



Ce travail a bénéficié du support de l'ADEME et d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-10-LABX-01.

Institut du développement durable
et des relations internationales
27, rue Saint-Guillaume
75337 Paris cedex 07 France

Neutralité carbone : relever le défi mondial pour une action climatique ambitieuse

Lola Vallejo, Aleksandar Rankovic, Michel Colombier, Sébastien Treyer, Judith Voss-Stemping (Iddri)

L'Accord de Paris, adopté en 2015, prépare le terrain pour les discussions portant sur la neutralité carbone aux niveaux global et national dans son article 4.1, qui évoque l'« équilibre entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre »¹, en s'appuyant sur le 5^e rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Le concept de « neutralité carbone » ou de « zéro émission nette »² était déjà utilisé avant l'Accord de Paris par certains pays et acteurs non étatiques, en relation avec la compensation des activités à forte intensité de carbone (par exemple, les voyages aériens). La terminologie employée dans l'article 4 de l'Accord de Paris marque, toutefois, sa première inscription dans un accord international, et sa première mention en tant qu'objectif global.

Près de deux ans après l'entrée en vigueur de l'Accord de Paris, un nombre restreint, mais en progression, de pays a intégré le concept de neutralité carbone au sein de ses stratégies de développement, en faisant preuve d'approches très différentes. Cette diversité illustre en partie les défis majeurs qui, sur les plans méthodologique, technologique et politique, sont associés au fait de définir la neutralité climatique et d'en faire une réalité³, notamment sa capacité à guider l'élaboration des contributions déterminées au niveau national (CDN).

Ces défis ne font que renforcer trois impératifs (voir les messages clés).

1. Cf. https://unfccc.int/sites/default/files/french_paris_agreement.pdf
2. L'article 4 implique techniquement « la neutralité en matière de gaz à effet de serre », mais des expressions telles que celles de « neutralité carbone » ou de « zéro émissions nettes » sont plus couramment utilisées.
3. Voir Rankovic, A. *et al.* (2018). La neutralité carbone, défis d'une ambition planétaire. Clarifications conceptuelles, panorama des initiatives et recommandations pour les stratégies nationales. Iddri, *Study* N°10/18. Note : pour les autres références bibliographiques mentionnées dans ce *brief*, se référer à cette étude.

MESSAGES CLÉS

Les pays désireux d'atteindre la neutralité carbone devraient :

- agir de manière urgente pour atteindre les potentiels existants de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'ensemble des secteurs, en combinant des solutions technologiques et comportementales conformes aux objectifs de développement des pays, afin de minimiser le niveau des émissions résiduelles après 2050 et en particulier d'atteindre quasiment zéro émissions nettes de CO₂ dans les secteurs de l'énergie et de l'industrie ;
- renouveler les approches en matière de protection des puits de carbone naturels en prenant pour cible les facteurs sectoriels le plus souvent liés à la dégradation et la destruction des écosystèmes naturels terrestres et marins (l'agriculture non durable et son expansion, la déforestation, les pêches non durables, l'aménagement côtier, etc.) et favoriser le changement dans les pratiques sectorielles en vue de la protection des puits de carbone (par exemple, les sols pour ce qui concerne l'agriculture) ;
- investir dans la recherche et développement concernant les technologies de capture et de stockage du carbone afin de traiter les émissions résiduelles, car les puits existants et les options d'innovation actuelles ne sont respectivement ni une solution permanente, ni des initiatives prêtes à être déployées.

1. LA NEUTRALITÉ CARBONE EN TANT QU'ATTRACTEUR POLITIQUE

Le concept de neutralité soulève un paradoxe. D'un côté, ce concept n'est pas forcément le plus simple pour offrir une orientation efficace à l'action des pays. Il soulève en effet des questions méthodologiques et politiques majeures, telles que « Pour que la planète atteigne la neutralité carbone, chaque pays doit-il l'atteindre aussi ? Dans quelle mesure les technologies à émissions négatives peuvent-elles contribuer à atteindre cet objectif ? Quels efforts supplémentaires devront être envisagés pour réduire les émissions anthropiques brutes, et quand devront-ils avoir lieu ? » D'un autre côté, un nombre réduit – mais néanmoins croissant – de pays a déjà adhéré à l'objectif de la neutralité carbone, de même que de nombreuses collectivités locales, organisations non gouvernementales, instituts de recherche et coalitions politiques.

