



Initiative d'Excellence

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR



Vendredi 27 Septembre 2024  
Cinéma Pathé Gare du Sud, Nice

# GÉO-INGÉNIERIE : CROYANCES, PROMESSES ET RISQUES DE LA MODIFICATION DU CLIMAT

**Marine**

**de Guglielmo Weber**

Chercheuse à l'IRSEM, docteure en sciences de l'information et de la communication

**Définition technique :** toute modification intentionnelle de l'environnement à grande échelle

ECHELLE

Régionale,  
continentale, planétaire

INTENTION

Le changement doit  
être délibéré

TEMPORALITÉ

L'intervention est réalisée  
en aval des changements  
climatiques

**Définition fonctionnelle :** un ensemble de solutions technologiques aux changements climatiques

# QUELLE HISTOIRE ?



## Années 70

Âge d'or de la recherche en géo-ingénierie



## Années 80-90

Désaveu public de la géo-ingénierie

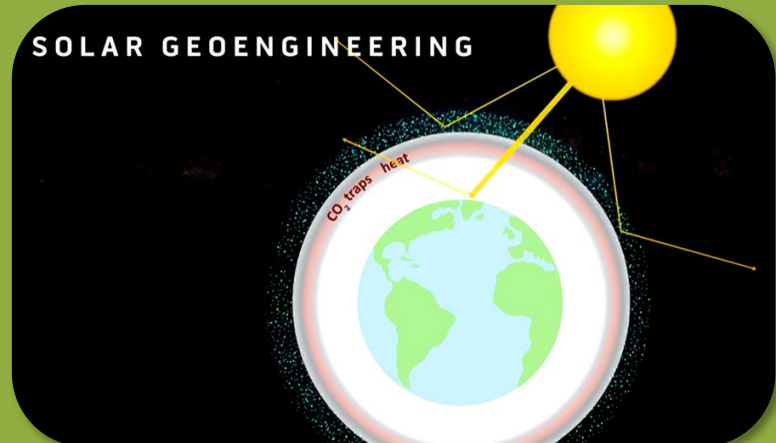


## Années 2000

Retour en puissance de la géo-ingénierie



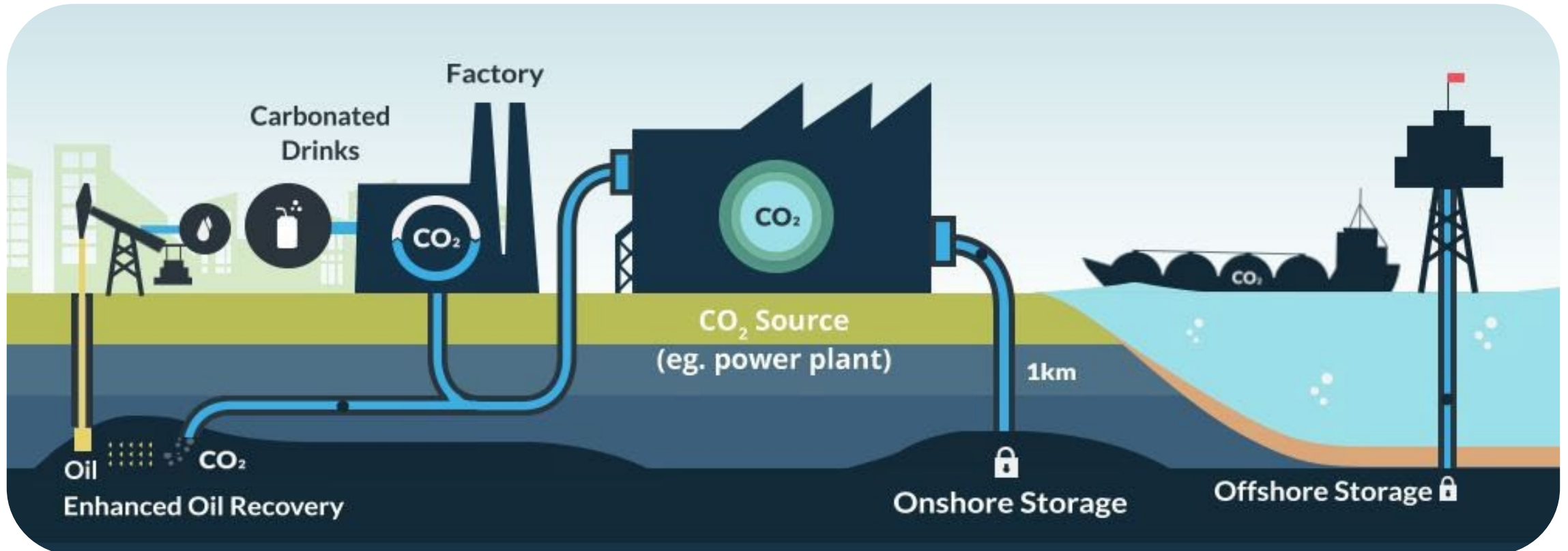
*Séquestration du carbone*



*Modification du bilan radiatif*

# QUELLE HISTOIRE ?

*La « climatisation » du CC(U)S (Carbon capture, use and storage)*



# QUELLE HISTOIRE ?

« Il se peut que brûler des fossiles « à gogo » ne présente pas de réelles conséquences, du moins pour notre génération ; cependant, les rapports sur le sujet, peut-être influencés par l'esprit du temps, ont tendance à devenir de plus en plus pessimistes. (...)

