



HAL
open science

Géoingénierie : les technologies sauveront-elles le progrès ? De la bonne échelle pour agir sur le climat

Yves Citton, Benoît Dubacq

► **To cite this version:**

Yves Citton, Benoît Dubacq. Géoingénierie : les technologies sauveront-elles le progrès ? De la bonne échelle pour agir sur le climat . Revue du crieur, 2022, 21, pp.80-95. hal-04013039

HAL Id: hal-04013039

<https://hal.science/hal-04013039v1>

Submitted on 11 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Paru dans la *Revue du Crieur*, n° 21, octobre 2022, p. 80-95.

Yves Citton & Benoît Dubacq

Géoingénierie : les technologies sauveront-elles le progrès ? De la bonne échelle pour agir sur le climat

Géo-ingénierie : le mot pose autant de problèmes que la chose. Faut-il n'y voir que l'injection d'aérosols dans la haute atmosphère, ou toute intervention à grande échelle pour combattre les effets de l'émission de gaz à effet de serre ? La plupart des mobilisations anticapitalistes y dénoncent une ruse pour vendre des technologies censées nous sauver des technologies. Mais envisager sérieusement la capture et séquestration du carbone à l'échelle industrielle relève-t-il seulement du *green washing* ? Le choix de la moins pire des géo-ingénieries est-il désormais incontournable ? Et si une certaine myopie localiste nous précipitait vers les plus funestes des solutions, en prétendant nous en détourner ?

Aventurez-vous à prononcer le mot *géo-ingénierie* parmi vos amis écologistes, et vous verrez sans doute leurs sourcils se froncer de réprobation, avant même que vous ayez pu finir votre phrase. Que nous ayons lu ou non le livre de Clive Hamilton qui en déboulonnait fermement les prétentions, un réflexe quasi-pavlovien nous fait majoritairement associer la géo-ingénierie à une folie d'*Apprentis sorciers du climat*. Deux siècles de délires prométhéens et d'industrialisation à marche forcée nous ont fait polluer nos sols, souiller nos rivières, plastifier nos océans et surchauffer notre climat : qui pourrait être assez naïf pour croire que s'attaquer frontalement à notre atmosphère ne causera pas plus de dommages durables que d'avantages éphémères ? On ne nous la fait plus, le sens de l'Histoire s'est retourné : à l'heure où l'on commence enfin à remettre les engrais chimiques et les pesticides dans leurs fûts, ce n'est certainement pas le moment de coller des ailes à la sulfateuse pour assombrir le ciel.

Une telle méfiance – pas si nouvelle que cela – est certainement bienvenue. Elle règle toutefois un peu vite le problème, avant même de l'avoir posé. Pour en renouveler le cadrage idéologique, le livre récent de Holly Jean Buck, *After Geoengineering. Climate Tragedy, Repair, and Restoration* est particulièrement précieux. Parmi les autorités qui le cautionnent sur la quatrième de couverture, on trouve tout un prestigieux aréopage allant de l'écologie la plus véhémement (Andreas Malm) à l'accélérationnisme le plus décomplexé (Benjamin Bratton), en passant par le post-marxisme le plus décoiffant (McKenzie Wark).

Sortir de l'aveuglement des fausses alternatives

Le titre peut laisser espérer qu'on est déjà revenu des rêves fous de la géo-ingénierie, comme on est revenu des miracles des organismes génétiquement modifiés et des promesses de la fée nucléaire. Le contenu du livre douche toutefois rapidement cet espoir : nous n'échapperons pas au besoin d'une remédiation globale et massive, qui impliquera probablement d'envisager de jouer aux apprentis sorciers avec le climat, pour la triste raison que nos prestidigitations inconsidérées l'ont déjà endommagé au-delà des capacités naturelles de réparation de la Terre. La vraie question n'est pas de savoir *si* nous devons avoir recours à

la géo-ingénierie, mais à *quel type* de géo-ingénierie nous devrions faire confiance pour minimiser les conséquences de nos sorcelleries consuméristes...

Holly Jean Buck dénonce la géo-ingénierie non tant comme une pratique ou un projet que comme un terme fourre-tout qui sert d'épouvantail aveuglant les néophytes, et qui empêche de poser les questions vraiment importantes en les recouvrant de choix faussement binaires. Pour ou contre la géo-ingénierie ? Élimination du carbone ou réduction des émissions ? Solutionnisme techniciste ou transformations sociales ? Dans *Les Apprentis sorciers du climat*, Clive Hamilton avançait l'argument de « l'aléa moral », voulant que « *la recherche en géo-ingénierie affaiblit, de manière presque certaine, les incitations à poursuivre la réduction des émissions*¹ ». Prévenir ou remédier : il fallait choisir.

Pour Buck, il est évident au contraire que l'absence de progrès significatif dans les solutions de géo-ingénierie ne nous a nullement contraints à réduire significativement nos émissions. Sans alternative viable, il faut impérativement réduire les émissions *et* il faudra inévitablement éliminer le carbone que nous avons envoyé, que nous envoyons et que nous enverrons dans l'atmosphère.