Certains détracteurs attribuent ce succès croissant aux possibilités d'interprétation offertes par ce concept : les choix de périmètres d'émissions et d'année de référence affichés conduisent à des niveaux d'efforts très différents en termes de réduction des émissions. Dans les approches nationales existantes vers la neutralité carbone, les objectifs à long terme tendent souvent à être la simple projection linéaire d'objectifs déjà visés à plus court terme. Un certain nombre d'ONG et d'experts pointent le risque que la neutralité soit employée comme une excuse pour réduire les ambitions en matière d'atténuation, en mettant l'accent sur la compensation plutôt que sur de réelles réductions d'émissions. Pour le moment, ce risque potentiel ne s'est pas traduit dans les projets de la plupart des pays.

Au contraire, les récentes approches étatiques et non étatiques en direction de la neutralité carbone semblent coïncider avec au moins la volonté de renforcer l'ambition climatique. Pour les autorités nationales comme locales, la neutralité carbone est un attracteur politique, qui permet d'initier de nouveaux programmes et, plus important, des réflexions, procédures et cadres de gouvernance nouveaux pour l'action climatique.

2. COMBINER RÉDUCTION DES ÉMISSIONS, PUIXS DE CARBONE, TECHNOLOGIES À ÉMISSIONS NÉGATIVES ET COMPENSATIONS

Faire de la neutralité carbone une réalité à l'échelle globale implique avant tout de réduire autant que possible les émissions résultant de l'activité humaine, mais également de considérer l'utilisation de leviers supplémentaires pour compenser les émissions résiduelles et atteindre des émissions nettes négatives par la suite. En particulier, la neutralité questionne l'amélioration des puits

naturels, l'utilisation des technologies à émissions négatives, et le recours aux mécanismes de compensation.

L'article 4.1 de l'Accord de Paris mentionnant l'atteinte de la neutralité carbone contient une définition complexe de la dynamique des émissions compatible avec l'ensemble de scénarios de décarbonation le plus ambitieux (RCP 2.6)⁴ présenté dans le dernier rapport du GIEC, et l'objectif de limitation de la hausse des températures à « bien au-dessous de 2°C ». Les caractéristiques principales de cet ensemble de scénarios sont les suivantes :

- Il est attendu que les émissions de CO₂ diminuent de manière considérable et atteignent le niveau « zéro émission nette » d'ici 2060-2070, avec d'importants niveaux négatifs par la suite ;
- Il est attendu que les émissions de gaz autres que le CO₂ diminuent de façon progressive jusqu'à être presque réduites de moitié d'ici la fin du siècle.

La « neutralité » n'est pas définie *ex ante* par les scientifiques comme une forme d'équilibre. Elle reflète plutôt le fait que, en additionnant émissions de CO₂ et émissions de gaz autres que le CO₂ mesurées en tonnes équivalent CO₂, les trajectoires d'émissions qui en résultent atteignent zéro émission nette mondiale aux alentours de 2080 et des niveaux négatifs par la suite. Les scénarios RCP 2.6 du GIEC font l'hypothèse qu'une diminution aussi spectaculaire des émissions nettes mondiales pourrait être atteinte par le biais d'efforts inédits consacrés à la mise au point d'options permettant d'obtenir des émissions nettes négatives.

Améliorer les puits naturels

Les forêts, les sols et les écosystèmes côtiers (tels que les marais salants ou les mangroves) forment des puits naturels pour les gaz à effet de serre. Si leur dégradation liée aux activités humaines (exploitation agricole, déforestation) pourrait conduire à ce que d'importantes quantités de gaz à effet de serre soient relâchées dans l'atmosphère, leur amélioration pourrait accroître leur potentiel en tant que puits. Atteindre la neutralité carbone à l'échelle globale signifie nécessairement une bonne gestion de ces écosystèmes. Toutefois, dans la littérature, les possibilités en matière de séquestration supplémentaire semblent plutôt incertaines, et sont estimées entre 1,83 et 14 Gt de CO₂/an au cours d'une période de quelques décennies, à l'issue de laquelle ces puits pourraient devoir être

4. Les Representative Concentration Pathways (RCP) modélisent des futurs climatiques possibles et sont nommées en fonction du degré de forçage radiatif à l'an 2100 par rapport aux valeurs de l'ère préindustrielle (+2,6, +4,5, +6, et +8,5 W/m²).

considérés comme saturés. De même, le potentiel de séquestration à l'intérieur des sols est estimé entre 2,6 et 11,4 Gt de CO₂/an.

En pratique, l'amélioration des puits naturels sur le long terme nécessitera de s'attaquer aux moteurs de la dégradation ou de la destruction de ces écosystèmes : encourager des pratiques agricoles plus durables, et garantir la conservation des forêts et des prairies. Protéger et restaurer les écosystèmes côtiers suppose de prendre des mesures écologiques proactives et de s'assurer que le développement d'infrastructures, l'agriculture, l'aquaculture et le chalutage profond prennent tous mieux en considération leurs potentiels impacts.