Comme le problème du CO<sub>2</sub> pourrait, à court et moyen terme, imposer des restrictions substantielles à la combustion des combustibles fossiles, toute stratégie énergétique basée sur la technologie actuelle pourrait être fortement conditionnée par celles-ci. J'ai donc décidé de voir si une approche de géoingénierie ne pourrait pas fournir une ligne conceptuelle pour résoudre le problème ou du moins minimiser ses conséquences. (Marchetti, 1977, pp. 1-2).

**La solution ?** « une sorte de “cycle du combustible” pour les combustibles fossiles, dans le cadre duquel le CO<sub>2</sub> est partiellement ou totalement collecté à certains points de transformation, et correctement éliminé » (Marchetti, 1977, v.).

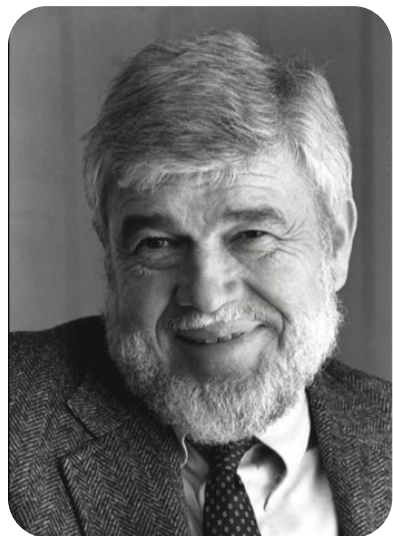


# QUELLE HISTOIRE ?

*L'essor de la capture du carbone atmosphérique*

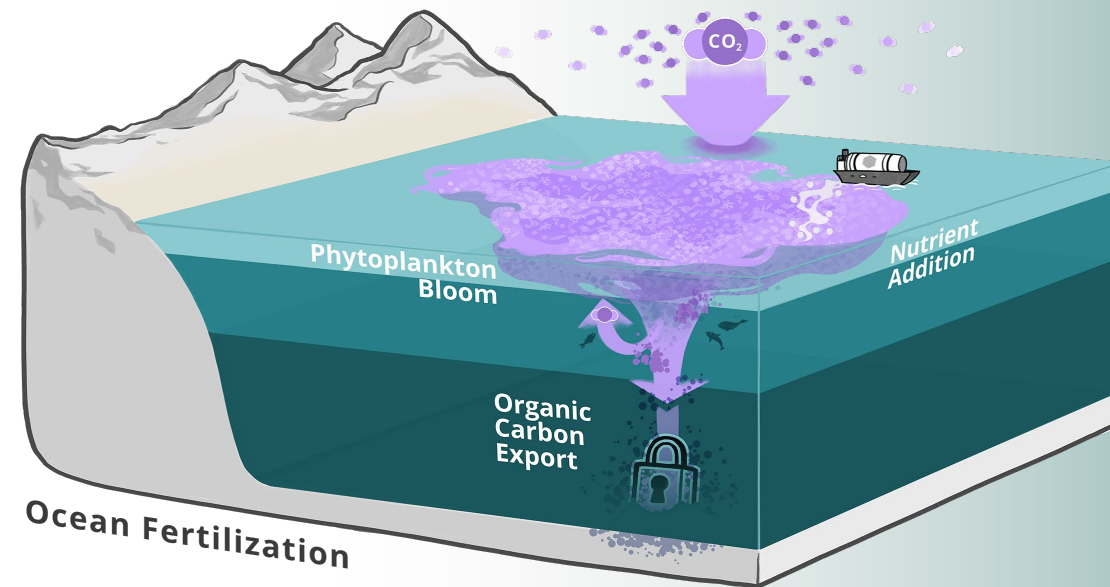
## Fertilisation des océans

<b>Niveau de maturité technologique (TRL)</b>	TRL 4-5 (plusieurs expérimentations à petite échelle, mais pas encore de déploiement commercial ou à grande échelle)
<b>Nombre de projets dans le monde</b>	Une quinzaine d'expérimentations



