



**CARBON
MARKET
WATCH**

Les besoins fondamentaux : Principes de base pour concevoir des politiques d'élimination du carbone raisonnables

RAPPORT, NOVEMBRE 2023.

Auteurs

Fabiola De Simone - Spécialiste des politiques d'élimination du carbone

Wijnand Stoefs - Expert référent en matière de politiques d'élimination du carbone

Remerciements

Les auteurs souhaitent témoigner leur reconnaissance envers tous les experts qui ont assuré la révision de tout ou partie de ce document. Nous tenons à remercier Ulriikka Aarnio, Danny Cullenward, Nils Meyer-Ohlendorf, Mark Preston Aragonès et Felix Schenuit de nous avoir fait profiter de leur temps et de leur expertise. Leur participation s'est avérée essentielle afin d'accroître la qualité et la profondeur de ce rapport. Bien sûr, toute erreur ou simplification excessive de cette publication relèverait exclusivement de notre propre responsabilité.

Les auteurs souhaitent également remercier la Climate Works Foundation pour son soutien.

SOMMAIRE

SYNTHÈSE	4
INTRODUCTION	7
1. Aperçu des approches réglementaires en matière de CDR	13
1.1. Échange de quotas d'émission et systèmes de plafonnement et d'échange	
1.2. Cadres réglementaires hybrides existants, incluant la CDR : la LCFS californienne	
1.3. Approches réglementaires hors marché	
1.4. L'obligation de reprise du carbone	
2. Mécanismes de financement public de la CDR	22
2.1. Incitations fiscales et subventions directes	
2.2. Marchés publics et enchères inversées	
3. Exemples d'approches volontaires en matière de CDR	26
3.1. La CDR dans le marché volontaire du carbone	
3.2. Programmes volontaires gérés par l'État	
4. Les grandes lignes de la politique de CDR	35
4.1. Principaux défauts des approches existantes	
4.2. Prochaines étapes à court terme - principes fondamentaux	
4.3. Séparer élimination et émissions	
CONCLUSIONS	49

SYNTHÈSE

L'élimination du carbone (CDR, selon son sigle en anglais) est indispensable pour atteindre la neutralité carbone et une situation d'émissions nettes négatives. Cependant, **la réduction des émissions doit rester la priorité** et l'élimination doit être mise en œuvre de manière **durable**. L'intérêt croissant des responsables politiques, des scientifiques et des entreprises pour la CDR a conduit à la mise en œuvre (ou à la théorisation) de différentes approches dans diverses juridictions, ou de programmes volontaires visant à renforcer les investissements et à promouvoir l'innovation dans ce secteur.

Le présent rapport examine un éventail d'approches, qu'elles soient réglementaires — incluant des systèmes d'échange de quotas d'émission, des incitations fiscales et des subventions publiques directes — ou volontaires. En s'appuyant sur leurs limites, ainsi que sur des concepts prometteurs et des leçons tirées des cadres étudiés, il esquisse les grandes lignes d'une politique de CDR raisonnable.

Aucun des systèmes de gouvernance évalués en matière d'élimination ne permet d'intégrer de manière satisfaisante les enjeux climatiques clés. Leur principal défaut est qu'ils permettent ou même encouragent une certaine dissuasion de l'atténuation : le recours aux mécanismes de compensation est très répandu, tant dans les approches réglementaires que volontaires. Or, réduction des émissions et élimination ne se valent pas, et ne devraient pas être considérées comme équivalentes dans les cadres politiques. En outre, de nombreux cadres ne distinguent pas suffisamment la séquestration temporaire ou vulnérable de l'élimination permanente.

Grandes lignes d'une politique d'élimination du carbone intelligente

En premier lieu, le soutien des secteurs public et privé à l'élimination du carbone (CDR) doit reposer sur une définition claire de cette dernière, ainsi que sur un système rigoureux de mesure, notification et vérification (MRV).

À court terme, une certaine marge d'essai et d'erreur peut s'avérer nécessaire. Néanmoins, plusieurs principes fondamentaux doivent être respectés pour que ces « essais et erreurs » ne conduisent pas à de réels dommages, sur le climat ou sur d'autres priorités sociales et environnementales. Tout système de politique de CDR doit donc reposer sur trois principes afin de limiter la dissuasion de l'atténuation et de garantir que l'élimination permanente

soit employée en complément de la réduction des émissions: les **principes de précaution, de DNSH (do no significant harm, ou « absence de préjudice important ») et de primauté de la réduction des émissions.**

Ces lignes directrices fondamentales peuvent être mises en œuvre via la **séparation claire des émissions et de l'élimination**, y compris dans les objectifs et marchés du carbone. Toute compensation doit être exclue.

Si l'intégration de l'élimination aux marchés du carbone est souvent considérée comme la meilleure voie, cette approche est intrinsèquement viciée et ne contribue pas à la lutte contre le dérèglement climatique. En fonction de la méthode employée, elle peut conduire à une dissuasion de l'atténuation si des unités à faible coût sont introduites (généralement de faible qualité avec des risques potentiels majeurs en matière de durabilité), ou à un manque de demande ou de soutien envers les méthodes d'élimination à l'intégrité environnementale plus élevée.

Il n'existe pas de méthode « magique » d'élimination promettant à la fois intégrité environnementale, accessibilité financière, capacité de déploiement à plus grande échelle et permanence du stockage. **Cette dure vérité doit constituer le socle de toute politique d'élimination.**

À long terme, tout cadre politique pertinent et durable en matière de climat doit avoir pour but d'atteindre **la neutralité climatique le plus rapidement possible avec des émissions résiduelles aussi faibles que réalistiquement envisageables** (pour limiter le recours à la CDR, dans la mesure où il faut s'attendre à ce que l'élimination permanente reste rare et onéreuse), et **de permettre des émissions nettes négatives importantes et durables.**

La neutralité climatique implique de compenser par l'élimination les dernières émissions résiduelles de gaz à effet de serre, que la société considérerait trop importantes ou trop difficiles à atténuer. Cet exercice d'équilibriste **doit être mené au niveau de l'économie et de la société**, plutôt que d'être considéré comme un impératif permettant à chaque entreprise ou secteur d'accéder à l'élimination afin de compenser ses propres émissions. **Les pollueurs doivent rester concentrés sur la réduction de leurs émissions** et faire l'objet de mécanismes de tarification du carbone pertinents, plutôt que de rechercher des mécanismes de compensation.