Son repositionnement est en fait plus radical encore puisque, loin de pouvoir servir d'alibi au besoin de transformer fondamentalement nos modes de production et nos régimes sociaux, la géo-ingénierie apparaît comme un catalyseur de mutations nécessairement drastiques : « *Pour fonctionner réellement, la géo-ingénierie exige un changement systémique [...] ; la montée en puissance des énergies renouvelables et de la séquestration du carbone ne peut être sérieusement envisagée qu'en corrélation avec une transformation sociale et politique majeure*². »

Aux alternatives abstraites faussement exclusives, qui sont nos pires ennemies, Holly Jean Buck substitue une gamme large et passionnante de solutions beaucoup plus précises et pertinentes, qu'il importe de mettre en œuvre en privilégiant les moins mauvaises et en les combinant dès maintenant : il est déjà trop tard mais agir vite et fort limitera les dégâts. Pour ce faire, elle s'attache à présenter des conceptions et des pratiques diverses que l'on confond trop souvent sous la stigmatisation aveuglante de la « géo-ingénierie ». Elle articule son enquête en trois grands domaines : les « *solutions climatiques naturelles* », la « *capture et séquestration de carbone* » et la « *géo-ingénierie solaire* ».

Mérites et insuffisances des « solutions naturelles »

Le premier domaine est le moins inquiétant, en ce qu'il se contente d'utiliser les systèmes biologiques existants qui ont la propriété de réduire la quantité de carbone présente dans l'atmosphère. Il s'agit de dispositifs bien connus comme l'accroissement de la couverture forestière ou la protection et la restauration des zones humides, mais aussi d'augmenter la teneur en carbone des sols des terres agricoles et de cultiver de façon intensive certains types d'algues ou de micro-organismes pour drainer le carbone au fond des océans, ou encore certaines céréales comme le kernza, dont les racines plongent à plus de trois mètres de profondeur pour y enfouir le carbone. La carbonisation de matière organique, promue par certains avocats de la permaculture, ouvre également des perspectives prometteuses de retraitement de nos déchets, avec l'avantage de limiter l'apprenti-sorcellerie au strict minimum.

On se rend vite compte, toutefois, que ces solutions « naturelles » ne le sont pas tant que ça, puisque les développer à une échelle significative impliquerait un contrôle international strict et subtil de l'utilisation des terrains pour ne pas se contenter de déplacer les problèmes (comme déforester dans un pays pour compenser la perte de surface agricole suite aux

¹ C. Hamilton, *Les Apprentis-sorciers du climat. Raisons et déraisons de la géo-ingénierie*, Paris, Seuil, 2013, p. 227.

² H. J. Buck, *After Geoengineering. Climate Tragedy, Repair, and Restoration*, New York, Verso, 2019, p. 39.

opérations de reforestation d'autres pays). Par ailleurs, elles induisent des bouleversements considérables de certains écosystèmes et des risques de pollution des océans. De plus, ces solutions pas si nouvelles n'ont pas toutes une efficacité garantie : la fertilisation des océans, censée augmenter le piégeage de carbone par les micro-organismes et vantée depuis deux décennies par ses promoteurs, n'en finit pas de décevoir par son inefficacité et ses désagréments³.

Surtout, même s'il est certainement à privilégier comme étant le plus rassurant, ce premier domaine bute sur trois limites majeures. D'abord, il s'agit souvent de diminutions de CO₂ à effet unique : le captage de carbone d'une forêt plafonne au bout de quelques décennies. Ces solutions sont par ailleurs fragiles parce que réversibles : une forêt peut brûler (d'autant plus que les températures augmentent) et son bois pourrir en vieillissant, relarguant dans les deux cas le carbone capturé. Il faut donc abattre les arbres à maturité, stocker leur bois (on parle alors d'« émission négative en carbone ») ou le brûler – remplaçant ainsi les énergies fossiles (on passe ainsi d'un bilan d'émission très positif à un bilan nul par unité d'énergie produite, puisque le carbone du bois est tiré de l'atmosphère) –, puis replanter en continu. C'est la « gestion durable » des forêts françaises vantée sur les emballages de nos produits. Enfin, la gamme de solutions rassemblées dans ce premier domaine pêche surtout par son insuffisance en termes d'échelle : même si chacune de ces interventions remplissait tous les espoirs mis en elle, nous serions encore loin de pouvoir diminuer suffisamment la concentration de gaz à effet de serre pour ne pas connaître de dérèglement climatique majeur. Il faut dépasser les bonnes intentions.

Holly Jean Buck souligne en effet à plusieurs reprises la disproportion entre ces petites solutions prometteuses et rassurantes et l'ampleur des quantités de CO₂ qu'il s'agit de séquestrer pour apporter une solution réaliste aux problèmes auxquels nous sommes confrontés. Nos émissions actuelles sont d'environ 50 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ par an à l'échelle mondiale, avec des disparités énormes : 20 tonnes par an pour l'États-unien moyen, 9 pour l'Européen et 3 pour l'Indien⁴, reflets de la manufacture, des transports, mais aussi des besoins en chauffage et en climatisation, et du mode de production d'électricité. Une moitié environ du CO₂ anthropique est utilisée rapidement par les plantes et dissoute naturellement dans les océans, l'autre moitié s'accumule inexorablement dans l'atmosphère. Cette seconde part, bien qu'apparaissant petite face aux 800 milliards de tonnes de carbone déjà présentes dans l'air, est suffisante pour augmenter à terme la température mondiale et déstabiliser le climat auquel nous sommes habitués, résultat d'un équilibre séculaire. Et *Homo Sapiens* n'est pas la seule espèce concernée, car la vitesse du changement est plus grande que celle de la migration ou de l'adaptation de nombreuses autres espèces, animales comme végétales, et l'augmentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère a un effet délétère sur nombre d'écosystèmes marins par acidification des eaux de surface.