*« Donnez-moi un demi-tanker de fer et je vous donnerai une ère glaciaire. »*

**John Martin**



# QUELLE HISTOIRE ?

## *L'essor de la capture du carbone atmosphérique*

### Capture directe du carbone

#### Niveau de maturité technologique (TRL)

TRL 6-7 (des projets pilotes à échelle réduite sont en cours, et quelques unités commerciales à petite échelle )

#### Nombre de projets dans le monde

Une dizaine de projets en fonctionnement dans le monde



*« Il semble extrêmement difficile d'arrêter la croissance de la demande d'énergie fossile, mais pour stabiliser les niveaux de CO<sub>2</sub>, une réduction drastique des émissions de CO<sub>2</sub> est nécessaire. La seule issue semble être un moyen de collecter et de disposer ultérieurement du gaz après sa génération. »*

**Klaus Lackner**



# QUELLE HISTOIRE ?

*L'essor de la capture du carbone atmosphérique*

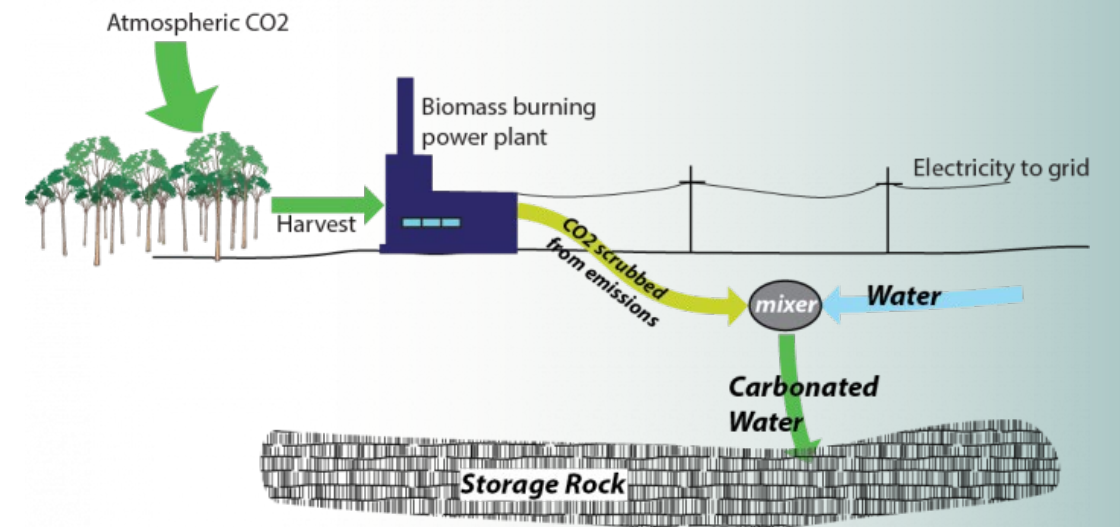
## Bioénergie/Captage/Stockage du carbone

Niveau de maturité technologique (TRL)	TRL 7-8 (des installations pilotes et quelques projets commerciaux sont opérationnels)
Nombre de projets dans le monde	Environ 20 à 30 projets actifs à l'échelle mondiale



