

Il n'y a pas si longtemps, on pensait qu'il suffirait de réduire nos émissions de gaz à effet de serre pour sauver le monde du changement climatique. Remplacer les centrales à énergies fossiles par des sources d'énergie propre, rendre les automobiles et les bâtiments moins énergivores, passer à l'éclairage par des LED, manger moins de viande, etc. Réduire les émissions et promouvoir les énergies renouvelables semblait être la solution, même pour le Groupe intergouvernemental d'experts pour le climat (Giec), pas plus tard qu'en 2005. Mais cette stratégie n'a pas donné les fruits escomptés. Les émissions globales ont augmenté au lieu de diminuer. Il apparaît désormais que même l'élimination complète des émissions mondiales d'ici à 2050 ne suffira pas.

Pour empêcher une catastrophe économique et environnementale, les experts du climat affirment maintenant que nous devons parvenir à des émissions *négatives*. Autrement dit, il faudra extraire des milliards de tonnes de dioxyde de carbone (CO₂) de l'atmosphère chaque année. C'est comme si l'on disait que nous ne pouvons plus sortir les poubelles, mais que nous devons aussi progressivement reprendre tout ce que nous avons mis aux ordures dans le passé.

UNE « URGENCE IMMÉDIATE »

D'après une étude de 2018 dirigée par Jan Minx, de l'institut allemand MCC (institut Mercator de recherche sur les biens communs et le changement climatique), des émissions négatives et massives sont désormais considérées comme un « impératif biophysique » pour atteindre les objectifs en matière de changement climatique. Trouver les moyens d'y parvenir est une « urgence immédiate » si l'on veut limiter le réchauffement de la planète à 1,5 °C, prévient-il avec ses coauteurs dans la revue *Environmental Research Letters*. Presque tous les États ont souscrit à cet objectif, avec un repli à « nettement en dessous de 2 °C » dans le cadre de l'accord de Paris sur le climat, conclu fin 2015.

Le réchauffement est actuellement de 1 °C environ par rapport aux niveaux préindustriels. Mais il augmente de 0,2 °C par décennie. Dans un rapport spécial d'octobre 2018, le Giec a prévenu que nous avions tout juste une douzaine d'années pour agir si nous espérons rester en deçà de 1,5 °C, le niveau considéré par la plupart des scientifiques comme la limite à ne pas dépasser pour avoir une chance de préserver le monde vivant à peu près tel que nous le connaissons.

Rester sous ce seuil impose un « budget carbone » bien précis, c'est-à-dire une quantité de CO₂ que nous pouvons ajouter à l'atmosphère sans pousser le réchauffement au-delà de cette température. Au niveau actuel des émissions, environ 40 milliards de tonnes par an, « nous



n'avons peut-être plus droit qu'à cinq années d'émissions de dioxyde de carbone » pour un réchauffement limité à 1,5 °C, disent Jan Minx et ses coauteurs. Après, chaque tonne supplémentaire de CO₂ devra être compensée par l'extraction d'une quantité égale. Cette équipe estime qu'à l'échelle mondiale, il faudra extraire de l'atmosphère entre 150 milliards et plus de 1000 milliards de tonnes de CO₂ d'ici à 2100, soit environ 2 à 16 milliards de tonnes par an à partir de 2050, la quantité augmentant notablement vers la fin du siècle.

À cette fin, notent Jan Minx et son équipe, il faudra construire chaque année « plusieurs centaines » d'installations de captage et de séquestration du CO₂ à partir de 2030, c'est-à-dire dans à peine onze ans. Cela pourrait se réaliser par le biais de grandes machines qui extraient le CO₂ de l'air, ou par le développement de centrales à biomasse, qui brûlent des arbres (cultivés en rotation continue) dans une installation qui capte le CO₂ ainsi émis et l'envoie dans les profondeurs du sol pour un enfouissement permanent. Des options simples consisteraient à replanter des forêts coupées ou à étendre des forêts existantes, à améliorer les sols cultivés et les pâturages afin qu'ils retiennent davantage de carbone, et à broyer et épandre certains types de roches qui absorbent le CO₂.

