

LA GÉO-INGÉNIERIE

OU LA MANIPULATION DU CLIMAT À GRANDE ÉCHELLE

GÉRER LE RAYONNEMENT SOLAIRE



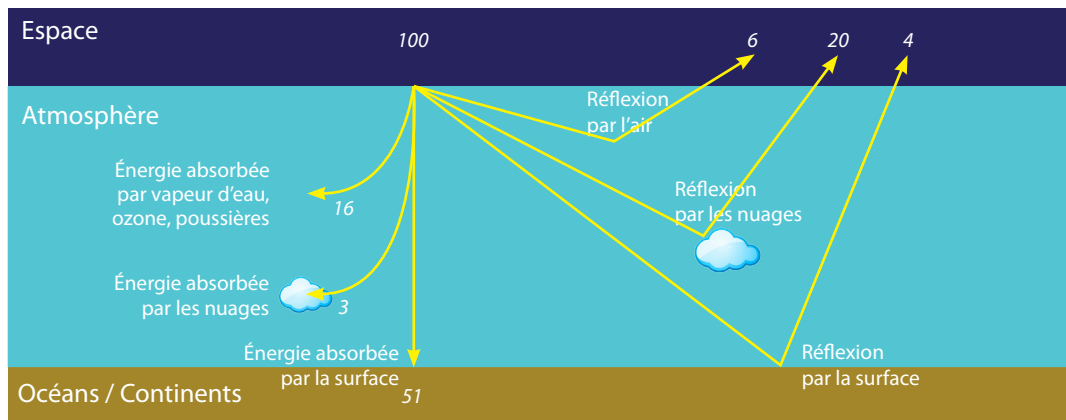
La **géo-ingénierie** regroupe deux grandes catégories de technologies pour contrer le réchauffement climatique dû aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) :

- ✓ Les technologies de capture et de séquestration du dioxyde de carbone (voir la fiche « *Les océans comme laboratoires* ») ;
- ✓ Les technologies dites de « **gestion du rayonnement solaire** » (GRS) qui font l'objet de cette fiche.

La GRS vise à refroidir la planète en augmentant la partie du rayonnement solaire entrant qui est réfléchi vers l'espace.

L'ALBÉDO GLOBAL TERRESTRE OU COMMENT FAIRE RÉFLÉCHIR LA TERRE ?

Tout corps réfléchit une partie de l'énergie solaire qu'il reçoit. L'**albédo** mesure cette part d'énergie solaire réfléchi par rapport à celle reçue. Plus un corps est clair plus il est réfléchissant : son albédo est fort. Un corps sombre absorbe d'avantage les rayons du soleil : son albédo est faible.



Le rayonnement solaire incident sur la planète (environ 342 Wm^{-2} en moyenne annuelle au sommet de l'atmosphère) n'est pas complètement absorbé par la surface de la Terre. Une partie du flux solaire (environ 30%) est réfléchi et renvoyé vers l'espace par l'atmosphère (6 % par l'air, 20 % par les nuages) et par les surfaces terrestres (4%). L'**albédo** global terrestre exprime cette fraction (qui vaut environ 0,3) du rayonnement solaire qui ne servira donc pas à chauffer la planète.

coalition₂₁
climat

fondation
SCIENCES
CITOYENNES

À l'occasion des mobilisations citoyennes autour de la **COP21** (21^e Conférence des parties de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques) organisée à Paris en novembre et décembre 2015 et en lien avec la **Coalition Climat 21**, la **Fondation Sciences Citoyennes** propose un éclairage sur ce qu'elle considère, à l'instar de nombreux scientifiques, comme une fausse solution qui risque bien de prendre le pas sur la réduction des émissions de CO_2 .

L'ALBÉDO GLOBAL TERRESTRE OU COMMENT FAIRE RÉFLÉCHIR LA TERRE ? (SUITE)

Les nuages, les particules atmosphériques (comme par exemple les panaches volcaniques) jouent un rôle de parasol en empêchant une part des rayons solaires d'atteindre la surface de la terre : leur albédo est fort.