Le mal est plus profond que la seule incurie de nos gouvernements, et Holly Jean Buck en dégage les racines. Notre civilisation entière repose sur une grande consommation d'énergie. Et de rappeler que si l'on maudit facilement l'industrie des énergies fossiles, on oublie trop vite que 93 % des revenus mondiaux de l'industrie pétrolière profitent à des entités publiques, sous forme de taxes à la pompe pour les pays consommateurs et d'entreprises d'États pour les pays producteurs. Un pays émergent comme le Kazakhstan a son économie fondée sur l'industrie pétrolière (la moitié de ses revenus) : qui osera soutenir qu'il pourrait s'en passer, alors que le développement occidental s'est fait sans plus de considérations environnementales et grâce à une énergie à bas coût ? Comment ne pas voir que l'exportation

³ D. Keller *et al.*, « Potential climate engineering effectiveness and side effects during a high carbon dioxide-emission scenario », *Nature Communications*, vol. 5, 2014, p. 3304.

⁴ J. Olivier et J. Peters, « Trends in global CO₂ and total greenhouse gas emissions », Report, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, La Hague, 2020.

de l'industrie manufacturière vers l'Asie fait subir à ces pays le coût de notre mode de vie à la consommation effrénée ? Et oublier que les éoliennes qui « verdissent » efficacement notre énergie demandent une extraction minière désastreusement polluante en Mongolie ?

Le problème est vaste, les ramifications sont complexes, la solution magique n'existe pas – ni avec ni sans la géo-ingénierie. Le problème, c'est la société, c'est la révolution néolithique, c'est le capitalisme, c'est la population, c'est *Homo Sapiens*. Rayer le tout d'un trait ? Nous ne pouvons abolir nos consommations héritées. Nos émissions passées de CO₂ ont déjà un impact énorme, et l'inertie du système implique que l'effet des émissions passées n'est pas encore entièrement ressenti. Les vraies solutions sont nécessairement plurielles. Elles impliquent une coopération internationale, donc des traités justes et contraignants, que les débats abstraits sur le prométhéisme ou le retour à l'âge de pierre ne font pas avancer d'un pouce.

Des interventions d'une ampleur absolument inédite doivent être envisagées... Une ampleur industrielle, pour nous sauver des méfaits de l'industrie. C'est donc cela, la géo-ingénierie : des interventions à une échelle capable d'influencer le climat d'une planète. Et cela ne peut se faire qu'à travers le deuxième domaine passé en revue dans le livre de Buck, celui de la capture et de la séquestration de carbone.

Capture et séquestration du carbone

L'auteure ne dissimule pas les difficultés posées par ce type d'intervention. Tout d'abord, on est loin d'être sûr que toutes les solutions actuellement proposées seront techniquement efficaces, particulièrement pour la partie « capture » du CO₂. Une fois émis dans l'atmosphère, le dioxyde de carbone est très dilué dans l'air que nous respirons, surtout fait de diazote (N₂, 78 %) et de dioxygène (O₂, 21 %) : le CO₂ ne représente qu'environ 0,04 % de l'atmosphère. Les plantes ont évolué pendant des millions d'années pour parvenir à extraire ce CO₂. Le procédé industriel magique qui ferait de même à bas coût et sans consommer trop d'énergie n'existe pas. Des solutions fondées sur la chimie sont à l'essai, comme des sortes de panneaux filtrants retenant un peu du CO₂ de l'air, mais il en faudrait des millions. Ici aussi, le problème est d'échelle.

La séquestration, stockage à long terme, est techniquement moins problématique. Purifié, condensé, le CO₂ est injecté en profondeur, où il reste sans poser de menaces à la surface, dans un processus inverse de l'extraction pétrolière. La recherche académique a montré qu'il est infiniment préférable d'injecter le CO₂ dans un sous-sol bien choisi plutôt que dans l'air. Le domaine d'application typique est celui de l'usine produisant des grandes quantités de CO₂ : déjà concentré, on l'enfouit sur place, sans qu'il ne passe jamais dans l'atmosphère, d'où il est si difficile de l'extraire. Les difficultés techniques sont surmontables et les expériences pilotes entamées en 1996 sur le site de Sleipner en mer du Nord ont déjà prouvé qu'il est possible et sûr d'injecter environ 1 million de tonnes de CO₂ par an dans d'anciens réservoirs pétroliers⁵.

Le coût demeure cependant assez élevé (l'expérience de Sleipner permet à la compagnie Statoil d'échapper à une lourde taxe carbone) et il faut s'assurer de l'intégrité des puits d'injection dans le temps, pour ne pas voir s'enfuir le gaz péniblement enfoui. Néanmoins l'économie serait considérable en regard de la facture que nous réserve le dérèglement climatique, entre événements extrêmes, désertification et instabilité géopolitique. Les méthodes de stockage considérées suffisamment efficaces et les moins coûteuses demandent 7 à 30 dollars par tonne de CO₂ stockée – de quoi compenser environ un mois et demi d'émissions de l'Européen moyen. Soit un coût estimé entre 10 et 50 milliards de dollars par

⁵ M. Bickle, « Geological carbon storage », *Nature Geoscience*, vol. 2, 2009, p. 815-818 ; P. Kelemen *et al.* « An overview of the status and challenges of CO₂ storage in minerals and geological formations », *Frontiers in Climate*, 2019, vol. 1, n° 9, disponible en ligne.

an jusqu'à 2100, qui permettrait de ne pas dépasser 2°C de réchauffement climatique. En comparaison, décarboner suffisamment notre énergie grâce à un tout-renouvelable pour limiter le réchauffement à 1,5°C d'ici 2050 serait environ cent fois plus coûteux. Des projets-pilotes ont prouvé la faisabilité de combiner captage du CO₂ de l'air et séquestration géologique sur place, comme le projet islando-helvétique Orca récemment mis en œuvre pour capter et séquestrer 4 000 tonnes de CO₂ par an (l'équivalent d'émissions d'environ 500 Européens moyens)⁶.