**Robert Williams**

Chercheur à l'Université de Princeton





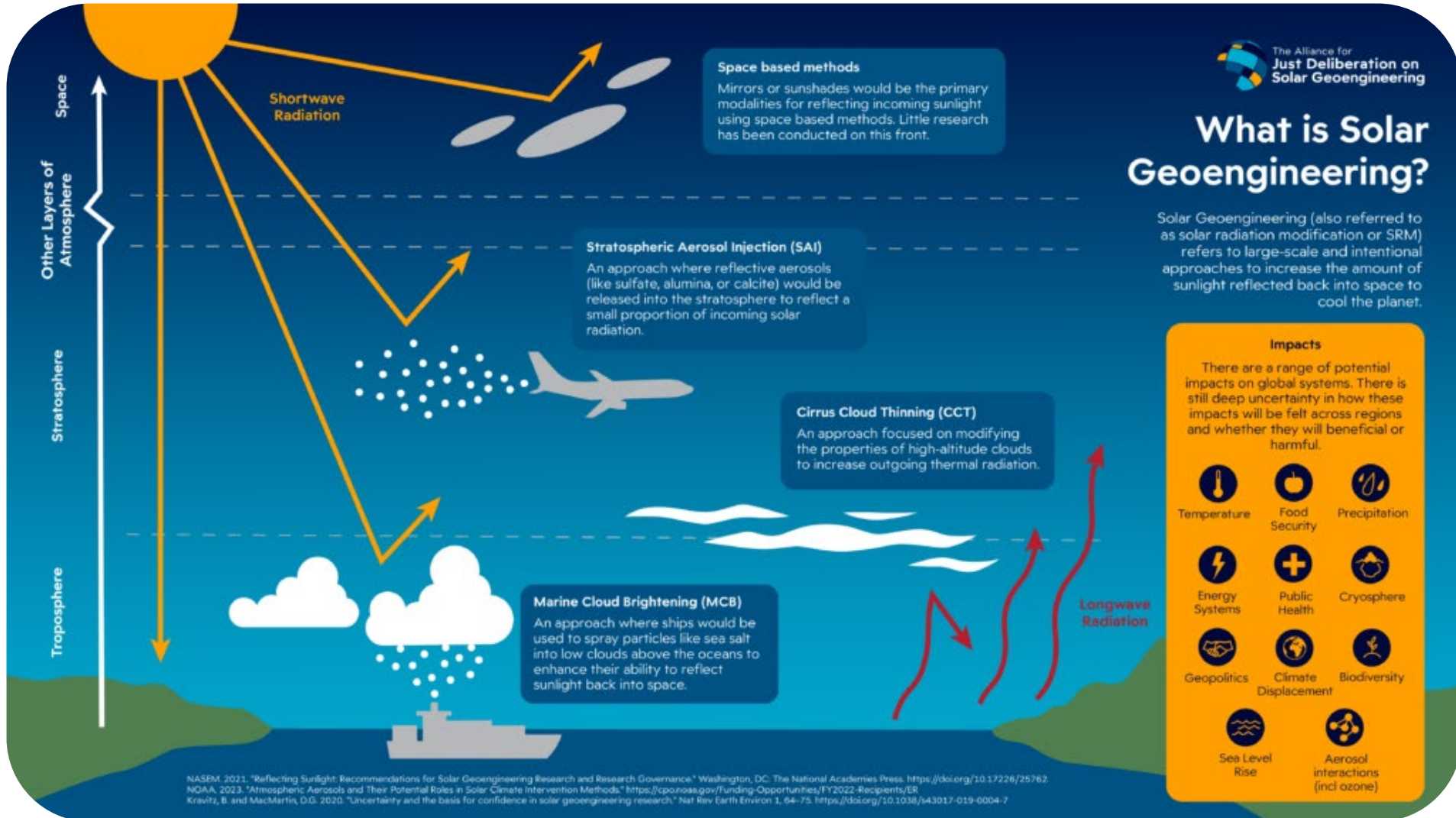
A person in silhouette stands on a grassy hill, looking out over a vast, open landscape. In the distance, there are mountains and a rainbow arches across the sky. The scene is bathed in a warm, golden light, suggesting either sunrise or sunset. The overall mood is contemplative and serene.

# Climeworks

Removing CO<sub>2</sub> from the air

# QUELLE HISTOIRE ?

## La modification du bilan radiatif



# QUELLE HISTOIRE ?

*L'hypothèse d'un refroidissement artificiel*

## L'injection d'aérosols dans la stratosphère



**Michael Budyko**



**Paul Crutzen**

ALBEDO ENHANCEMENT BY STRATOSPHERIC SULFUR  
INJECTIONS: A CONTRIBUTION TO RESOLVE A POLICY  
DILEMMA?

*An Editorial Essay*

Fossil fuel burning releases about 25 Pg of CO<sub>2</sub> per year into the atmosphere, which leads to global warming (Prentice et al., 2001). However, it also emits 55 Tg S as SO<sub>2</sub> per year (Stern, 2005), about half of which is converted to sub-micrometer size sulfate particles, the remainder being dry deposited. Recent research has shown that the warming of earth by the increasing concentrations of CO<sub>2</sub> and other greenhouse gases is partially countered by some backscattering to space of solar radiation by the sulfate particles, which act as cloud condensation nuclei and thereby influence the micro-physical and optical properties of clouds, affecting regional precipitation patterns, and increasing cloud albedo (e.g., Rosenfeld, 2000; Ramanathan et al., 2001; Ramaswamy et al., 2001). Anthropogenically enhanced sulfate particle concentrations thus cool the planet, offsetting an uncertain fraction of the anthro-

An aerial photograph of a vast, dark glacier with scattered patches of snow and ice. In the foreground, a red rope structure, likely part of a glacier cableway, is visible, consisting of several ropes converging at a point at the top. The background shows a bright sunset or sunrise over a horizon, with the sun low on the right side, casting a warm orange and yellow glow across the sky and the glacier. The overall scene is dramatic and emphasizes the scale of the natural environment.