En outre, tout cadre politique doit viser à atteindre des émissions nettes négatives significatives le plus rapidement possible afin de limiter le pic des températures et d'amorcer la réparation des dommages occasionnés par l'être humain à l'atmosphère.

Pour ces deux objectifs, la réduction des émissions a un rôle clé à jouer, qui se poursuivra largement durant la seconde moitié de ce siècle et déterminera le volume d'élimination requis.

Au sein de l'UE, la définition de l'**objectif climatique pour 2040**, suivie de sa mise en œuvre dans l'architecture politique européenne, constitue une première opportunité d'ancrer une vision de long terme. Celle-ci doit reconnaître le rôle complémentaire de l'élimination du carbone tout en affirmant la primauté de la réduction des émissions. **Les décideurs politiques doivent prendre conscience des besoins fondamentaux. C'est une occasion à ne pas manquer.**

INTRODUCTION

Pourquoi et dans quelle mesure a-t-on besoin de CDR ?

La réduction drastique des émissions constitue la plus importante des priorités politiques, sociales et environnementales afin de limiter la gravité et l'impact du dérèglement climatique en cours. En complément d'une décarbonation urgente, approfondie et durable, il sera également nécessaire d'éliminer le CO₂ déjà accumulé dans l'atmosphère et de le stocker de manière permanente. Ce processus, appelé élimination du carbone (ou CDR, selon son abréviation anglaise) sera nécessaire pour permettre aux différents pays et à l'ensemble de la planète d'atteindre la neutralité carbone, puis des émissions nettes négatives. La CDR sera indispensable pour compenser les dernières émissions dont l'atténuation serait trop onéreuse ou qui seraient considérées comme trop importantes pour la société (les émissions résiduelles difficiles ou impossibles à atténuer) et pour réduire activement les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Il sera probablement nécessaire d'atteindre un niveau d'émissions négatives puisque les mesures actuelles de réduction des émissions [ne suffisent pas à limiter le réchauffement climatique à 1,5°C](#), et que le dépassement de ce seuil géophysique clé représente un réel danger. Cependant, les solutions d'élimination du carbone ne peuvent être menées avec pertinence que si les émissions résiduelles sont suffisamment réduites, l'intensification durable de l'élimination étant soumise à d'importantes restrictions.

Si le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a [déclaré](#) que le déploiement de la CDR serait « inévitable » pour atteindre le zéro émission nette, le volume exact nécessaire reste incertain. Cela dépendra principalement de la rapidité et de l'ampleur de la réduction des émissions durant la première moitié de ce siècle, ce qui souligne encore la priorité absolue qui doit être accordée à la réduction des émissions. Le [Rapport 2022 du groupe de travail III du GIEC](#) estime qu'en moyenne, pour limiter le

réchauffement climatique à 1,5 °C d'ici à 2100, [3 GtCO₂ par an d'élimination permanente seront nécessaires d'ici à 2050 et 10 GtCO₂ par an d'ici à 2100](#). Cependant, il se peut que les modèles du GIEC surestiment fortement la portée durable potentielle de l'élimination, puisqu'ils ne [tiennent pas suffisamment compte des limites potentielles](#). [Bergman et Rinberg \(2021\)](#) présentent des estimations plus modestes, allant de 1,5 à 3,1 GtCO₂ par an aux alentours de 2050, avec un plafonnement jusqu'en 2100, afin de compenser les émissions les plus difficiles à atténuer.

Qu'est-ce que la CDR ?

La CDR doit jouer un rôle important, mais limité et distinct, dans les stratégies et mesures politiques d'atténuation du réchauffement climatique. Cependant, limiter la CDR à un rôle complémentaire ne suffit pas. Pour éviter toute entrave à l'action climatique, nous devons veiller à ce que seules des « mesures réelles d'élimination » soient employées pour compenser les émissions résiduelles. Ces « mesures réelles d'élimination » se définissent comme des processus qui extraient le CO₂ de l'atmosphère et le stockent de manière permanente, tout en garantissant que la quantité de carbone retirée de l'air dépasse les émissions générées par le processus lui-même, conformément à la définition de [Tanzer et Ramirez \(2019\)](#). Le stockage de CO₂ ne peut être considéré comme permanent qu'à condition qu'il soit maintenu aussi longtemps qu'un taux significatif d'émissions de CO₂ restera contenu dans l'atmosphère ([jusqu'à 25 %](#)), soit jusqu'à [1 000 ans](#). À minima, pour garantir un réel bénéfice climatique, le seuil de stockage est de plusieurs siècles.

Qualifier des solutions de stockage à court terme ou fortement vulnérables d'élimination comporte des risques considérables. Compenser les émissions résiduelles avec des solutions de stockage ne pouvant durer que quelques années voire quelques décennies exigerait des mécanismes de responsabilité extrêmement robustes et un système de MRV solide, des éléments qui s'avèrent complexes et onéreux, et qui reportent la responsabilité

sur les générations futures. En outre, ils ne sont pas encore en place actuellement, et une importante volonté politique serait nécessaire pour les mettre en œuvre.

Par ailleurs, la [complexité](#) des méthodes de CDR et leurs éventuelles répercussions négatives aux niveaux social et environnemental (en termes, par exemple, [d'utilisation des terres](#), d'utilisation et de sources d'énergie, de droits des populations locales, d'accaparement des terres et de [santé humaine](#)) exigent des cadres de gouvernance solides, avec des méthodes précises de mesure, notification et vérification (MRV), une certification rigoureuse et des critères de qualité (notamment sur l'additionnalité, la quantification, la durabilité sociale et environnementale) à respecter.