Même si tout cela coûte indéniablement très cher, rien ne serait plus ruineux que de laisser filer. Le prix de l'inaction n'est pas aisément calculable, mais l'on sait déjà que certains événements météorologiques extrêmes, tels que les inondations en Europe, les canicules, les sécheresses et les ouragans, sont amplifiés et plus fréquents du fait du changement climatique⁷ (l'ouragan Katrina, en 2005, a coûté plus de 100 milliards de dollars à la société, sans compter les milliers de vies emportées).

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur le climat (Giec) a consacré un rapport⁸ à la séquestration du CO₂ dès 2005. Mais le déploiement actuel de ces technologies, parce qu'il est en partie instrumentalisé par les industries fossiles, les discrédite largement : il faut reconcevoir de fond en comble leurs ambitions, leurs opérateurs et leurs opérations. Il faut reconsidérer ce domaine d'activité comme relevant en réalité du *traitement des déchets*.

Et comme c'est le cas de nos poubelles, il faut impérativement *à la fois* réduire la production de débris inutiles (utiliser plus efficacement une énergie plus « verte ») et se doter des moyens techniques de recycler ou de neutraliser ceux que l'on continuera inévitablement à produire dans les années qui viennent. De même que nous avons établi depuis longtemps des entreprises (publiques ou privées) en charge de récolter et de traiter nos déchets, il est urgent de mettre en place une logistique de capture et de séquestration du carbone.

Loin de déchaîner fatalement toutes les horreurs annoncées de la géo-ingénierie, cela permettrait d'imaginer des issues aux impasses dans lesquelles sont engouffrés les pays dits développés, leur imposant de remettre dans le sous-sol le carbone qu'ils en extraient goulûment depuis deux siècles. Aux gros consommateurs de payer la note.

Tandis que l'Europe hésite et régule, les États-Unis développent au gré du cours du brut, et la Chine se projette en leader de la séquestration géologique. Paradoxalement, c'est l'industrie pétrolière – dont la puissance et l'influence encore immenses dirigent le destin écocidaire de notre monde – qui possède le savoir-faire, les capacités techniques, logistiques et financières pour monter des infrastructures à la hauteur des besoins. L'industrie pétrolière et ses lobbys ne disparaîtront pas du jour au lendemain mais pourraient se reconvertir rapidement en gestionnaires de carbone, avance Holly Jean Buck, et les géants ne rateront pas le coche : BP parie sur un pic du pétrole entre 2025 et 2030 et ambitionne de devenir une major sans émissions nettes d'ici 2050. Total et Shell se diversifient. La famille Rockefeller a lâché Exxon Mobil. S'ils ne croient plus au *too big to fail*, ils sauront réussir leur redéploiement, laissant à leurs armées de salariés un emploi, un revenu et une raison d'être qui faciliteront cette reconversion. Préserver la vie sur Terre sera un business juteux. Réalisme pragmatiste ou capitalisme cynique ? Encore une question binaire qu'Holly Jean Buck nous invite à esquiver.

En effet, toutes ces solutions sont à inventer ou à parfaire, de même que la structure de l'économie de la compensation des émissions. La production d'énergie, de ciment, de métaux, de papier et l'extraction de minéraux, ne sauront être vertes. Les compenser signifiera les taxer pour financer des projets divers de capture et de séquestration du carbone, dont

⁶ Voir <https://climeworks.com/roadmap/orca>.

⁷ S. Y. Philip *et al.*, « Rapid attribution analysis of the extraordinary heatwave on the Pacific Coast of the US and Canada June 2021 », *Analysis of the World Weather Attribution*, 2021 ; A. Kahraman *et al.*, « Quasi-stationary intense rainstorms spread across Europe under climate change », *Geophysical Research Letters*, vol. 48, 2021.

⁸ *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*, Cambridge University Press, 2005.

l'efficacité devra être vérifiée, de sorte à délivrer des « bons de compensation ». D'après Holly Jean Buck, le prix de nos prochains gadgets et de leur livraison augmenterait d'un petit euro par ce biais. En passant, il faudra assurer le tout et dégager des responsabilités (au sens pénal) pour que l'édifice tienne, ce qui ne sera pas une mince affaire. Et encore une fois, puisque tout le monde respire le même air, la participation active des gros émetteurs internationaux sera nécessaire et l'acceptation populaire requise.

Tout cela implique de déplacer les lignes de ce que nous appelons « État », « marché », « capitalisme », « biens communs », « richesse », « liberté », « égalité » : de même que « la classe ouvrière » ne peut plus se contenter de « défendre l'emploi » lorsque ledit emploi détruit nos environnements communs, de même les souverainetés nationales, les myopies du PIB, les pouvoirs de la finance et les règles du « libre-échange » appartiennent-elles à un âge révolu face aux méfaits du dérèglement climatique. Ce sont de nouvelles conceptions de la justice, de nouvelles définitions de la propriété et de nouveaux systèmes de droit qu'il faut rapidement mettre en place – et les dangers de la géo-ingénierie peuvent servir de catalyseur dans cette révolution (qui est non seulement inévitable, mais aussi souhaitable).