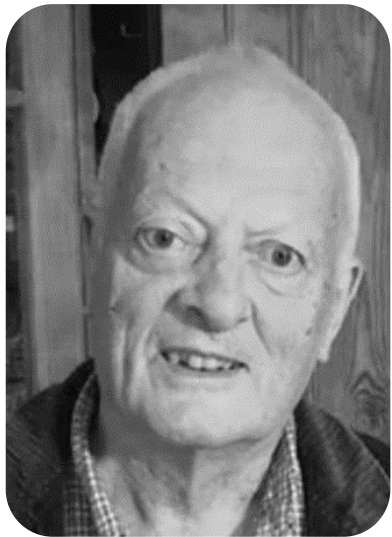
# Help us cool Earth

[\*Lien vidéo\*](#)

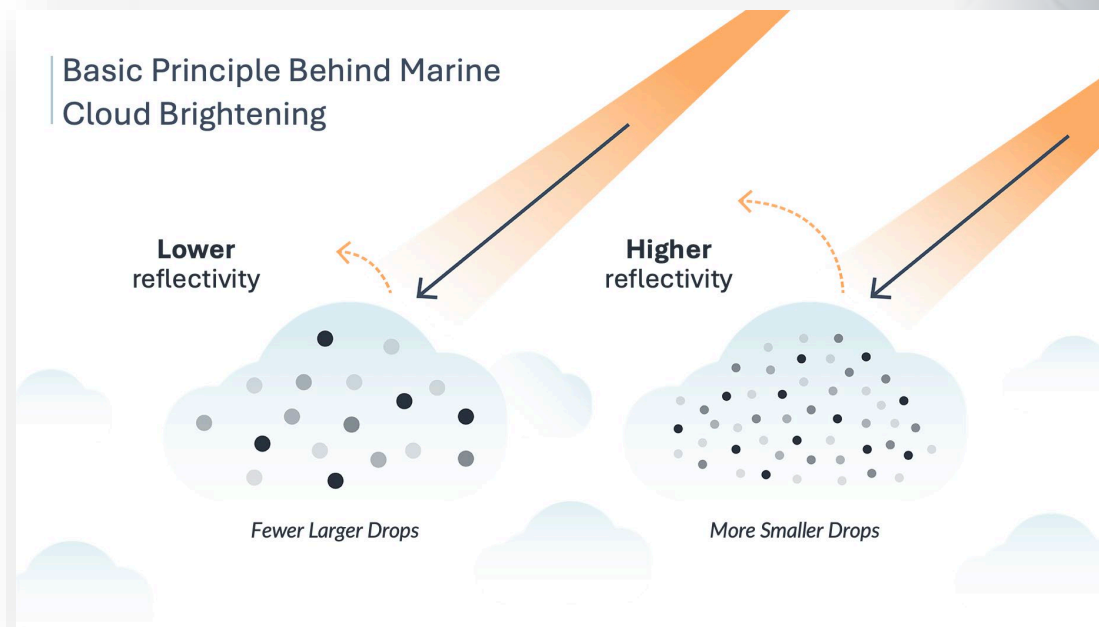
# QUELLE HISTOIRE ?

