



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,

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'ENFOUIR

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, >

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

COMPARAISON DES APPROCHES

Les rectangles montrent les fourchettes déterminées par les experts sur la base de nombreuses études. La fertilisation des océans (F) n'est pas incluse.

DIFFÉRENTES STRATÉGIES POUR CAPTER LE CARBONE

Quelles techniques séquestrent le plus de dioxyde de carbone en 2050 ? Quel serait leur coût ? Le grand carré met en perspective les différentes approches. Les chiffres utilisés sont ceux d'une métaanalyse de nombreuses études, effectuée par l'économiste Sabine Fuss et ses collègues. Chaque petit carré présente, pour une stratégie donnée, une évaluation détaillée des études et le jugement des spécialistes de l'équipe de Sabine Fuss.

COMMENT LIRE LES GRAPHIQUES VIOLETS

Les couleurs représentent la fourchette des valeurs d'après de nombreuses études. Les teintes plus sombres indiquent un recoupement plus important.



25^e au 75^e percentile des estimations

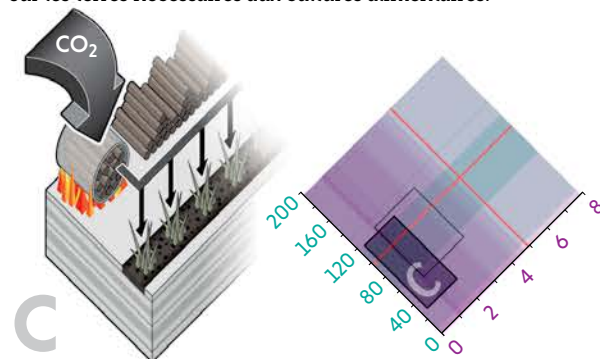
Jugement des experts auteurs de la métaanalyse

Les lignes rouges sont des repères pour aider à comparer les courbes (les carrés ayant des échelles différentes)



CAPTAGE ET STOCKAGE DU CARBONE PAR LES BIOÉNERGIES

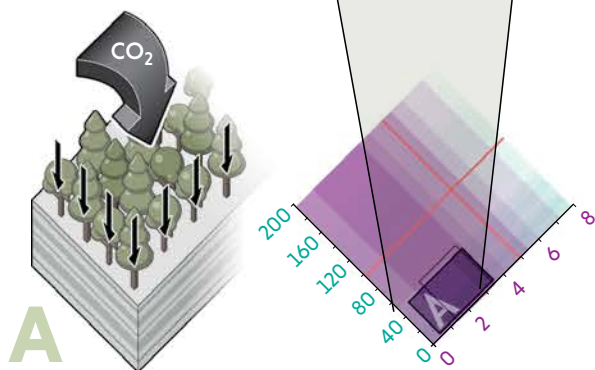
On brûle des végétaux, qui absorbent du dioxyde de carbone, pour produire de l'énergie, ou on les transforme en biocarburant. On extrait le CO₂ et on l'injecte dans le sous-sol pour un stockage profond et permanent. Les produits créent des revenus, mais en adoptant à grande échelle cette stratégie, on risque d'empiéter sur les terres nécessaires aux cultures alimentaires.



BIOCHAR

On chauffe en l'absence d'oxygène des récoltes, du fumier ou des déchets organiques. Cela produit du biocarburant et du biochar, un résidu riche en carbone ressemblant à du charbon. On épand le biochar sur des champs agricoles pour améliorer le sol, ce qui pourra contribuer à fixer davantage de carbone. Produire du biochar à grande échelle en consommant peu d'énergie risque d'être difficile.

Les échelles des graphiques individuels (en violet) sont différentes pour uniformiser la taille des carrés et faciliter la lecture.



REFORESTATION ET AFFORESTATION

On plante des arbres pour remplacer les forêts coupées à blanc et étendre celles qui existent. Ces arbres absorbent le CO₂ de l'air et le convertissent en bois neuf, racines comprises. Il faudra aussi réformer les marchés du bois et les pratiques de gestion forestière.