaire dans la région, et doit organiser une opération HADR au Sénégal à la suite d'une sécheresse dévastatrice.
2037 - La géo-ingénierie solaire sur demande : un nouveau bien de consommation	Une multitude d'opérations d'injection d'aérosols dans la stratosphère par des particuliers.	Dénonciation de la Chine qui se voit confirmée dans son rôle de puissance écologique, et forte extension des zones d'influence chinoise. Perte d'influence de la France, qui ne condamne pas ce mouvement, auprès des pays en développement.

4. Recommandations

1

Intégrer dans nos stratégies de défense une réflexion sur la géo-ingénierie solaire en tant qu'outil politique, géostratégique et militaire, et sur ses conséquences géostratégiques.

2

Mettre en place une veille scientifique, technologique et géostratégique pour suivre l'évolution des projets de géo-ingénierie solaire. Anticiper la capacité de différents acteurs à maintenir une avance technologique.

3

Estimer les opportunités et risques que présente la géo-ingénierie solaire pour la France, et développer une réflexion sur son positionnement géostratégique vis-à-vis de cette question dans le cadre des discussions internationales.

4

Caractériser l'état d'avancement des États-Unis, de la Chine et de la Russie en matière de géo-ingénierie solaire.

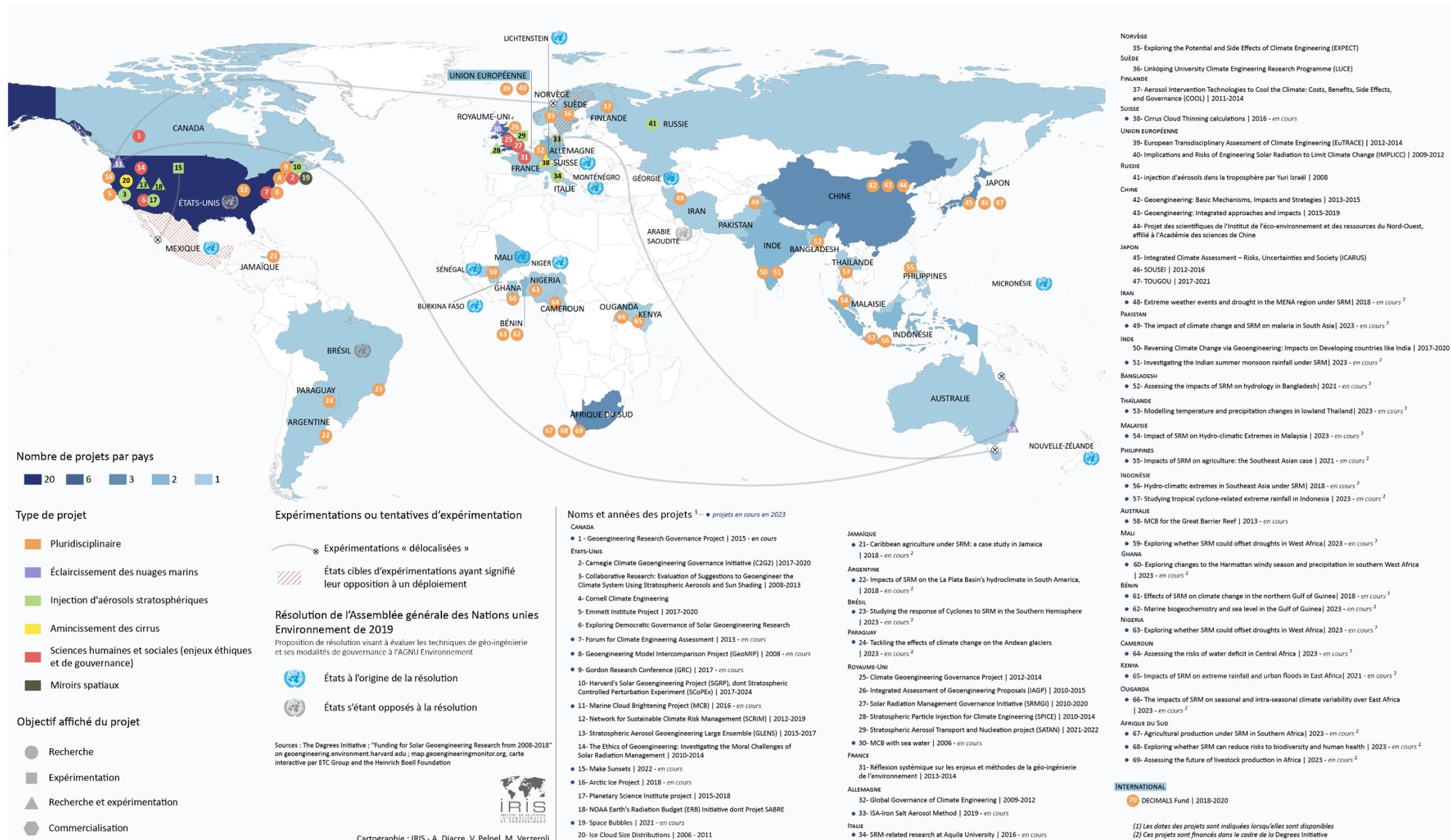
5

Promouvoir le partage d'information sur la géo-ingénierie solaire avec nos partenaires.