*L'hypothèse d'un refroidissement artificiel*

## Eclaircissement des nuages marins



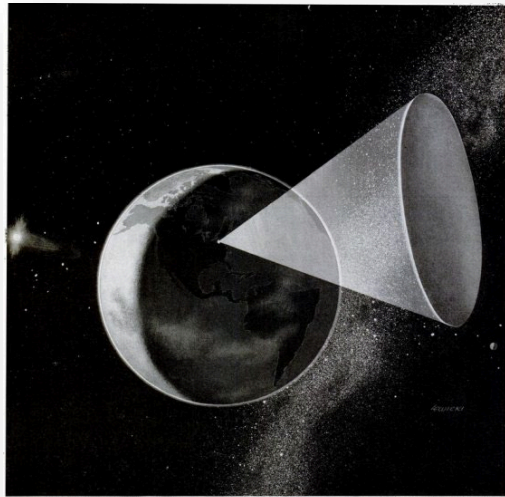
John Latham



# QUELLE HISTOIRE ?

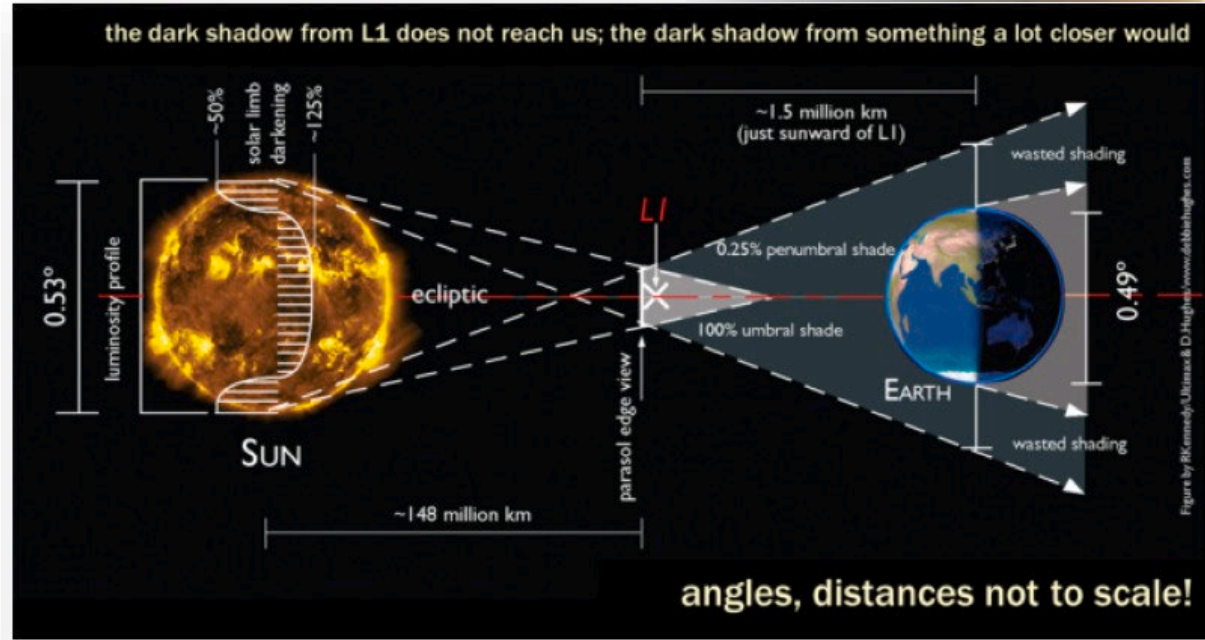
## *L'hypothèse d'un refroidissement artificiel*

### Miroirs spatiaux



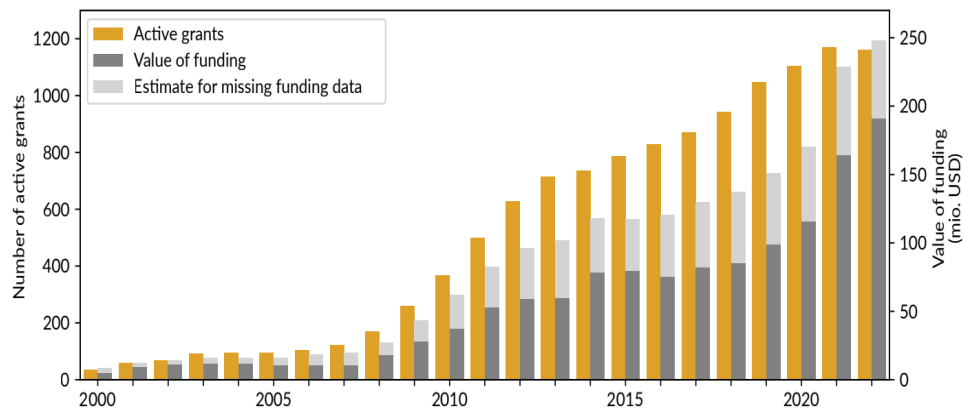
**THE GERMAN SPACE MIRROR**  
**NAZI MEN OF SCIENCE SERIOUSLY PLANNED TO USE A MAN-MADE SATELLITE AS A WEAPON FOR CONQUEST**

In Germany last month U. S. Army technical experts came up with the astonishing fact that German scientists had seriously planned to build a "sun gun," a big mirror in space which would focus the sun's rays to a scorching point at the earth's surface. The Germans, the Army reported, hoped to use such a mirror to burn an enemy city, to blind or to hold part of an ocean. Many U. S. newspaper readers, remembering the eerie success of U. S. and U. S. combined aircraft, would naturally believe the earth's gravitational pull. Men would live inside the station, breathing an artificial atmosphere. The only major obstacle mentioned was a rocket powerful enough to reach a point where a space station could be built. If the modern German scientists had been able to make such a rocket, they might have been able to set up their sun gun. "What would you have accomplished what they reported, however, is another matter. Our paper will...



# Des techniques en plein essor

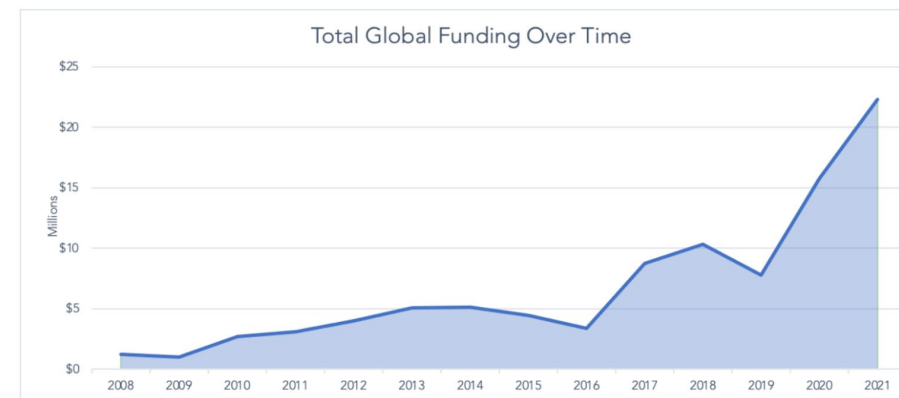
*Une accélération scientifique, politique, économique*