L'élimination du carbone (CDR) n'est pas équivalente à la réduction des émissions. Cette fausse équivalence (« une tonne est une tonne ») est souvent employée pour justifier les mécanismes de compensation et les revendications de neutralité carbone ou de zéro émission nette qui y sont associées. Une tonne de CO₂ éliminée, aujourd'hui ou à l'avenir, signifie qu'une tonne peut hypothétiquement être émise sans impact sur le climat. Cette idée est scientifiquement inexacte et moralement ambiguë. En réalité, une tonne de CO₂ éliminée peut avoir jusqu'à [10 % de moins d'impact sur le climat qu'une tonne émise](#), en raison des [interactions avec le carbone stocké dans les sols et les océans](#). En outre, l'élimination ne permet pas de faire face ou d'annuler la plupart des impacts des émissions et l'urgence climatique elle-même (comme la montée du niveau de la mer, la destruction et l'appauvrissement des écosystèmes et/ou des sociétés humaines, par exemple via les impacts sur la santé, ou les points de bascule). Enfin, l'élimination du carbone est [par essence une forme d'atténuation du changement climatique plus faible](#) que la réduction des émissions : chaque émission non produite est définitivement épargnée à l'atmosphère, les réserves géologiques de combustibles fossiles étant des réserves de carbone sûres et stables (à condition bien sûr que l'homme n'interfère pas), tandis que les processus d'élimination exigent une gestion durable et une permanence de stockage avec un système de MRV constant pour éviter les fuites. Il existe quelques exceptions possibles à cette règle,

telles que des méthodes d'élimination conduisant à une minéralisation rapide, mais celles-ci jouent un rôle mineur dans le panorama actuel des solutions d'élimination.

Le déploiement de la CDR à l'heure actuelle

Bien que la CDR bénéficie d'un intérêt croissant, il n'existe actuellement dans le monde aucun cadre de gouvernance réellement complet dans ce domaine. De nombreux pays et entreprises formulent des engagements de neutralité carbone reposant, en tout ou en partie, sur la CDR. Malgré l'enthousiasme croissant que suscite ce secteur – [souvent basé](#) sur une volonté d'éviter ou de retarder les réductions d'émissions, pourtant indispensables – les projets d'élimination du carbone de qualité restent extrêmement rare. Par « projets d'élimination du carbone de qualité », on entend des méthodes offrant un véritable résultat d'élimination de manière durable, tant sur le plan environnemental que social. Cela signifie que ces projets éliminent directement le CO₂ de l'atmosphère et le stockent de manière permanente (pendant plusieurs siècles, voire un millénaire) avec un bilan d'émissions net négatif, en contribuant de manière positive à la protection de l'environnement et des populations.

D'après une estimation présentée dans le rapport « [The State of the Carbon Dioxide Removal](#) », la presque totalité (99,9 %) de l'extraction de carbone de l'atmosphère réalisée aujourd'hui (stockages à court terme et vulnérables inclus), soit environ 2 GtCO₂ par an, est terrestre, principalement dans le cadre de projets d'afforestation et de reforestation. L'élimination et le stockage de CO₂ par la végétation et les sols impliquent de nombreuses contraintes, notamment leur vulnérabilité aux perturbations naturelles et humaines, le long délai requis pour obtenir une véritable élimination et la difficulté de suivi et de vérification. Comme évoqué précédemment, ces approches ne devraient pas systématiquement être considérées comme de véritables CDR.

Les nouvelles technologies de CDR, telles que la bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS), le biochar et le captage direct du dioxyde de carbone dans l'air (DAC), offrent une meilleure fiabilité en termes de permanence du stockage (mais pas nécessairement en termes de durabilité). Leur contribution ne représente actuellement que [0,002 GtCO₂](#), très loin des gigatonnes potentiellement requises à l'échelle mondiale pour gérer les émissions résiduelles dans un avenir relativement proche.

Approches actuelles de CDR afin de promouvoir l'élimination

À l'heure actuelle, plusieurs approches visant à promouvoir l'élimination, à stimuler le développement technologique et à lancer l'expansion de ce petit secteur sont employées ou en cours de discussion au sein de pays, régions et par des acteurs privés, avec des niveaux divers de qualité et d'efficacité environnementale. Cela inclut des mécanismes réglementaires, comme l'intégration des crédits carbone et compensations basés sur la CDR aux systèmes d'échange de quotas d'émission, ou un soutien public via des incitations fiscales et des subventions directes. Des approches volontaires ont également été testées ou mises en œuvre afin de générer des financements pour l'élimination du carbone et de renforcer les puits terrestres.

Du côté de la séquestration terrestre du carbone, les marchés volontaires du carbone (VCM) ont toujours reposé sur d'importants volumes de compensations carbone. [Les crédits de foresterie et d'utilisation des terres constituent le type de compensation le plus fréquemment enregistré et/ou émis par les cinq plus grands registres et normes des VCM.](#) Tandis que les crédits basés sur la foresterie et l'utilisation des terres représentent 40 % du nombre total de crédits émis par ces cinq registres, seule une fraction de ces crédits sont exclusivement concentrés sur l'élimination, et une vaste majorité d'entre eux sont censés offrir des réductions des émissions ou des activités mêlant réduction des émissions et accroissement de la séquestration du carbone sur ou dans la terre. Si les VCM restent

principalement axés sur les éliminations terrestres non-permanentes, des méthodes de CDR offrant un stockage plus permanent ont rapidement progressé ces derniers temps. Au total, [4,8 millions de tonnes](#) de CDR d'une permanence supérieure à 100 ans ont été achetées depuis 2020 (bien que seuls 2,4 % aient réellement été émis, généralement pour du biochar à la permanence discutable). Sur ce total, 3,4 millions de tonnes ont été achetées durant la première moitié de 2023, soit une hausse spectaculaire par rapport aux 609 700 tonnes de l'année 2022.