Les politiques mises en place pour encourager la protection ou la restauration de ces écosystèmes au niveau international n'ont fait preuve que d'une efficacité modérée, et il est nécessaire de réaliser une évaluation complète des effets indésirables produits sur la sécurité alimentaire, la biodiversité ou d'autres enjeux environnementaux. Ces enjeux se trouvent encore aggravés par les incertitudes écologiques, à la fois en ce qui concerne la pérennité de ces stocks de carbone, les liens complexes existants entre les cycles de l'azote et du carbone, les risques de non-pérennité liés à une modification radicale de l'utilisation des sols ou à des changements de pratique, et l'incidence exacte du changement climatique sur les possibilités de séquestration du carbone.

Investir dans les technologies à émissions négatives

Les technologies à émissions négatives (TEN) se trouvent dans le meilleur des cas au stade de la recherche ou de la démonstration, et la perspective de leur déploiement massif soulève des questions techniques, économiques et écologiques. Un large déploiement de la bioénergie avec capture et stockage du carbone (BECCS), mais également de la fertilisation des océans, est susceptible d'avoir par exemple des conséquences importantes et irréversibles sur la biodiversité, ainsi que de potentiels effets contraires sur le changement climatique. Un important déploiement de la BECCS nécessiterait également des quantités considérables de terres, d'eau et de nutriments, et générerait une concurrence avec les terres affectées à la production alimentaire ainsi qu'aux forêts et autres écosystèmes, avec des effets potentiels majeurs sur la sécurité alimentaire. Tout bien considéré, la capture directe d'air avec séquestration de carbone (DACCS) semble être la TEN présentant le moins de risques pour le moment : elle est celle qui exerce le moins de pression sur l'utilisation des sols et elle peut être implantée de manière à satisfaire ses exigences élevées en matière de stockage géologique et d'eau. Cette technologie n'en est encore cependant qu'à ses prémices.

Malgré ces sérieuses inquiétudes, le RCP 2.6 a recours de façon significative à la BECCS,⁵ avec pour conséquence potentielle de consacrer au moins 20-35 % de la surface actuellement dédiée aux terres agricoles à la production de biomasse pour la BECCS.⁶ Cette « solution miracle » doit par conséquent faire l'objet d'une interprétation prudente. Cette option ne devrait pas être considérée comme « technologiquement normative », mais elle met en évidence le fait que, en complément des efforts prévus en ce qui concerne les puits naturels, les TEN en général seront nécessaires après 2050 pour compenser le dépassement actuel en matière d'émissions mondiales.

Réduire les émissions brutes de GES : un défi pour les systèmes énergétique et alimentaire

Les scénarios du GIEC compatibles avec l'objectif de l'Accord de Paris mobilisent des volumes importants d'émissions négatives, proches de leurs potentiels techniques estimés. Toutefois, dans le même temps, ces scénarios ne relâchent pas les efforts en matière de réduction des émissions. Atteindre une réduction de 50 % des émissions de méthane et de N₂O implique que des options très techniques soient mises en œuvre à leur potentiel de haut niveau pour réduire les émissions liées à la gestion des déchets, à l'agriculture, à l'élevage bovin, etc. En outre, ces scénarios supposent que la consommation moyenne de viande au niveau mondial augmenterait, en se stabilisant tout de même en dessous des niveaux européens actuels. Parallèlement, les émissions liées à l'énergie (construction, industries, services, transports, et production d'électricité) sont supposées considérablement diminuer avant 2050 et le système énergétique dans l'ensemble serait presque entièrement décarboné au niveau mondial dans les décennies suivantes.

Partant de l'hypothèse que les TEN seraient disponibles à un coût raisonnable après 2050, les scientifiques ont étudié la possibilité de différer l'action en matière d'atténuation et de compenser le dépassement d'émissions par des absorptions supplémentaires réalisées au moyen des TEN dans la seconde moitié du siècle. Leurs conclusions sont que de tels scénarios seraient non seulement extrêmement

5. Dans le 5^e Rapport d'évaluation du GIEC, sur 400 scénarios ayant une probabilité de 50 % de maintenir le réchauffement planétaire dans la limite de 2°C, 344 considéreraient un déploiement à grande échelle de la BECCS (Anderson, 2015).

6. Smith *et al.* (2016) ont calculé que 1-1,7 Gha de sols devraient être consacrés à la BECCS, sur 9 Gha actuellement utilisés par l'agriculture (1,5 Gha), le bétail (3,5 Gha) et les forêts (4 Gha) pour atteindre la limite basse des scénarios RCP 2.6.

coûteux mais très improbables, et qu'ils soulèveraient un certain nombre de problèmes techniques, industriels et écologiques. Par ailleurs, les hypothèses formulées dans le cadre des scénarios 2.6 du GIEC quant à l'amélioration des puits naturels et au déploiement de TEN sont plutôt optimistes en ce qui concerne à la fois la disponibilité de la technologie et notre capacité de mise en œuvre.