**Evolution des subventions de recherches allouées au CDR entre 2000 et 2022**

State of CDR, 2024

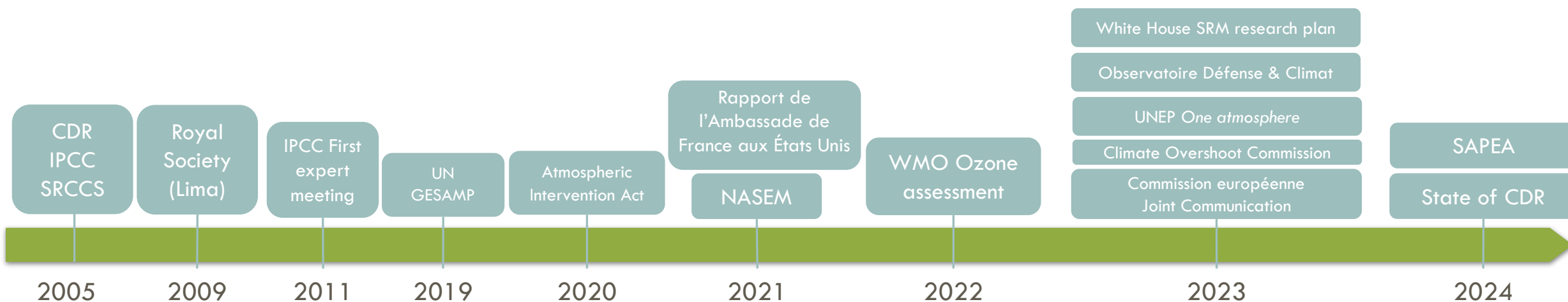
Valeur cumulative 2000-2022: **2.6 \$ milliards**



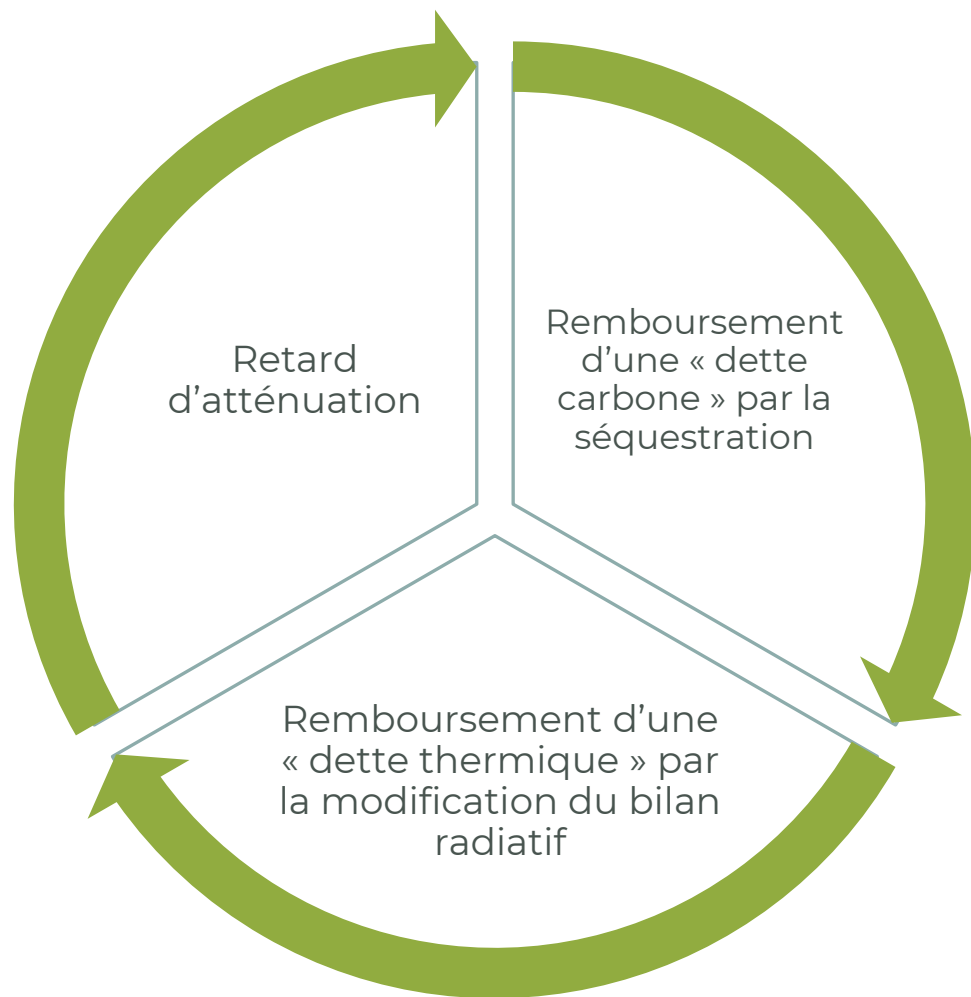
**Evolution des subventions de recherches allouées au SRM entre 2008 et 2021**