Dans ce rapport, nous analysons quelques-uns des types de mécanismes réglementaires et volontaires actuellement mis en œuvre ou proposés. Des exemples de programmes actuellement en vigueur ou proposés sont utilisés pour illustrer le mode de pensée actuel parmi les décideurs politiques et autres acteurs en matière de politique de CDR. Ces exemples ont été sélectionnés en fonction de la place qu'ils occupent dans les débats politiques, de leur importance dans le monde réel et de leur maturité. En outre, pour les exemples réglementaires, nous nous fondons sur [un rapport précédent évaluant 20 études de cas à l'échelle mondiale, européenne, nationale et régionale](#).

Nous en tirons des conclusions quant à la pertinence des différents types de programmes de CDR pour promouvoir l'élimination du carbone de manière durable et respectueuse de l'environnement. Dans la dernière partie, ces conclusions sont employées pour définir les grandes lignes de ce que devrait inclure un cadre politique satisfaisant.

1. Aperçu des approches réglementaires en matière de CDR

Ce chapitre offre un aperçu des approches réglementaires en matière de CDR qui sont en place ou en cours de discussion parmi les décideurs politiques et autres acteurs. Il n'est pas destiné à passer en revue toutes les politiques de CDR de manière exhaustive, mais plutôt à présenter la diversité et la complexité de ces systèmes, ainsi que leurs principaux avantages et inconvénients à retenir.

1.1. Échange de quotas d'émission et systèmes de plafonnement et d'échange

Dans un système de plafonnement et d'échange, dont les systèmes d'échange de quotas d'émission (SEQE) sont la forme la plus fréquente, une limite maximale ou plafond d'émissions est fixé. Les entités relevant du SEQE doivent acheter des permis de polluer (souvent appelés « allocations ») pour couvrir leurs émissions. Elles peuvent généralement obtenir ces allocations de diverses manières, notamment en les recevant gratuitement, en les achetant directement auprès de l'autorité compétente (lors d'enchères) ou via un échange avec d'autres acteurs.

Les SEQE peuvent contribuer de différentes manières à la mise en œuvre de l'élimination du carbone.

Intégration directe et illimitée de la CDR à un SEQE

La première méthode correspond à l'intégration directe et illimitée des crédits d'élimination au système, permettant aux entités de les acheter pour « compenser » leurs émissions dans le cadre de leurs obligations de conformité. L'absence de limite signifie qu'il revient au

marché lui-même de déterminer quel volume de chaque type d'élimination les installations doivent fournir pour être conformes au système d'échange de quotas d'émission (SEQE).

L'intégration directe des méthodes d'élimination du carbone à un SEQE sans distinction avec les unités de réduction des émissions est problématique à plusieurs titres. Tout d'abord, l'existence d'un seul type de crédit pour les émissions et l'élimination repose sur une équivalence erronée entre élimination du carbone et réduction des émissions.

Cette équivalence erronée ralentit les efforts fournis par les pollueurs pour réduire leurs émissions, puisqu'ils peuvent acheter des crédits carbone basés sur la séquestration pour se libérer de leurs obligations de réduction, au lieu de diminuer réellement la quantité de carbone qu'ils rejettent dans l'atmosphère. La logique économique voudrait que la solution la moins onéreuse disponible soit utilisée par les acteurs de la conformité dans le cadre du SEQE : réduire les émissions ou acheter des compensations. Or, les crédits les moins chers, et donc les plus intéressants d'un point de vue financier, sont aussi probablement ceux de moindre qualité. Ce risque est particulièrement présent si des crédits représentant la séquestration terrestre sont accordés, dans la mesure où il est peu probable que l'intégration de méthodes d'élimination plus coûteuses (comme les solutions de DAC) conduise à une dissuasion significative de l'atténuation.

Autoriser la compensation des émissions par une séquestration terrestre du carbone s'avère également discutable en raison des niveaux de permanence très différents des deux activités : les émissions resteront dans l'atmosphère pour toujours, tandis que le carbone séquestré dans les arbres par exemple peut être réémis dans l'atmosphère très rapidement, sous l'effet de perturbations humaines ou naturelles.

Intégrer directement l'élimination à un SEQE et en autoriser l'utilisation pour compenser les émissions peut fortement entraver l'objectif même de tout SEQE : réduire en priorité les émissions, et en second lieu les éliminer.

Intégration conditionnelle ou limitée

Une seconde possibilité consiste à intégrer les crédits d'élimination du carbone au SEQE de manière « conditionnelle ». Ces conditions ou limites peuvent prendre diverses formes, telles que la quantité ou le type d'élimination, mais également la durée d'émission de crédits CDR dans le SEQE. Lancé en 2008, le SEQE de la Nouvelle-Zélande permet d'utiliser la CDR pour se conformer aux obligations, mais en la limitant aux crédits forestiers. [Les propriétaires forestiers remplissant les critères](#) (p. ex. propriétaires de forêts plantées après 1989, considérées comme des puits de carbone nouveaux ou « supplémentaires » par rapport aux forêts d'avant 1990) peuvent volontairement participer au marché et recevoir des unités d'émission de la Nouvelle-Zélande (NZU) grâce à l'absorption du CO₂ par les arbres. Les propriétaires forestiers peuvent vendre ces NZU basées sur la séquestration du carbone à des pollueurs, qui peuvent ensuite les utiliser à des fins de conformité.

Autre type de condition : la quantité et la durée d'intégration des unités CDR au SEQE. Cette idée, élaborée par [Rickels et al. \(2022\)](#), suggère que des crédits d'élimination puissent être générés par le système européen d'échange de quotas d'émission (SEQE-UE) via, par exemple, des méthodes telles que le captage direct dans l'air avec séquestration du carbone (DACCS) ou la bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS). Un stock de ces crédits serait constitué et diffusé au sein du SEQE-UE lorsque l'autorité compétente considérerait que certaines conditions sont remplies, le principal objectif pour les auteurs étant une maîtrise des prix, ou comme ils l'expriment eux-mêmes « une stabilité de prix organisée ».

