



Les bamboueraies (ici, la forêt de bambous géants d'Arashiyama à Kyoto, au Japon), absorbent quatre fois plus de dioxyde de carbone qu'une forêt « classique ». En outre, le bambou sert à fabriquer des maisons, des meubles, des tissus, de la pâte à papier, etc. À lui seul, il compte plus de 1 500 possibilités d'utilisation. Les pousses servent aussi dans l'alimentation humaine et les cosmétiques.

> intéressante pour lutter contre le réchauffement climatique.

Toute la problématique réside dans le volume nécessaire. Pour limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C ou 2 °C, le Giec évalue qu'il faudrait extraire 100 à 1 000 gigatonnes de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, et donc dédier, comme nous l'avons vu, pour la seule BECSC, 300 à 700 millions d'hectares de terres à la biomasse. Or il est inconcevable de convertir de telles surfaces agricoles à la biomasse, sous peine de ne plus subvenir aux besoins alimentaires sans cesse croissants de l'humanité.

Il est également délicat de trouver de nouvelles terres cultivables. Certaines, précédemment abandonnées, pourraient être de nouveau exploitées, mais on les utilise déjà en grande partie pour y faire paître du bétail. Par conséquent, il risque de devenir inévitable d'empiéter sur la forêt, bien que les programmes climatiques ne le préconisent pas.

Selon nous, raser des forêts pour y implanter des plantes à croissance rapide serait contraire au but recherché. Les forêts constituent d'importants puits de carbone et la déforestation est déjà responsable de 9 % des émissions anthropiques. Pour réduire le CO<sub>2</sub> et préserver la biodiversité, les forêts doivent, au contraire, être protégées et étendues. En ce

sens, les stratégies présentées par l'ONG Project Drawdown se démarquent des autres, car elles retiennent seulement les sources de biomasse qui ne compromettent ni la sécurité alimentaire ni la pérennité des forêts.

Notons que même les pistes pour limiter le réchauffement à 1,5 °C n'impliquant pas de BECSC nécessitent des quantités de biomasse exorbitantes. La boulimie actuelle pour les biocarburants, elle non plus, ne peut pas s'inscrire dans une démarche durable : il n'existera jamais assez de terres cultivables pour produire les matières premières nécessaires au remplacement des quantités gigantesques de carburant que nous utilisons. Si 100 % du maïs cultivé aux États-Unis était transformé en éthanol, cela ne permettrait de satisfaire que 25 % de la demande en carburant du pays et... il ne resterait plus un grain de maïs pour nourrir la population et le bétail.

Pour évaluer le niveau de déploiement de la technologie BECSC compatible avec un maintien durable de la production alimentaire mondiale, nous avons analysé la quantité totale de biomasse utilisée dans le monde en 2015, tous domaines confondus. Puis nous avons calculé la demande attendue d'ici à 2050, en nous appuyant sur l'hypothèse soit d'un niveau faible de BECSC, soit d'un niveau élevé (selon les rapports précédemment cités).

Dans les deux scénarios (voir l'encadré page 70), l'augmentation des ressources en biomasse, seule, ne peut pas répondre à la demande sans déforestation. En outre, une réduction de la demande ne suffit pas non plus : les besoins en biomasse dépassent toujours les capacités de la planète. Ce n'est qu'au prix de réductions drastiques de la demande, au-delà des projections envisagées, et d'augmentations tout aussi drastiques de filières de production bien spécifiques qu'il pourrait être possible de fournir la biomasse nécessaire – et seulement dans le cas d'un niveau faible de BECSC. Dans le cas d'un niveau élevé de BECSC, il faudrait 450 millions d'hectares de terres supplémentaires, soit une superficie supérieure à celle de l'Union européenne.

Le scénario du niveau faible de BECSC est envisageable, mais il soulève des préoccupations sociales majeures. En effet, une grande partie des terres qui seraient nécessaires pour déployer cette technologie sont aujourd'hui cultivées par de petits exploitants, utilisées comme pâturages ou couvertes par des forêts, où vivent parfois des peuples indigènes. Le risque que ces forêts soient saisies contre leur gré les guette. Ces dernières années, quelque 12 millions de personnes dans le monde se sont ainsi déjà vu voler leurs terres, notamment en Asie du Sud-Est et au Brésil, pour y planter des palmiers à huile et, en Afrique, des cacaoyers.

## RÉDUIRE LES BESOINS

Nous avons montré qu'en réduisant sévèrement la demande en biomasse tout en développant des modes de production durables, il serait possible de réduire le CO<sub>2</sub> atmosphérique sans nuire à l'approvisionnement alimentaire ni à la pérennité des forêts.