Globalement, les scénarios de décarbonation profonde, menant à moins de 2 t CO₂/ habitant dans le secteur de l'énergie, et à au moins 30 à 40 % de réduction des émissions de CH₄ et de N₂O d'ici 2050, demeurent la référence en matière d'atténuation du changement climatique. L'ordre dans lequel les différentes émissions de gaz à effet de serre et les différents puits sont pris en compte a son importance, car des compositions atmosphériques différentes ont des implications différentes en termes de réchauffement. Au niveau national, les décideurs politiques devraient cerner ces spécificités en mettant au point des stratégies distinctes en vue de la réduction de trois catégories d'émissions : i) les émissions domestiques, ii) les émissions dues au transport international, iii) les émissions liées à la consommation. Dans chacune d'entre elles, chaque gaz à effet de serre devrait être comptabilisé de manière séparée, plutôt que d'être converti en tonnes d'équivalent CO₂.

Dans le même temps (et non pas en guise de solution alternative), il est nécessaire que les puits naturels soient améliorés, et les efforts en matière de recherche et développement renforcés afin de mettre au point des TEN acceptables d'ici le milieu du siècle.

« Neutralité domestique » et compensations internationales

Un monde neutre en carbone n'est pas nécessairement un monde dans lequel chaque pays, ville ou entreprise atteint zéro émission nette de manière isolée.

L'article 6 de l'Accord de Paris reconnaît les différentes dotations et capacités en ce qui concerne la réduction des émissions ou l'augmentation des puits environnementaux destinés aux gaz à effet de serre, et autorise les Parties à « collaborer » en ce qui concerne l'atténuation du changement climatique. Mais le mécanisme destiné à rendre opérationnel l'échange des « résultats d'atténuation transférés au niveau international » (ITMO) tout en évitant un double comptage est encore incertain.

Les scénarios du projet Deep Decarbonisation Pathways Project (2015)⁷ ont montré que, pour

atteindre des systèmes énergétiques et industriels très bas-carbone dans quelques décennies, il est nécessaire de procéder à des investissements bas-carbone précoces afin d'éviter les actifs « bloqués » et les coûts sociaux. En outre, d'ici 2050, il n'y aura guère de place pour les pratiques de compensation au sein du système énergétique mondial. Au cours de cette période de transition, les pays visant la neutralité carbone devraient démontrer qu'ils sont en bonne voie pour atteindre de très bas niveaux d'émissions liées à l'énergie d'ici 2050 (et des réductions de l'ordre de 30 à 40 % en ce qui concerne les autres gaz) avant d'envisager de faire de la compensation un outil complémentaire.

3. LA NEUTRALITÉ CARBONE, UN LANGAGE COMMUN À TRAVERS LES ÉCHELLES

À ce jour, fixer des objectifs chiffrés en matière de réduction des émissions à différents niveaux géographiques (États, régions, villes) n'a pas conduit les différents acteurs impliqués à mettre au point des visions coordonnées avec un horizon temporel commun. La neutralité carbone implique cependant de définir une vision à une échéance à la fois assez éloignée pour permettre l'ambition, et assez proche pour qu'elle puisse se traduire en mesures opérationnelles, en gardant à l'esprit la durée de vie des décisions actuelles. Dans cette vision, chacun des acteurs devrait définir sa place dans un monde neutre en carbone, en fonction de ses contraintes, dotations et potentiels respectifs, et ne pas uniquement (ou nécessairement) viser la neutralité au niveau de ses propres activités.

En offrant un langage et référentiel communs pour une action climatique ambitieuse, le concept de neutralité carbone peut favoriser l'ouverture d'une discussion à travers les échelles géographiques et institutionnelles sur les visions respectives, et faciliter l'alignement des attentes d'un large éventail d'acteurs, des secteurs public et privé, des autorités étatiques et locales, des décideurs politiques et de la société civile.

L'atténuation du changement climatique implique non seulement le déploiement de technologies bas-carbone, mais également la prise en compte des impacts de la modification des modes de vie et de consommation de nos sociétés. Jusqu'à présent, des hypothèses comportementales et économiques conservatrices ont servi de base à la modélisation globale d'une décarbonation ambitieuse (Waisman *et al.*, 2018). Mais relever le défi climatique appelle très probablement de profondes transformations sociétales, qu'il faut prendre en compte dans la construction des trajectoires de long terme vers la décarbonation. ■

7. <https://www.iddri.org/fr/projet/trajectoires-de-decarbonation-profonde-2050>