Cette « intégration limitée » permettrait d'éviter dans un premier temps l'échange direct de crédits entre les acheteurs, c'est-à-dire les sociétés émettrices dans le cadre du SEQE-UE, et les fournisseurs, c'est-à-dire les entreprises spécialisées dans l'élimination du carbone. Il reviendrait alors à un régulateur d'organiser la diffusion de crédits, ce qui pourrait prendre la forme d'une « banque centrale du carbone », conformément à la proposition évoquée précédemment.

Cette banque gèrerait les achats anticipés et la réserve de crédits d'élimination afin de soutenir les fournisseurs d'élimination dont les méthodes sont encore en développement ou non économiquement viables (comme les technologies DACCS et BECSC) via, par exemple, des appels d'offres spécifiques à une technologie, financés via les recettes générées par le SEQE. Du point de vue des auteurs, la banque pourrait également tenir compte des risques de fuites de carbone et de non-permanence de certaines méthodes d'élimination du carbone. Ainsi, les auteurs estiment que l'élimination du carbone pourrait être achetée et convertie en un nombre correspondant de crédits, dont une partie pourrait être mise aux enchères sur le marché à une étape ultérieure à condition que les prix du marché dépassent un certain seuil (« dynamique » selon les termes des auteurs). Cette approche soutiendrait la transition du SEQE-UE vers un système d'échange de quotas d'émissions nettes négatives, et non plus positives, et stabiliserait le plafond des prix sans introduire de nouvelles allocations d'émissions, donc sans modifier les émissions nettes.

Cette proposition est risqu e pour diverses raisons. Tout d'abord, elle transforme le SEQE en un mécanisme de compensation. Or, le but d'un SEQE n'est pas de créer un marché du zéro émission nette, mais de réduire les émissions et de minimiser les émissions résiduelles. Cela risque de freiner les efforts d'atténuation en laissant entendre aux acteurs de la conformité qu'ils pourront ultérieurement compenser leurs émissions grâce à des systèmes d'élimination, ralentissant les efforts de décarbonation dans un contexte où chaque instant compte dans la lutte contre la crise climatique. Par ailleurs, ce type de système fait gonfler le plafond d'émissions brutes, autorisant ainsi un volume d'émissions plus important.

La mise en place d'une limite de prix relève d'une décision politique. Le fonctionnement de la banque centrale du carbone serait inévitablement soumis à des interférences politiques, et deviendrait de facto un mécanisme de maîtrise des prix. Il est important de noter que, lorsque les prix du SEQE-UE étaient bas, les autorités compétentes et bon nombre d'acteurs du marché refusaient d'envisager sérieusement l'établissement d'un prix

plancher. Des prix élevés s'avèrent indispensables afin de maintenir la pression sur la réduction des émissions résiduelles. Si un prix maximal est fixé, les solutions d'atténuation les plus coûteuses perdront de leur intérêt. Ces solutions d'atténuation pourraient devenir plus abordables au fil du temps grâce à l'accumulation d'expérience et aux économies d'échelle, mais cela s'avèrerait plus difficile en instaurant un plafonnement des prix.

Intégration indirecte : le SEQE en tant que mécanisme de financement

Une dernière manière d'intégrer la CDR au SEQE, de manière moins directe cette fois, consiste à en utiliser les recettes, conformément au principe du pollueur-payeur, pour financer des méthodes d'élimination du carbone de qualité, comme indiqué dans la théorie sur « l'intégration conditionnelle » évoquée précédemment. Cependant, les systèmes d'élimination financés ne seraient cette fois pas intégrés au SEQE-UE.

Cette approche respecterait le principe du pollueur-payeur, stimulerait l'élimination du carbone grâce à une demande prévisible sans pour autant décourager les efforts de décarbonation, réduirait le risque de dissuasion de l'atténuation et, enfin, permettrait à notre société d'atteindre un niveau d'émissions négatives de manière durable. L'UE dispose déjà d'un moyen institutionnel, le Fonds pour l'innovation. Estimé à environ 40 milliards d'euros pour la période 2021-2030, ce fonds accorde des subventions de manière supposément neutre du point de vue technologique via des appels à projets. Pourtant, il est principalement utilisé pour financer des projets de capture et stockage du carbone (CSC). Des appels à projets centrés sur la CDR pourraient être mis en œuvre très facilement et organisés relativement rapidement.

L'utilisation des recettes du SEQE permettrait de réaliser des investissements à court terme, tandis qu'une intégration directe priverait les solutions d'élimination coûteuses (comme les DACCS, dont le coût est estimé entre 600 et 1000 USD par tonne d'ici à 2030) de toute attractivité. En outre, l'intégration indirecte pourrait aider la société dans son

ensemble à atteindre la neutralité carbone, et non pas uniquement les secteurs concernés par le SEQE comme ce serait le cas si une intégration directe est privilégiée. Ce pourrait être un excellent mécanisme de financement pour des objectifs d'élimination distincts, dédiés et communs à l'ensemble de la société, plutôt que propres à un secteur.

1.2. Cadres réglementaires hybrides incluant la CDR : la LCFS californienne

La norme de carburant à faible teneur en carbone (Low Carbon Fuel Standard, LCFS), telle que modifiée en 2018, permet à certains types de projets de CDR de générer des crédits afin d'aider au respect des valeurs repères en matière d'intensité carbone des carburants de transport. À condition toutefois de répondre aux exigences établies dans le CCS Protocol (Protocole CCS), notamment de stocker le CO₂ pendant au moins 100 ans (conformément à la définition de permanence de l'autorité compétente, le California Air Resources Board) et de permettre une réduction nette des émissions de gaz à effet de serre après comptabilisation de toutes les émissions associées à la capture, au stockage et au changement d'affectation des terres du projet, les développeurs d'applications de capture directe dans l'air (DAC) et d'autres systèmes de CSC (comme la production d'éthanol avec CSC) peuvent vendre des crédits aux fournisseurs de carburant qui doivent respecter leurs obligations annuelles de réduction d'intensité carbone.