6

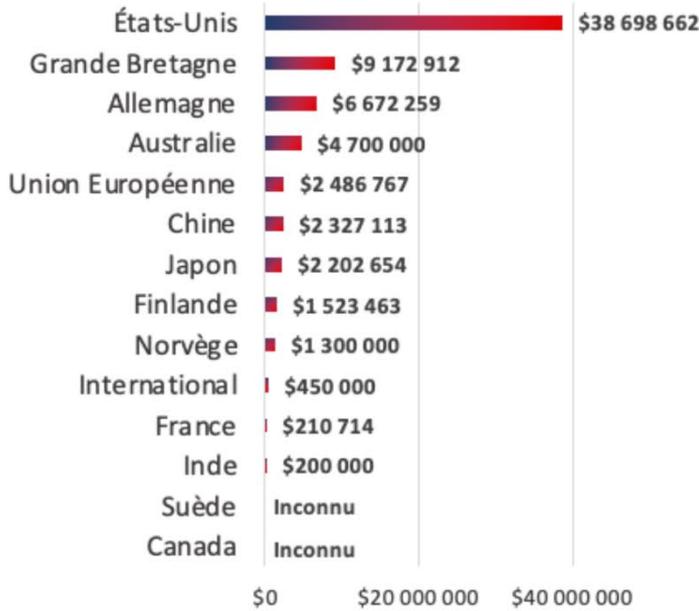
Renforcer les partenariats avec les instituts de recherches en sciences atmosphériques (Ex. MétéoFrance), et intégrer des recherches sur les effets possibles de la géo-ingénierie solaire.

Annexes 1. Carte : principaux projets de géo-ingénierie solaire dans le monde



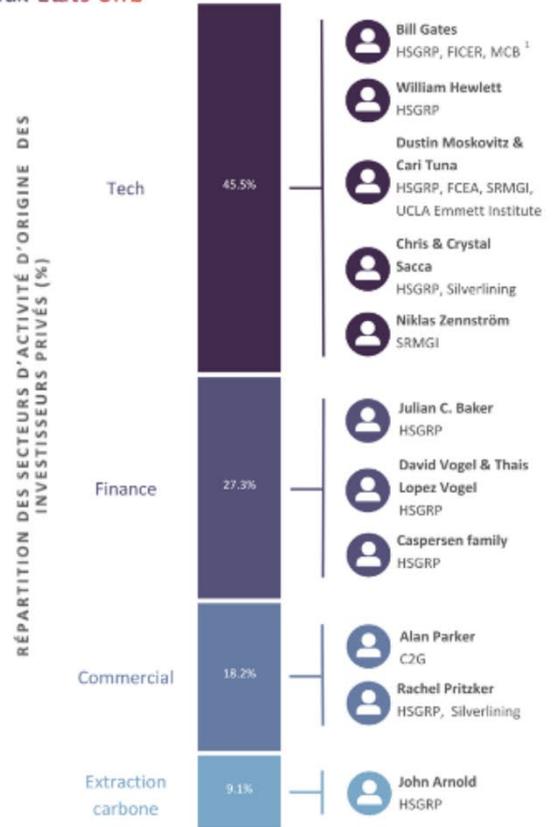
La géo-ingénierie solaire suscite de plus en plus d'attention et d'investissement à travers le monde. L'infographie ci-dessous (a) montre la domination des États-Unis en termes d'investissements, loin devant la Grande Bretagne et l'Allemagne en seconde et troisième position. Avec des investissements respectifs de 210 714 et 200 000 dollars US, la France et l'Inde se retrouvent derniers au classement. Le montant total des investissements de la Suède et du Canada reste inconnu.

a) Somme des investissements en géo-ingénierie solaire par pays entre 2008 et 2018



Source : Necheles et al. 2018

b) Répartition des principaux investisseurs privés en géo-ingénierie solaire en fonction de leur secteur d'activité aux États-Unis



Source : Necheles et al. 2019

c) La géo-ingénierie solaire comme outil politique



Un outil permettant de prolonger les modes de vies et intérêts dépendants des énergies fossiles.



Un outil permettant de protéger des territoires et des capacités militaires.



Un outil permettant de négocier sur la scène internationale.

d) Le potentiel conflictuel de la géo-ingénierie solaire

- 1 Tensions à cause des conséquences environnementales et leur attribution à un tiers.
- 2 Utilisation à des fins hostiles.
- 3 Divergences d'intérêts géopolitiques sur une zone précise.
- 4 Suspicion de surveillance.
- 5 Désaccords sur les effets et les modalités de déploiement.
- 6 Cible lors d'un conflit.

Au-delà de la possibilité d'utiliser la géo-ingénierie solaire comme outil d'adaptation au changement climatique, cette dernière pourrait également servir des intérêts politico-stratégiques. En outre, le développement et le possible déploiement de ces techniques contribuent à invisibiliser l'enjeu de l'atténuation. Ainsi, la géo-ingénierie solaire réduirait l'ambition mondiale de réduction des émissions et possède également un fort potentiel conflictuel (d).

¹ HSGRP: Harvard Solar Geoengineering Project; FICER: Fund for Innovative Climate and Energy Research; MCB: Marine Cloud Brightening Project; SRMGI: Solar Radiation Management Governance Initiative; FCEA: Forum for Climate Engineering Assessment; C2G: Carnegie Climate Geoengineering Governance Initiative.

L'ANALYSE DES ENJEUX SÉCURITAIRES ET DE DÉFENSE LIÉS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

PUBLICATIONS | PODCAST « SUR LE FRONT CLIMATIQUE » | ÉVÈNEMENTS



www.defenseclimat.fr