Cependant, la plupart des méthodes plus technologiques de captage du carbone en sont encore dans leurs premières phases de développement. Elles exigent d'énormes investissements, avec un risque considérable d'échec, et présentent des effets secondaires majeurs, par exemple une concurrence pour des terres déjà utilisées pour nourrir la population ou pour préserver la faune sauvage.

Et pourtant, le captage de CO₂ à grande échelle apparaît comme la seule option. Dans

Cette machine de la jeune pousse suisse Climeworks extrait du CO₂ de l'atmosphère (a). Un injecteur abrité sous un dôme et situé à proximité (b) envoie le gaz à plus de 700 mètres sous terre, où il réagit avec des roches basaltiques pour former des carbonates, visibles sous forme de stries blanches dans un échantillon de basalte prélevé en profondeur (c).



une étude publiée en 2017 dans *Nature Climate Change*, le statisticien Adrian Raftery, de l'université de Washington, et ses collègues ont examiné les tendances actuelles (sans prendre en compte d'émissions négatives). Ils ont trouvé que nous nous dirigeons vers une hausse de 3,2 °C d'ici à la fin du siècle, la fourchette allant de 2 à 4,9 °C. Dans une étude publiée plus tard dans *PNAS*, Yangyang Xu, climatologue de l'université du Texas A&M, et un collègue estiment «catastrophique» un réchauffement supérieur à 3 °C,

Le captage de dioxyde de carbone à grande échelle apparaît comme la seule option

tandis qu'un réchauffement de plus de 5 °C poserait «des menaces existentielles pour la majeure partie de la population humaine».

Supposons donc que 1000 milliards de tonnes d'émissions négatives soient nécessaires au cours de ce siècle, soit en moyenne 20 milliards de tonnes par an à partir de 2050. Quelle part du gâteau chaque méthode pourrait-elle représenter et à quel coût? Étant donné la concurrence entre les méthodes pour certaines ressources, comme les terres, quelle est la meilleure combinaison à adopter? Et

peut-on mobiliser suffisamment de volontés politiques pour réaliser des émissions négatives tout en réduisant de façon draconienne nos émissions actuelles de CO₂?

CAPTER DIRECTEMENT LE CO₂ DE L'AIR ET L'ENFOURIR

Sur un champ de lave solidifiée, dans un paysage de cailloux et de mousse juste à la sortie de Reykjavik, en Islande, une machine de la taille d'un garage pour une voiture aspire l'air à travers un filtre chimique qui extrait le CO₂. Alimentée par la centrale géothermique voisine, elle injecte le carbone capturé à plus de 700 mètres sous terre, où le gaz réagit avec la roche basaltique et se transforme en un minéral solide. Climeworks, une jeune pousse suisse, affirme qu'il s'agit de la première installation du monde de captage direct dans l'air et séquestration. Elle séquestre la modeste quantité de 50 tonnes de CO₂ par an.

Le captage direct dans l'air du CO₂ et sa séquestration représentent probablement la voie la plus simple pour réaliser des émissions négatives: à l'aide d'une multitude de ventilateurs, de compresseurs et de techniques chimiques, on puiserait le CO₂ dans l'air et on l'enterrerait. D'après divers scénarios scientifiques, cette technologie permettrait d'extraire 10 à 15 milliards de tonnes de CO₂ par an d'ici à la fin du siècle; quelques experts pensent qu'on pourrait atteindre 35-40 milliards de tonnes par an. La perspective est tellement alléchante que, selon de nombreux climatologues, il y a un aléa moral: celui de penser que l'on peut reporter la réduction des émissions dues aux combustibles fossiles, dans l'espoir que la technologie nous sauvera plus tard.

La plus complète des revues des méthodes d'extraction (une autre étude publiée en 2018 dans *Environmental Research Letters*) a une vision moins optimiste. Sabine Fuss, du MCC, ➤