Les disparités des émissions de CO₂ sont fractales et suivent celles des revenus, Thomas Piketty l'a exprimé à sa manière⁹ : 1 % de la population mondiale émet plus de neuf fois plus que la moyenne. Ce pourcent, ce sont les riches des pays riches, États-Unis en tête. Toutefois si les membres du pourcent le plus riche des États-Unis émettent chacun plus de 300 tonnes de CO₂ par an, la moitié la moins aisée d'entre elles et eux émet moins de 10 tonnes par an, et les plus pauvres beaucoup moins encore. Chacun devra contribuer *via* une déclinaison de la taxe carbone, mais pour être efficaces et acceptés les efforts devront être portés d'abord par les riches (Lucas Chancel et Piketty plaident pour une taxation progressive indexée sur le revenu¹⁰). Sans cette nécessaire (sensation de) justice, les politiques inscrites dans les cadres obsolètes de l'ère fossile feront faillite et les gouvernements tomberont. Le mouvement des Gilets jaunes a montré que faire porter aux plus pauvres le coût de la transition énergétique est intenable.

Certaines solutions pourraient se révéler aussi calamiteuses que les mesures actuelles, qui se confondent avec des cadeaux faits aux compagnies les plus polluantes et les plus criminelles, surtout si elles sont mises en place dans l'urgence. Ouvrir dès maintenant un large débat écologique sur la capture et la séquestration de carbone, l'éclairer à la lumière des décennies de recherches déjà menées, l'informer d'expérimentations diverses, l'encadrer par des exigences écopolitiques sans concession, l'accompagner d'un modèle de financement juste – voilà le meilleur moyen de mettre en place une industrie de retraitement du carbone à laquelle nous n'échapperons pas, mais que nous subirons faute d'avoir anticipé et architecturé son arrivée.

Géo-ingénierie solaire ?

Le troisième domaine couvert par Holly Jean Buck est celui qui fait les grands titres de la géo-ingénierie, promettant de renvoyer au diable une partie des rayons solaires par l'ensemencement de nuages ou par la création d'une couche de protection artificielle à base de sulfates dans le ciel. Ces deux solutions posent tellement de problèmes tellement inquiétants qu'il vaudrait certainement mieux s'en passer. Mais plus nos gouvernements procrastinent, plus il sera difficile d'y échapper, au moins de manière transitoire en accompagnement des mesures de capture et séquestration du CO₂, comme l'avance Buck. Or elle rappelle que les implications géo-éco-éthico-politiques de telles interventions sont énormes.

⁹ T. Piketty, *Capital et Idéologie*, Paris, Seuil, 2019, voir p. 776.

¹⁰ L. Chancel et T. Piketty, « Carbon and Inequality. From Kyoto to Paris », WID. world Working Paper, 2015, p. 7.

La première solution, l'ensemencement de nuages, se voudrait d'ampleur régionale et de court terme, à renouveler au besoin. En cas de sécheresse ou de canicule, on favorise nébulosité et pluie. Complexe techniquement, elle sera aussi source de tensions, car les avantages locaux auront nécessairement des répercussions lointaines, néfastes comme bénéfiques. Et comment ne pas suspecter le pays voisin de garder toute la pluie pour lui en temps de sécheresse ? Comment ne pas en tirer motif de guerre ? Jouer avec la météo restera sûrement hypothétique ou de très petite échelle.

La seconde solution est d'échelle mondiale : grâce à des aéronefs (drones ou ballons) volant à très haute altitude, on épand dans la stratosphère de très fines particules ou gouttelettes sulfatées reflétant les radiations solaires. Il en faudrait une quantité appréciable renouvelée en continu, de l'ordre du million de tonnes chaque année, mais une flotte d'environ 300 vaisseaux pourrait suffire (soit la flotte d'Air France environ), pour un coût flirtant avec la dizaine de milliard de dollars par an¹¹ (moins de 0,2 % du budget des États-Unis). Soit, par comparaison avec les autres solutions envisagées, un remède qui n'est ni si compliqué ni si coûteux, avec l'avantage d'être temporaire : les particules retombant, les effets s'arrêteraient au bout de quelques années. Les éruptions volcaniques de grande ampleur, émettant de très grandes quantités de particules, ont démontré l'efficacité du processus : l'éruption de 1991 du Pinatubo, volcan philippin, a provoqué une baisse des températures mondiales d'environ un demi-degré sur plus d'un an¹².

Et l'on ne vous avait rien dit ? On continue à s'angoisser sur la fin du monde alors que le remède est déjà trouvé, à portée de main et à bon marché ? Bon sang, mais qu'attendent les gouvernements pour agir ?

Malheureusement, les dommages collatéraux anticipés sont tels que la communauté scientifique refuse dans sa majorité de cautionner cette approche, fuite en avant qui ne résout qu'une partie du problème et n'empêchera pas l'acidification des océans¹³. Tout d'abord car les effets délétères sont évidents : la baisse des températures serait accompagnée d'un changement profond, global, du régime des précipitations ; avec moins de pluie, des régions arides seraient encore plus sèches et les saisons chamboulées. Même si quelques bénéfices indirects sont envisagés, comme une baisse de l'ozone nocif dans l'air que nous respirons, les sulfates retombant dégraderont la qualité de ce même air. Le bilan sera-t-il alors « globalement positif » pour la planète ? L'ampleur des conséquences est si vaste et si imprédictible que les scientifiques ont longtemps rechigné à envisager des recherches de grande envergure sur le sujet. L'académie scientifique nationale des États-Unis a toutefois, prudemment, souligné l'utilité de financer une vaste campagne d'investigation sans pour autant suggérer sa mise en œuvre¹⁴, mais il restera difficile d'obtenir une vision d'ensemble sans expérimentation grandeur nature.