Comme dans le SEQE néo-zélandais, l'intégration de l'élimination à la LCFS, bien que basée sur la technologie, permet aux pollueurs de compenser leurs émissions de carbone plutôt que de les réduire, entraînant un effet de dissuasion de l'atténuation. En revanche, la priorité donnée aux solutions de stockage plus onéreuses et permanentes réduit le risque que la LCFS conduise à une dissuasion significative de l'atténuation, notamment à court terme.

1.3. Approches réglementaires hors marché

Les approches réglementaires hors marché consistent à établir des règles et obligations et à recourir à des amendes et subventions pour mettre en œuvre ou encourager la mise en conformité. En UE, la Politique agricole commune (PAC) 2023-2027 [encourage](#) la séquestration du carbone dans les terres et sols via la « conditionnalité » ou les « écorégimes ». En pratique, tous les agriculteurs recevant des subventions de la PAC doivent respecter un ensemble de normes de base (p. ex. sur le maintien de prairies permanentes et la protection des zones humides et tourbières) sous peine de voir leurs financements réduits en fonction du nombre d'hectares considérés comme non-conformes. En réalité, la PAC contient de [nombreuses incitations](#) à ne pas mettre en œuvre des pratiques agricoles durables.

Dans le même esprit, le règlement de l'UE sur l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie (UTCATF) oblige les États membres à parvenir à un équilibre entre émissions et élimination dans le secteur d'ici à 2025, et à atteindre des objectifs spécifiques pour la contribution de l'élimination nette à l'objectif d'élimination européen fixé à -310 Mt d'équivalent CO₂.

Si elles visent à promouvoir la séquestration du carbone dans les sols, ces deux politiques européennes n'abordent pas la CDR comme un concept distinct, n'offrent pas de définition solide et ne mettent pas en place de systèmes de MRV robuste pour l'élimination. Ces politiques devraient néanmoins être utilisées pour promouvoir les bonnes pratiques du secteur foncier qui soutiennent la biodiversité et favorisent la restauration des écosystèmes.

1.4. L'obligation de reprise du carbone

[L'obligation de reprise du carbone](#) (Carbon Takeback Obligation, CTBO) pourrait être considérée comme une approche hors marché, mais [pourrait également conduire](#) à la création d'un marché reposant sur des crédits échangeables de stockage du carbone. Plusieurs propositions et idées ont émergé sous l'appellation CTBO. Cette analyse en aborde les points clés.

La CTBO applique le principe de responsabilité élargie du producteur (REP) aux producteurs de combustibles fossiles. Ses défenseurs souhaiteraient utiliser la CTBO pour contraindre les entreprises qui extraient ou importent des combustibles fossiles à stocker de manière permanente une quantité de carbone équivalant aux émissions générées par la production et l'utilisation de ces combustibles, renvoyant dans la géosphère ce qui a été pompé et émis. Une autre solution consisterait à stocker un pourcentage progressivement croissant de CO₂ généré par les combustibles, en combinant le stockage géologique et les solutions naturelles à court terme, et uniquement un stockage géologique à haute permanence à plus long terme.

Cela obligerait le secteur des combustibles fossiles à soutenir les technologies d'élimination du carbone (CDR) et à parvenir au zéro émission nette, indépendamment de la situation géopolitique et du coût des énergies renouvelables ou fossiles, autant de facteurs pouvant avoir un impact significatif sur des politiques telles que les taxes carbone ou les systèmes de plafonnement et d'échange. D'après [certains universitaires](#), une CTBO permettrait d'atteindre une réduction des émissions plus rapidement qu'en dépendant uniquement du prix global du carbone, même selon les estimations de coût les plus conservatrices. En outre, cette approche serait moins onéreuse, à la fois par tonne de CO₂ générée et en valeur absolue, grâce à l'accélération de la mise en place d'infrastructures de stockage du CO₂ découlant du renforcement de la sécurité des investissements.

Enfin, pour les auteurs, une telle approche permettrait d'éviter que le maintien de la consommation de combustibles fossiles ne génère davantage d'émissions, et internaliserait le coût de la pollution issue des combustibles fossiles dans leur production.

Si la CTBO semble être une manière intéressante de promouvoir l'élimination en rendant le secteur des combustibles fossiles responsable de son déploiement, cette approche peut comporter plusieurs inconvénients.

Il n'est pas certain que les profits des pollueurs soient significativement impactés par le coût de la séquestration et du stockage du CO₂ généré par leurs combustibles fossiles. Il est probable qu'ils répercutent la totalité des dépenses sur les consommateurs, conduisant à une hausse des prix des combustibles fossiles, qui pourrait néanmoins nuire à la demande. L'impact du prix sur la baisse de la demande dépendra de nombreux facteurs, dont la rigueur de la CTBO et la disponibilité de solutions alternatives à court terme.

Si la CTBO inclut des solutions naturelles (plutôt bon marché) à court terme, une augmentation des prix ne serait certainement pas suffisamment élevée pour décourager l'utilisation des combustibles fossiles, et encore moins leur production. Une CTBO devrait donc être accompagnée d'une obligation crédible de sortir des énergies fossiles. Elle peut servir d'outil politique complémentaire, mais ne doit pas remplacer les instruments relatifs à l'efficacité énergétique, aux énergies renouvelables et au principe pollueur-payeur. En effet, sans une politique claire de sortie des combustibles fossiles, la CTBO nécessiterait un volume de CDR presque illimité pour compenser les émissions de carbone non capturées.

De plus, comme expliqué par les auteurs du rapport précédemment évoqué, la CTBO ne semble pas distinguer les activités de captage et stockage du carbone (CSC) chez l'émetteur et la CDR, alors que leurs rôles sont complètement différents, la première représentant la réduction des émissions, et seule la seconde pouvant conduire à une situation d'émissions négatives.

Enfin, la CTBO ne suffirait pas seule à s'assurer que l'élimination est complémentaire de la réduction des émissions : elle devrait s'inscrire dans un cadre climatique plus large garantissant également la sortie des combustibles fossiles d'une part, et mettant en œuvre différentes sources de demande d'élimination d'autre part. Associer le développement de l'élimination du carbone à l'exploitation des combustibles fossiles constitue donc une stratégie risquée dans la mesure où les émissions doivent baisser rapidement, et où des sources indépendantes de financement de l'élimination seront nécessaires une fois que nous serons enfin sortis des combustibles fossiles.