Les surfaces terrestres (neiges, glaces, océans, forêts, déserts...) sont plus ou moins réfléchissantes selon qu'elles sont claires ou sombres: la neige et la banquise ont un albédo fort de 60 à 90 %, les océans de 5 à 10 %, les déserts de 30 à 50 %, les forêts de 5 à 20 %, les terres agricoles de 5 à 30 %, les prairies de 18 à 25 %, les villes et routes de 5 à 30 %.

L'**effet d'albédo** joue ainsi un rôle sur le climat et l'équilibre thermique de la planète. Il est à son tour modifié par les activités humaines et le réchauffement climatique. Par exemple la fonte observée des glaciers en montagne et de la banquise en Arctique entraîne une diminution de la surface réfléchissante et l'albédo local diminue, entraînant un réchauffement accru de la région qui à son tour amplifie la fonte. C'est un effet boule de neige appelé « **rétroaction positive** » par les climatologues.

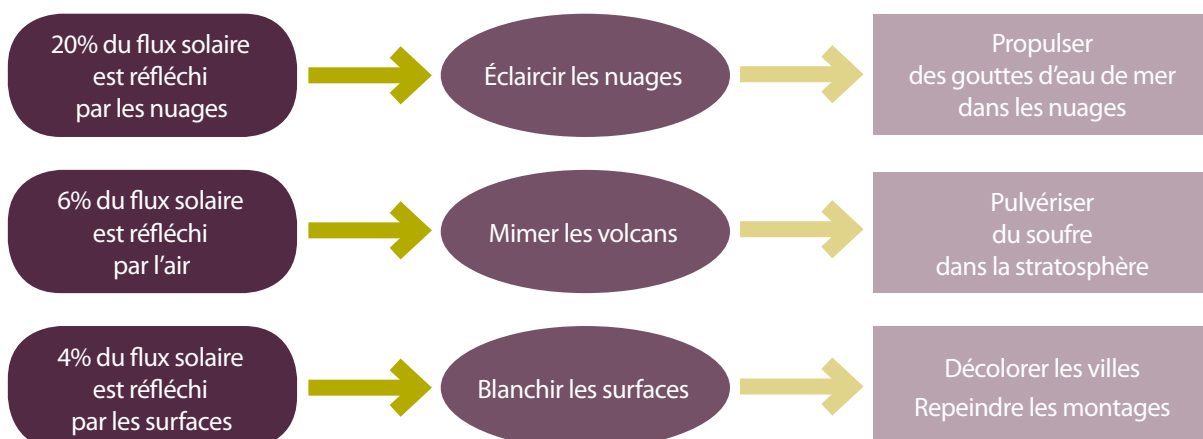
LA GESTION DU RAYONNEMENT SOLAIRE (GRS)

Les techniques de GRS ont pour but de réguler la lumière et la chaleur incidente du soleil en accroissant la part qui est réfléchiée vers l'espace. L'albédo moyen de la terre étant d'environ 30 %, peut-on compenser en partie le réchauffement en augmentant cette valeur ?

L'ensemble des options envisagées ont en commun deux caractéristiques essentielles :

- ✓ Elles prétendent s'attaquer aux symptômes de la maladie (le réchauffement planétaire) plutôt qu'à ses causes (l'augmentation des émissions humaines de GES) sans d'ailleurs toucher aux autres symptômes (en particulier l'acidification des océans).
- ✓ Elles s'appuient sur des scénarios hyper-technologiques avec des dispositifs peu mûrs et des incertitudes majeures sur leur efficacité, leur stabilité, leur coût et leurs impacts climatiques, environnementaux, sociaux et politiques.

Parmi les multiples options envisagées, plus ou moins crédibles, parfois délirantes, très souvent exagérément optimistes, on trouve les techniques suivantes : l'éclaircissement des nuages, la décoloration des surfaces terrestres et le mimétisme volcanique par pulvérisation d'aérosols soufrés dans la haute atmosphère. Nous insisterons sur cette dernière, les deux premières faisant l'objet d'un intérêt bien moindre et présentant, pour le moment, beaucoup moins de risques d'être mises en œuvre.



MIMER L'ÉRUPTION DU PINATUBO

Parmi les options actuelles de la GRS, la plus spectaculaire est celle d'un « volcanisme artificiel » créé par pulvérisation de particules de soufre dans la haute atmosphère afin de réfléchir les rayons du soleil et renvoyer leur chaleur dans l'espace. Ce scénario s'appuie sur l'observation d'éruptions qui ont mené à une chute significative des températures au cours des deux derniers siècles.