Mais s'il s'avère que les effets néfastes seront acceptables pour les pays développés, pourquoi ne s'y lanceraient-ils pas toutes voiles dehors, oubliant ainsi les efforts nécessaires de réduction des émissions ? Qui se souciera des conséquences potentiellement dévastatrices sur des populations déjà défavorisées ? Et qui prendra la décision d'essayer de modifier le climat mondial, juste pour voir si cela fonctionne ? Un monitoring précis de l'atmosphère,

¹¹ A. Robock *et al.*, « Benefits, risks, and costs of stratospheric geoengineering », *Geophysical Research Letters*, 2009, p. 36.

¹² D. E. Parker *et al.*, « The impact of Mount Pinatubo on world-wide temperatures », *International Journal of Climatology. A Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 16, n° 5, 1996, p. 487-497.

¹³ H. de Coninck *et al.*, « Strengthening and implementing the global response », in « Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty », World Meteorological Organization, Genève, 2018.

¹⁴ National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, *Reflecting Sunlight. Recommendations for Solar Geoengineering Research and Research Governance*, Washington DC, The National Academies Press, 2021.

combiné à des algorithmes de calcul très élaborés, sera nécessaire : comment en réglementer l'accès ? Qui sera en position de décider ? Qui pourra rentrer dans la boîte noire des algorithmes régulateurs ? Et dans le cas où le remède serait pire que le mal, comment et quand arrêter cette géo-ingénierie solaire ?

Quelle terraformation ?

Toute géo-ingénierie n'est pas diabolique, mais toute géo-ingénierie n'est pas bonne à prendre. C'est au chant des Sirènes – sa promesse de solution toute prête, à bas coût, permettant de poursuivre sans complexe le *business as usual* – de ce troisième domaine, et seulement lui, qu'il est sans doute prudent de boucher nos oreilles, dès lors que d'autres domaines d'action restent ouverts.

C'est un même appel urgent à se situer d'ores et déjà *après* (l'épouvantail de) *la géo-ingénierie* que lance – sur un ton plus provocateur et plus polémique – Benjamin Bratton avec le programme *The Terraforming* qu'il dirige depuis 2019 au Strelka Institute de Moscou. Théoricien des médias connu pour son imposant ouvrage *The Stack*¹⁵, il poursuit désormais sa réflexion en proposant des opérations conçues comme des projets de design, dûment informées par ce qu'il appelle la « *computation à l'échelle planétaire* ». Son programme ne rêve pas à la façon dont nous pourrions terraformer une planète lointaine, pour y poursuivre l'aventure humaine après avoir ravagé notre monde sublunaire. Il invite plutôt à considérer tout ce que les humains font sur Terre depuis plusieurs siècles comme relevant d'un processus de « terraformation » *de la Terre elle-même*, processus rendu de plus en plus puissant par le développement de nos appareillages techniques¹⁶. Les velléités de colonisation spatiale – aujourd'hui esquissées par quelques milliardaires en mal de tourisme orbital – projettent (sur un Dehors extraterrestre) une perception planétaire et de nouvelles pratiques terraformatrices que le dérèglement climatique nous force à appliquer à notre habitat terrien.

Aux yeux de Benjamin Bratton, l'artificialisation de plus en plus profonde et intense de nos environnements de vie est sans retour. Son ton polémique – ancré dans une tradition « accélérationniste ¹⁷ » – vient de ses impitoyables moqueries envers les écologistes occidentaux qui prônent « un retour à la nature ». Les solutions à chercher pour faire face aux catastrophes climatiques se situent selon lui dans nos modes de vie urbanisés, plutôt que dans des retraites à la campagne (potentiellement plus énergivores) ou dans le *small is beautiful*. Elles ne peuvent se penser qu'à l'échelle industrielle, et cela même si l'industrialisation est à la racine de nos problèmes.

Dans le projet *To Bury The Sky*, il envisage (avec des collaborateurs internationaux) de faire muter l'appareil industriel consacré à l'extraction des ressources fossiles en un titanesque réseau de captation et de séquestration du carbone dans les zones peu peuplées de la Russie centrale. Dans le projet *Green Military New Deal*, il propose de reconvertir les compétences humaines, les puissances logistiques et les financements astronomiques actuellement consacrés aux armées vers des plans d'urgence d'isolation des bâtiments et de mutations industrielles. Cela entraînerait la formation d'une classe transnationale de travailleuses, qui ne seraient réductibles ni aux *white-collars* (dirigeant depuis des bureaux), ni aux *blue-collars* (enfermés dans des usines), mais constitueraient des *terra-collars*, occupées à terraformer notre planète d'une façon moins écocidaire¹⁸.

¹⁵ B. Bratton, *Le Stack.. Plateformes, logiciels et souveraineté*, Grenoble, UGA Éditions, 2019.

¹⁶ B. Bratton, *La Terraformation 2019*, Dijon, Les presses du réel, 2021.

¹⁷ Voir le recueil dirigé par L. de Sutter, *Accélération !*, Paris, PUF, 2016.

¹⁸ E. Castillo Vinuesa, I. Gankevich et A. Shevlyakov, « Green Military New Deal », Strelka Institute, 2020 ; J. Moreno Cabeza, G. Tendai Mudhuwiwa et N. Volynova, « Terra-collar Work », Strelka Institute, 2021, disponibles en ligne.