2. Mécanismes de financement public de la CDR

2.1. Incitations fiscales et subventions directes

Le crédit d'impôt, incitation financière permettant de réduire le montant dû par un contribuable, est souvent employé pour promouvoir certains comportements ou certaines activités. Le plus important actuellement en vigueur est le [crédit d'impôt américain 45Q](#) pour le stockage du carbone, qui n'a pas été conçu de manière spécifique pour la CDR, mais inclut des incitations fiscales pour le captage direct dans l'air depuis 2018. Introduite en 2008, la section 45Q du code des impôts américain (US internal revenue code) offre un crédit d'impôt pour chaque tonne de CO₂ capté chez l'émetteur ou directement dans l'atmosphère et injectée pour séquestration, récupération assistée du pétrole ou autre utilisation. Ce programme a été élargi en 2018 afin d'y intégrer le captage direct du dioxyde de carbone dans l'air (DAC), et le crédit d'impôt a lui-même été rehaussé par l'Inflation Reduction Act (IRA, loi sur la réduction de l'inflation) en août 2022.

Le crédit d'impôt a été rehaussé à la fois pour le captage de carbone chez l'émetteur (passant de 35 à 60 \$ par tonne si le carbone est utilisé, par exemple pour de la

récupération assistée de pétrole, et de 50 à 85 \$ s'il est stocké) et directement dans l'atmosphère (passant de 50 à 130 \$ par tonne si le carbone est utilisé, et de 50 à 180 \$ s'il est stocké). Si elle soutient la DAC et la DACS, cette mesure repose uniquement sur l'injection de carbone, sans employer d'analyse du cycle de vie ni imposer d'exigences environnementales. Cela signifie que le crédit d'impôt pourrait être utilisé pour soutenir des projets qui en réalité augmentent les émissions en raison d'un niveau élevé d'émissions directes ou indirectes. En outre, le 45Q promeut la pratique problématique de la récupération assistée du pétrole.

En plus du crédit d'impôt 45Q, les États-Unis ont récemment introduit une série de subventions directes en faveur de certaines technologies d'élimination du carbone. Par exemple, bien que largement concentrée sur le CSC et les infrastructures de transport et de stockage du CO₂, la [Bipartisan Infrastructure Law](#) (BIL, loi bipartisane sur les infrastructures), également appelée Infrastructure Investment and Jobs Act - IIJA (loi sur l'investissement dans les infrastructures et l'emploi) adoptée fin 2021, comprend une allocation de 3,5 milliards \$ pour la construction de [quatre pôles régionaux de DAC](#) à travers le pays et 115 millions \$ pour le [prix de technologie de DAC](#). En août 2023, le ministère américain de l'Énergie (DOE) [a annoncé](#) qu'il consacrerait jusqu'à 1,2 milliard pour soutenir le développement de deux sites de captage direct de l'air à l'échelle commerciale au Texas et en Louisiane, les deux premiers pôles régionaux sélectionnés.

L'un de ces projets sera géré par 1PointFive, filiale du géant pétrolier Occidental Petroleum, qui [a publiquement reconnu](#) considérer la CDR comme un levier d'investissement dans les combustibles fossiles, et dont le PDG voit la [DAC comme un moyen de prolonger la durée de vie des combustibles fossiles](#). Bien qu'elle représente un investissement public considérable dans la CDR, cette mesure ne permet pas d'éviter que la technologie soit utilisée de manière contre-productive, entraînant potentiellement davantage de mal que de bien [en offrant aux groupes pétroliers une opportunité de greenwashing](#).

[La Norvège envisage](#) une « redevance inversée » pour la DAC. L'Agence norvégienne de l'environnement a proposé l'établissement d'une subvention de 2 000 NOK (177 €) pour récompenser les entreprises de DAC pour chaque tonne de CO₂ directement éliminée de l'atmosphère sur une période de 10 ans. D'après l'agence, cette mesure permettrait au pays d'assurer des revenus aux entreprises du secteur, d'apporter de la visibilité et de faciliter la mise en œuvre des projets. L'agence a également déclaré que la redevance inversée devrait être associée à des ventes sur le marché volontaire du carbone (VCM). Ce dernier élément est particulièrement inquiétant puisque rien ne permet pour l'heure d'écarter le risque que cela entraîne une double comptabilisation entre l'inventaire CCNUCC de la Norvège et les registres privés. En outre, cela pourrait encourager et subventionner publiquement des démarches de compensation si aucune [approche contributive](#) n'est exigée, c'est-à-dire que les entreprises pourraient les acheter pour contribuer à l'action climatique et non pour compenser leurs propres émissions.

2.2. Marchés publics et enchères inversées

Les marchés publics et enchères inversées peuvent représenter un moyen plus efficace et transparent pour attribuer des subventions publiques à des projets de CDR. Dans ce type d'enchère, les participants présentent une offre pour fournir leurs produits et services, et l'acheteur sélectionne le projet le plus adapté. Appliqué à la CDR, le mécanisme d'enchère inversée déterminerait quel participant peut éliminer du CO₂ de l'atmosphère au coût le plus bas, et permettrait au gouvernement de se tourner directement vers cette entreprise. Les enchères inversées peuvent être ouvertes à toutes les technologies ou réservées à certaines branches spécifiques de la CDR : différents types d'élimination, différentes technologies dans un secteur d'activité spécifique ou spécialement pour les start-ups ou programmes de R&D. Ainsi, les investissements ne seraient pas uniquement fondés sur le

prix, mais également sur d'autres facteurs comme l'évolutivité future ou les co-avantages environnementaux et sociaux.