Le refroidissement constaté serait dû aux poussières volcaniques et aux gouttelettes d'acide sulfurique. Durant les années 1970, le climatologue soviétique Mikhaïl Budyko annonce qu'il est possible de provoquer un refroidissement global en injectant des aérosols dans la stratosphère. Paul Crutzen, prix Nobel en 1995 pour ses travaux sur la couche d'ozone, lui emboîte le pas en 2006 dans un article dans la revue *Climatic Change* et préconise d'injecter du dioxyde de soufre en grande quantité reflétant la lumière du soleil. Depuis, le concept initial né de l'observation de l'effet Pinatubo s'est approfondi dans les laboratoires de Bala Govindasamy et de Ken Caldeira au *Lawrence Livermore National Laboratory*. Ils proposent de provoquer artificiellement une modification de l'insolation terrestre en déployant des aérosols dans la stratosphère grâce à des ballons, des avions de combat ou de l'artillerie lourde.

- ✓ **1815** : éruption du stratovolcan indonésien Tambora . 150 km³ de cendres sont projetées dans la stratosphère entraînant un « hiver volcanique » avec une chute des températures moyennes en Europe et dans le Nord-Est des États-Unis (entre 0,5 et 1°C).
- ✓ **1883** : éruption en Indonésie du volcan Krakatoa entraînant une baisse de 0,25°C.
- ✓ **1991** : éruption dans l'Archipel des Philippines du volcan Pinatubo. On estime que 10 millions de tonnes de soufre (sous forme de dioxyde de soufre) ont été injectées dans la stratosphère assombrissant suffisamment la terre pour provoquer une baisse de 0,5°C pendant une année .

LES APPRENTIS SORCIERS DU CLIMAT JOUENT AVEC LE FEU

Ce scénario hyper-technologique de « filtre solaire » est souvent présenté comme une alternative aux faillites successives des négociations politiques internationales. La complexité et les incertitudes du système climatique font qu'il est impossible de tirer des conclusions sur ce qu'il adviendrait. La régulation de la température à l'aide d'un filtre solaire nécessiterait des quantités de soufre équivalentes à une éruption du mont Pinatubo tous les 4 ans. Le procédé ne s'attaque pas aux causes du réchauffement (les émissions de gaz à effet de serre ou GES) ni à ses effets comme l'acidification des océans : il n'y a pas équivalence de substance entre un monde avec davantage de gaz à effet de serre et d'aérosols stratosphériques et un monde sans l'un ni l'autre.

Le *principe d'urgence* remplacerait alors le *principe de précaution* et pousserait les promoteurs à être exagérément optimistes sur les bienfaits planétaires de leurs options. Pourtant, de nombreuses voix s'élèvent sur les risques et conséquences (entre autres les risques climatiques au niveau régional) qui pourraient résulter de ces altérations volontaires de la stratosphère.

Distinguer les effets du filtre solaire des autres causes de variabilité du climat semble impossible autrement que sur une très longue période (10 ans minimum) et de nombreux risques existent :

- ✓ Probable perturbation de la pluviométrie : on a observé, par exemple, un déficit mondial de pluviométrie très sérieux par rapport à la normale en 1992 suite à l'éruption du Pinatubo.
- ✓ Réduction importante du régime des moussons en Afrique et Asie avec ses impacts dramatiques sur la sécurité alimentaire des populations.
- ✓ Impact sur la couche d'ozone : comment les composés soufrés réagiraient avec l'ozone ?

La durée de vie des GES dans l'atmosphère est beaucoup plus longue que celle des sulfates dans la stratosphère. Il faudrait donc prévoir l'injection croissante et continue d'aérosols.

- ✓ Effet « rebond » : des résultats de modélisations suggèrent que, dans l'hypothèse de mises en place d'un programme de gestion du rayonnement solaire (GRS) sans réduction concomitante des émissions de gaz à effet de serre (GES), un arrêt soudain de ce programme (qui pourrait être dû à des problèmes techniques ou diplomatiques) serait suivi d'une augmentation extrêmement brusque et ample de la température mondiale du globe. La GRS s'apparente donc à une technique qu'il serait impossible, une fois déployée, d'arrêter sous peine de conséquences dramatiques.