L'émergence de cette classe de travailleur·es ne sera toutefois possible qu'en instaurant de nouveaux modes de planification, de financement, de sécurisation, qui devront commencer par faire face à l'effondrement prévisible des systèmes assurantiels hérités du XX^e siècle. Il ne suffira pas de mettre des triples vitrages ou de creuser des puits à carbone pour esquiver l'écrasement des populations humaines sous le poids de nos délires consuméristes : il nous faut repenser les outils d'anticipation et de mitigation de l'avenir. Le projet *Future Premium* invite ainsi à concevoir l'institution pluriséculaire de l'assurance comme un instrument à mettre au service d'une gouvernance climatique velléitaire et d'une politique ambitieuse d'atténuation des émissions de gaz à effets de serre¹⁹.

Depuis Moscou, lui et ses acolytes, en se réclamant du design, ne font pas seulement l'éloge de l'artificialisation : ils réhabilitent « le plan » et « la planification », que les chantres du néolibéralisme avaient cru pouvoir condamner aux oubliettes de l'Union soviétique. Quoi de pire, pour bon nombre d'entre nous, que d'imaginer une militarisation de l'écologie, selon le plan du *Green Military New Deal* ? Quoi de pire que de sauver le capitalisme fossile (et ses emplois) en reconvertissant les extracteurs de pétrole en enfouisseurs de carbone ? Quoi, sinon le changement climatique, tel que nous le promettent les courbes esquissées dans les rapports du Giec ?

La rhétorique flamboyante de Bratton s'ingénie à pousser jusqu'à ses conséquences les plus difficiles à avaler des contradictions qui nous hantent toutes et tous implicitement. On ne sauvera pas le climat en se contentant de faire du compost derrière sa chaumière, mais en agissant sur la foultitude de solutions à notre portée, individuelles, nationales et internationales, à commencer par la réduction des émissions. L'écologie devra savoir agir à chacune de ses échelles, avec les leviers de la finance sans lesquels les effets resteront insensibles. Cela dit, ses projets restent conceptuels, fruits du travail d'une équipe peut-être bien intentionnée, mais isolée, et sans l'aval des pairs. Le plan esquissé par *To Bury the Sky* est ambitieux mais illusoire, en imaginant devoir concentrer la séquestration de carbone sur une zone éloignée et encore sauvage, alors que chaque région peut trouver sous ses pieds des roches où opérer localement cette séquestration. Qu'on le suive ou non dans ses proclamations les plus dérangeantes, son travail a le mérite d'aborder résolument les questions climatiques à une échelle planétaire que notre époque ne semble découvrir que très tardivement.

Pour quelles planétarités ?

Les discussions relatives à la géo-ingénierie ne peuvent être envisagées dans leur réelle nouveauté qu'en prenant en compte ce que différent·es théoricien·nes ont désigné du nom de *planétarité*. Que ce soit depuis les *Subaltern Studies* issues du sous-continent indien (Gayatri Spivak, Dipesh Chakrabarty), depuis l'Europe de l'Est (Lukáš Likavčan), ou en référence à des penseuses de la *Black Radical Tradition* (Sylvia Wynter), notre devenir-planétaire induit un décentrement majeur par rapport aux repères qui ont orienté l'hégémonie européenne au cours des deux derniers siècles²⁰. Selon l'intuition centrale de ces pensées (par ailleurs diverses), nous ne vivons plus ni dans des *mondes* (entités closes qui font sens en se référant à elles-mêmes au sein d'une même culture), ni dans un *globe* (dont la pensée économiste a cru pouvoir réguler les valeurs transculturelles à grand renfort de logistique et de finance). Nous

¹⁹ N. Alexandroff, K. Peloušková et A. Silanteva, « Future Premium », Strelka Institute, 2021, disponible en ligne.

²⁰ Voir par exemple G. C. Spivak, *Imperatives to Re-Imagine the Planet*, Vienne, Passagen Verlag, 1999 ; D. Chakrabarty, « La planète ne nous renvoie pas notre regard. Conversation avec Mathieu Potte-Bonneville », *Magazine - Centre Pompidou*, 11 novembre 2020, en ligne. Voir aussi le numéro spécial « Planétarités en débats » de la revue *Multitudes*, n° 85, 2021, ainsi que les enregistrements des séances de la série « Planétarium » proposée par le Centre Pompidou en 2020-2021.

vivons sur une *planète* qui nous expose non seulement à des pertes de sens et des krachs financiers, mais surtout à des conditions biophysiques menaçant de devenir incompatibles avec la vie humaine.

Dans son *Introduction à la planétologie comparée*, Lukáš Likavčan décrit la mutation en cours de nos conceptions politiques à travers deux déplacements majeurs, qui fournissent un cadre préalable à toute considération sérieuse de la géo-ingénierie. Il s'agit, d'une part, d'apprendre à repérer les décisions les plus fondamentales de « la politique », non seulement au niveau des *institutions* (citoyennes, républicaines, nationales, démocratiques), mais bien davantage au niveau des *infrastructures* : « *Nous devons renverser les rapports entre la figure et le fond, et reconnaître les infrastructures comme porteuses d'une des principales puissances d'agir planétaires à notre disposition, puisqu'elles peuvent intervenir là où les États-nations livrés à eux-mêmes échouent à agir. [...] Cette reconnaissance de l'agentivité non-humaine des infrastructures planétaires conduit toutefois à une situation où nous ne pouvons plus savoir avec certitude dans quelle mesure nous sommes les opérateurs des technologies, ou dans quelle mesure ce sont les technologies qui nous opèrent*²¹. »