Horton, 2022

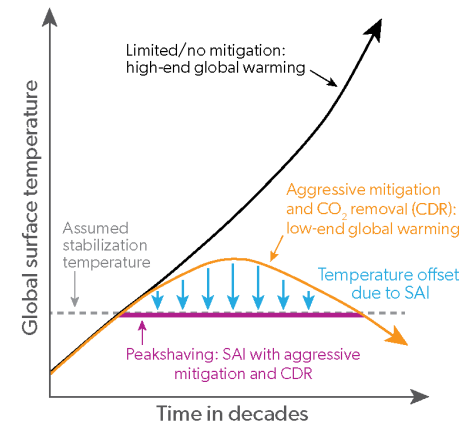
Valeur cumulative 2008-2021: **95 \$ millions**



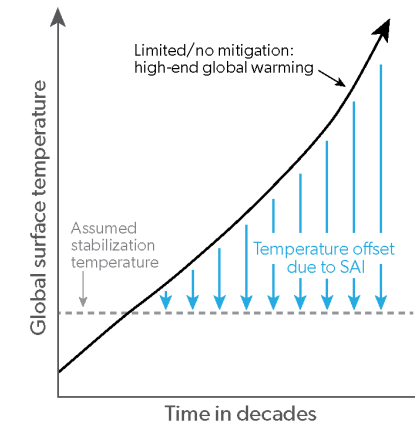
# De l'économie de la promesse à l'économie de la dette



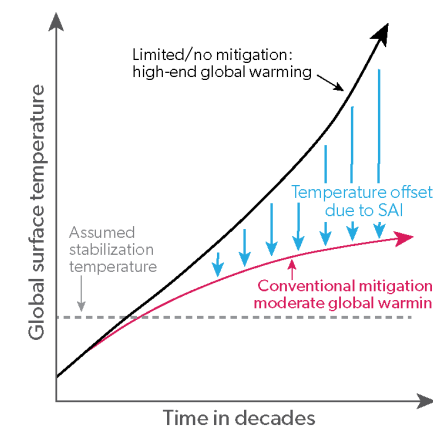
**A) Peakshaving:**  
Aggressive mitigation and CO<sub>2</sub> removal (CDR) plus SAI to prevent target temperature overshoot



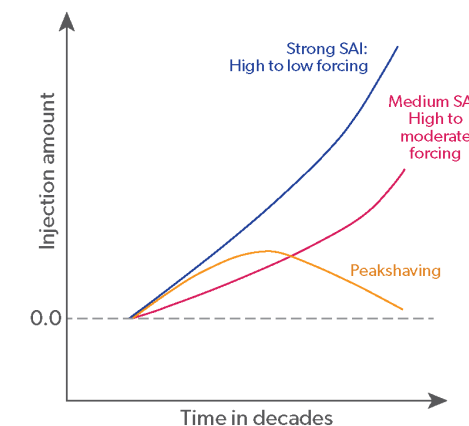
**B) Strong SAI:**  
Reduction of high end global warming to a specific target temperature



**C) Medium SAI:**  
Reduction of high end global warming to moderate global warming



**D) Injection amount of precursor aerosol for SAI scenarios**

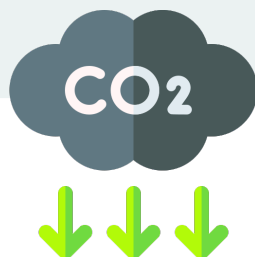


WMO Ozone assessment 2023



## Élimination du carbone

- Compétition pour les terres
- Compétition pour les ressources (énergétiques)
- Technologies maîtrisées par le secteur pétro-gazier



## Géo-ingénierie

- Dégradation de la biodiversité
- Substitut aux politiques d'atténuation
- Conflit international
- Forts besoins/vulnérabilité énergétiques



## Modification du rayonnement solaire

- Dérèglement des systèmes atmosphériques
- Insécurité alimentaire
- Exacerbation du réchauffement
- Déploiement unilatéral
- Choc terminal