LES APPRENTIS-SORCIERS DU CLIMAT JOUENT AVEC LE FEU (SUITE)

Plus pragmatiquement, le déploiement à large échelle de techniques de GRS soulève d'importantes questions de mise en oeuvre : quelle instance serait responsable de coordonner la pulvérisation de quantités massives d'aérosols de soufre ? Une coopération internationale durable et stable serait indispensable afin d'éviter que des puissances individuelles ne mettent la main sur le « thermostat planétaire » et en fasse une arme diplomatique. Or, les exemples répétés des négociations climatiques ont bien souligné les difficultés des États à s'entendre sur ce genre de questions.

GRS : D'AUTRES OPTIONS À LA LIMITE DU GROTESQUE...

✓ **Éclaircir les nuages** : plus les nuages sont blancs, plus la quantité de lumière réfléchi est grande. L'idée du météorologue J. Latham consiste alors de blanchir les stratocumulus qui couvrent entre 1/4 et 1/3 des océans en vaporisant dans l'air des gouttelettes d'eau de mer (inférieures au micron) dont les résidus salés après évaporation stimuleraient la condensation des nuages. Il faudrait pour cela avoir recours à une immense armada de bateaux capables de diffuser un flux perpétuel de ces gouttelettes microscopiques. La technologie de production industrielle de ce spray miracle reste à inventer. Les partisans de cette dernière sont bien incapables de prévoir l'efficacité réelle de cette option, pas plus que ses conséquences météorologiques et environnementales.

✓ **Blanchir les surfaces terrestres** : l'idée part du même principe que pour l'éclaircissement des nuages ; si une large surface de la Terre pouvait être blanchie, cela permettrait de réfléchir davantage d'énergie solaire. Plusieurs idées ont été avancées en ce sens :

• **Colorer les villes** - H. Akbari et S. Menon (Prix Nobel de la Paix comme coauteurs du dernier rapport du GIEC) ont estimé que dans les villes denses (environ 1,5 millions de km²) 25 % de la surface est occupée par les toits et 35% par les rues bitumées dont l'albédo est faible. Leur solution est de recouvrir ces surfaces sombres d'une couche de peinture blanche. On peut douter de l'efficacité de cette option « villages grecs » : qu'en serait-il au Royaume-Uni où le soleil ne brille en moyenne que 61 jours par an. Comment produire suffisamment de peintures et de solvants ? Quel bilan carbone de l'opération ? Quel coût ? Combien de temps pour la mise en œuvre et quand faudra-t-il recommencer ?

• **Blanchir les montagnes** - La disparition des glaciers du Pérou prive de réserves en eau les prairies et animaux d'élevage. L'idée de repeindre en blanc les montagnes devenues sombres avec une bouillie faite d'eau, de sable et de chaux permettrait de maintenir les glaciers à une température plus basse, à la glace de se former et dans le même temps augmenter la réflexion de l'énergie solaire. Là encore on peut douter de l'efficacité et de la mise en œuvre d'une telle option dont la recherche est financée par la Banque mondiale.

LA « BIDOUILLE » DU CLIMAT APORTE BIEN PLUS DE QUESTIONS QUE DE RÉPONSES AU PROBLÈME DU CHANGEMENT CLIMATIQUE. POUR LES SCIENTIFIQUES, LES INVESTISSEURS ET LES PERSONNALITÉS POLITIQUES QUI EN FONT LA PROMOTION, CELA RESSEMBLE PLUS À UN DÉLIRE PROMÉTHÉEN DE DOMINATION DE LA NATURE OU À UNE FUITE EN AVANT PRÔNANT TOUJOURS PLUS DE TECHNOSCIENCE POUR RÉPARER LES ERREURS DE LA TECHNOSCIENCE.

Un projet soutenu par :



• Cette fiche est le résultat d'un travail effectué au sein de l'association pour une **Fondation Sciences Citoyennes** (FSC) par Dominique Cellier, Kévin Jean, Sylvie Nadin et Fabien Piasecki.

• Ce document est amené à évoluer au fil du temps, la version que vous êtes en train de lire n'est pas définitive.

• Pour plus d'information :
geo-ingenierie@sciencescitoyennes.org
<http://sciencescitoyennes.org>