Outre ce recentrement – déjà souligné depuis une dizaine d'années dans les écrits du *Comité invisible* – Lukáš Likavčan montre que le changement climatique accélère une mutation au cours de laquelle les modalités d'*usage* des infrastructures tendent à compter davantage que la question de leur *propriété* : « *Nous pouvons abandonner le cadre de la propriété (ownership) pour évoluer vers un nouveau cadre d'usages partagés (usership), au sein duquel l'utilisation (ou la délégation d'utilisation) d'une certaine ressource n'est pas conditionnée par la possession de cette ressource, mais par l'appartenance à un collectif d'utilisateurs, qui gère et entretient en commun la distribution de cette ressource ou son accessibilité*²². »

Même si mettre l'accent sur l'utilisation commune plutôt que sur la propriété privée est prometteur, on a vu que le véritable défi de la planétarité invite à aller plus loin, en direction des questions plus radicales d'*habitabilité*. Derrière le propriétaire et l'utilisateur, c'est la figure de l'*habitant-e* d'une planète menacée de devenir invivable qui doit être mise au cœur des questions politiques. Et ce sont alors les pensées venues du dehors de la colonisation occidentale qui sont les plus précieuses, en nous aidant à voir que la planétarité ne se résume nullement à une question d'échelle. Comme le suggérait la penseuse antillaise Sylvia Wynter, derrière le besoin de concevoir une autre ingénierie géopolitique planétaire, il faut surtout reconnaître le besoin d'inventer d'*autres façons d'être humains*, qui ne relèvent pas tant de l'*être* que de la *praxis*. Les technologies les plus prometteuses que font miroiter certains chantres de la géo-ingénierie auront des effets salvateurs (ou funestes) selon que nous aurons su (ou non) faire advenir d'autres modalités de praxis collectives, d'autres conceptions du social, du commun et du vivant²³.

Les Afrodescendants issues de la cale esclavagiste, les peuples dits « autochtones » et plus largement les populations des Suds vivent depuis des siècles sur des bouts de planète géo-oxidés par l'extractivisme colonial. Les fragilités que l'Occident découvre sont leur condition de vie (et de mort). Leurs praxis de vie sont déjà (en partie) planétaires, là où les nantis du Nord – y compris la majorité des écologistes, soulignerait Bratton – ne pensent encore qu'en termes de monde et de globe. Il faut lire Holly Jean Buck pour comprendre qu'une approche planétaire de la gestion du carbone n'est pas ennemie du bio et du retour au local, pas même de principe. Ce sont des leviers différents à mobiliser de façon complémentaire.

²¹ L. Likavčan, *Introduction to Comparative Planetology*, Moscou, Strelka Press, 2019, p. 13-14.

²² *Ibid.*, p. 107.

²³ Voir sur ce point J. Gabrys, « Becoming Planetary », *e-flux Architecture*, 2018, en ligne.

Les mutations éthiques et politiques sont non moins nécessaires que les déploiements technologiques. Et les unes ne sont ni plus ni moins artificielles que les autres. *Homo Sapiens* a défriché, brûlé, irrigué, semé, élevé et sélectionné des espèces bien avant la géo-ingénierie. Se situer *après* (les approches binaires de) *la géo-ingénierie*, c'est renouer en pleine conscience avec cette terraformation, qui ne cessera qu'avec la disparition des derniers humains.

En attendant, les analyses en reviennent fréquemment à un même appel, celui de multiplier des recherches tous azimuts, pour nourrir un débat public éclairé nous manquant aujourd'hui cruellement. Au lieu de diaboliser a priori tout ce qui s'en rapproche, les débats sur la géo-ingénierie et la planéarité nous invitent à faire acte de *discernement*. Notre avenir dépend de notre capacité à nous orienter au sein de transformations énormes, partiellement planifiables, mais finalement incontrôlables. Le potentiel disruptif d'hypothétiques avancées scientifiques majeures ne doit pas être oublié, mais il ne faudrait pas non plus donner une confiance aveugle à un techno-solutionnisme de principe – on sait à quel point les promesses de « *croissance verte* » boostées par l'innovation technologique peuvent être trompeuses²⁴. Avancer avec discernement face au changement climatique, c'est refuser de croire aux solutions faciles, uniques, magiques, c'est interroger les décennies d'études scientifiques déjà disponibles sur les possibilités et les risques des multiples solutions envisagées, et c'est continuer l'effort de recherche. Car il faut insister sur ce point : les conclusions scientifiques sont déjà tirées, au moins au premier ordre, sur nombre de sujets.

Mais le plus important est surtout d'étudier – ensemble, par des conversations ouvertes à toutes et tous, experts ou non, dans le partage de nos intelligences et de nos incomplétudes – les énormes bouleversements socio-géo-politiques que nous devons nécessairement opérer à grande échelle, pour développer des praxis capables de faire face aux dérèglements climatiques que nous continuons à vouloir ignorer. Feuilletter les résumés des rapports du Giec est un bon début. Traduire nos planéarités en pensées et en praxis partagées en sera la suite nécessaire.

Yves Citton étudie et enseigne la littérature et les médias à l'université Paris 8. Il co-dirige la revue *Multitudes* et a publié récemment *Altermodernités des Lumières* (Seuil, 2022), *Faire avec. Conflits, coalitions, contagions* (Les Liens qui Libèrent, 2021), ainsi que, avec Jacopo Rasmi, *Génération collapsonautes. Naviguer par temps d'effondrements* (Seuil, 2020).

Benoît Dubacq est géologue. Chargé de recherche au CNRS, travaillant à l'Institut des Sciences de la Terre de Paris (Sorbonne Université), il est spécialisé dans la modélisation des interactions entre les roches et les fluides souterrains, notamment dans le contexte de la séquestration géologique du carbone.

²⁴ H. Tordjman, *La Croissance verte contre la nature. Critique de l'écologie marchande*, Paris, La Découverte, 2021.