La première étape consiste à diminuer la consommation actuelle de biomasse. Le recyclage du papier réduit déjà la quantité de bois nécessaire à la fabrication de pâte à papier de 484 millions de tonnes (Mt) par an. Compte tenu de la croissance du recyclage, Project Drawdown prévoit que ce chiffre passera à 1 100 Mt par an d'ici à 2050. Cette ONG estime également que le remplacement des foyers de cuisson à bois traditionnels par des cuisinières plus « propres » (des poêles à charbon de bois à haut rendement, des poêles à gaz naturel, des poêles à énergie solaire...) réduirait encore la consommation de bois de 1 700 Mt par an d'ici à 2050. De telles cuisinières diminueraient en outre la fumée domestique, ce qui serait bénéfique pour la santé.

Actuellement, une grande partie de la biomasse non exploitée est jetée aux ordures. Or ces rebuts constitueraient une fructueuse source de matières premières pour produire de l'énergie, qu'il s'agisse des déchets issus de la transformation du bois, des aménagements

## STOCKER LE CO<sub>2</sub> DIRECTEMENT DANS LES SOLS

Dans son rapport « Réchauffement planétaire de 1,5 °C », publié en 2018, le Giec propose de recourir à des technologies dites « à émissions négatives » pour compenser le trop-plein de CO<sub>2</sub> atmosphérique. Elles consistent à capter le CO<sub>2</sub> pour le piéger dans des réservoirs géologiques – l'inverse de ce qui se passe quand nous utilisons des énergies fossiles.

L'une de ces technologies, qui passe par la production de bioénergie (BECSC), est critiquée, à juste titre, car il paraît difficile de produire suffisamment de biomasse à l'échelle mondiale au regard des quantités de carbone à piéger. Il existe des alternatives (biochar, captage direct du CO<sub>2</sub> dans l'air, etc.) – certaines sont décrites dans l'article ci-contre, par exemple l'agroforesterie –, qui rentrent moins directement en compétition avec la production alimentaire et permettent de stocker le CO<sub>2</sub> directement dans les sols, plutôt que de passer par la bioénergie.

Le principe est le suivant : les végétaux fixent le CO<sub>2</sub> lors de leur croissance, dont une partie est restituée aux sols sous forme de matière (litières de feuilles, pailles, résidus de culture, racines des arbres, litières racinaires...). Aujourd'hui, les sols contiennent environ deux à trois fois plus de carbone que l'atmosphère et pourraient en stocker plus.

Malgré un potentiel d'émissions négatives important, ce mode de stockage était le grand absent du rapport du Giec. Il présente pourtant l'avantage de ne pas détourner de surfaces de forêt ou de cultures, et contribue également à fertiliser les terres. L'initiative « 4 pour 1 000 » lancée par la France durant la COP21 en 2015 vise à augmenter les stocks de carbone des sols de 0,4 % par an et à créer un puits de CO<sub>2</sub> de l'ordre de 2,5 à 5 gigatonnes de CO<sub>2</sub> par an. À comparer avec le puits annuel de 0,4 à 11,3 gigatonnes de CO<sub>2</sub> avancés par le Giec pour la voie BECSC.

En octobre 2020, une équipe internationale réunie autour de Wulf Amelung, de l'université de Bonn, a montré que le stockage de CO<sub>2</sub> dans les sols permettrait de diminuer d'un tiers l'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Elle détaille les démarches à engager pour y parvenir, qui comprennent la mise en place d'un système d'information sur les sols car les actions à entreprendre dépendent étroitement de l'environnement local.

In fine, plutôt que de parier sur l'une ou l'autre des technologies à émissions négatives, il faudra trouver les combinaisons les plus adaptées aux conditions locales. C'est-à-dire agir au cas par cas, en fonction des potentiels de stockage des sols, de l'espace disponible pour faire des cultures énergétiques ou reboiser, mais aussi en fonction du climat, des possibilités de stockage géologique, de la demande locale en énergie, etc. L'important est de ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier, comme le soulignent Eric Toensmeier et Dennis Garrity dans l'article ci-contre.

### BENOÎT GABRIELLE

professeur en physique de l'environnement, unité Ecosys, AgroParisTech/Inrae/université de Paris-Saclay, à Thiverval-Grignon

et des entretiens de jardins (tonte de gazon, feuilles, branchages...), mais aussi de tout ce qui reste après les récoltes, comme les tiges et feuilles du maïs. Environ un quart de ces résidus de culture sert déjà à nourrir le bétail ou à améliorer les pratiques agricoles (paillage, litière pour le bétail, incorporation aux sols, etc.). On estime qu'il serait bénéfique >