La Suède travaille actuellement à la mise en place d'un système d'enchères inversées afin de soutenir le déploiement de la bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS). [Proposée](#) en 2021 par l'Agence suédoise de l'énergie, la première enchère était censée avoir lieu fin 2022, mais a été [repoussée](#) à 2023, voire 2024. L'Agence suédoise de l'énergie attend par exemple des offres de l'industrie papetière ou des centrales de cogénération dans le secteur du chauffage. L'agence [propose](#) de permettre aux entreprises recevant un soutien de l'État pour leurs projets de BECCS de vendre des émissions négatives sur un marché volontaire du carbone, en utilisant une approche contributive (le sujet est abordé au chapitre suivant).

Aux États-Unis, deux propositions de loi visent à utiliser les enchères inversées pour promouvoir le déploiement de la CDR.

Présentée au Sénat en août 2022, [le Federal Carbon Dioxide Removal Leadership Act](#) (loi fédérale américaine sur la gestion de l'élimination du carbone) exigerait du ministère américain de l'Énergie (DOE) qu'il conclue des contrats afin d'éliminer un volume croissant d'émissions de CO₂, avec pour objectif d'atteindre 10 millions de tonnes par an d'ici à 2035, avec des [fonds issus d'une redevance sur le carburant d'aviation](#). Le Fiscal Year 2023 Consolidated Appropriations Act (loi de finances 2023) a soutenu cette vision en rappelant la nécessité que le DOE entame « un programme pilote d'achat compétitif pour l'achat de CO₂ extrait de l'atmosphère ou de l'hydrosphère supérieure ».

En mai 2023, un autre projet de loi a été soumis, [le Carbon Removal and Emissions Storage Technologies \(CREST\) Act](#) (loi américaine sur les technologies de stockage des émissions et d'élimination du carbone), exigeant la mise en place de nouveaux programmes de recherche pour les méthodes d'élimination du carbone et introduisant un programme d'achat par enchères inversées pour l'élimination. Ce dernier attribuerait 30 % du

financement au stockage à moyen terme (de 100 à 1 000 ans) et 70 % au stockage à long terme (plus de 1 000 ans).

Si elle est utilisée pour atteindre un objectif de CDR spécifique et dédié au niveau national sans permettre de compensation, et si elle est associée à de solides critères d'intégrité sociale et environnementale, l'enchère inversée pour la CDR peut avoir un double avantage. Premièrement, elle peut aider à commercialiser des types et technologies d'élimination du carbone plus coûteux mais aussi plus durables ou permanents. Deuxièmement, elle permet une gestion publique de la CDR, et offre ainsi une alternative aux marchés volontaires du carbone et à la compensation, avec tous les inconvénients qu'ils présentent en tant que mécanismes de financement.

3. Exemples d'approches volontaires en matière de CDR

3.1. La CDR dans le marché volontaire du carbone

L'intérêt pour les achats volontaires de crédits carbone basés sur l'élimination [ne cesse de croître](#) parmi les entreprises, souvent dans le cadre d'un plan de responsabilité sociale des entreprises (RSE) ou de relations publiques (RP). Cependant, dans son ensemble, le « marché volontaire du carbone » (VCM) reste dominé par des crédits basés sur les émissions évitées. Selon [BeZero](#), une agence de notation des VCM, en 2022, 93 % du marché correspondait à des crédits d'évitement des émissions, tandis que les 7 % restants étaient presque entièrement attribués à des crédits d'élimination terrestre (la gestion forestière est intégrée à ces chiffres en tant qu'élimination, bien qu'elle soit souvent plutôt

classée comme une solution d'évitement). Sur ces 7 %, 66,3 % étaient des crédits basés sur l'afforestation et la reforestation, 24,5 % sur la gestion améliorée des forêts, 7,3 % sur la séquestration du carbone en agriculture et moins de 1,5 % sur la restauration des écosystèmes. Cela correspond aux [tendances mondiales](#) : 99,9 % (ou 2 GtCO₂ par an) de la séquestration mondiale provient de la gestion conventionnelle des terres (principalement afforestation et reforestation), et seulement 0,1 % (ou 0,002 GtCO₂ par an) des résultats de « nouvelles » méthodes de CDR.

Si les VCM restent principalement axés sur les éliminations terrestres non-permanentes, des méthodes de CDR offrant un stockage plus permanent ont rapidement progressé ces derniers temps. Au total, [4,8 millions](#) de tonnes de CDR d'une permanence supérieure à 100 ans ont été achetées depuis 2020 (bien que seuls 2,4 % aient réellement été émis, généralement pour du biochar à la permanence discutable). Sur ce total, 3,4 millions de tonnes ont été achetées durant la première moitié de 2023, soit une hausse spectaculaire par rapport aux 609 700 tonnes de l'année 2022. Le principal acheteur jusqu'à maintenant est Microsoft (3,1 millions de tonnes), suivi par Airbus (400 000) et Amazon (400 000), tandis que d'autres achats de grande ampleur ont été annoncés mais n'ont pas été finalisés (principalement [JP Morgan](#) - 800 000). Ce sont principalement des crédits de BECSC qui ont été achetés, représentant 88 % du total des achats. Le biocarburant représente quant à lui 4 % des achats, le DAC 3 % et le biochar 2 %.

Compensation contre approche contributive

De plus en plus d'entreprises cherchent à utiliser la CDR pour compenser leurs émissions et atteindre leurs objectifs de zéro émission nette ou de neutralité carbone. D'après les données collectées dans le [Corporate Climate Responsibility Monitor 2023](#), un rapport mené par le NewClimate Institute en collaboration avec Carbon Market Watch pour évaluer la qualité des engagements climatiques des entreprises, [au moins 14 des 24](#) grands

groupes évalués prévoient d'avoir recours à l'élimination du carbone pour compenser leurs émissions de gaz à effet de serre maintenues. Cette situation est extrêmement préoccupante, l'élimination du carbone étant initialement destinée à réduire les niveaux de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et non à contrebalancer les émissions maintenues. Compenser les émissions par l'élimination revient, au mieux, à un jeu à somme nulle. Si la compensation est déjà problématique en soi, le recours à des méthodes d'élimination de faible qualité et non permanentes, qui n'apportent pas de réel bénéfice climatique (comme c'est principalement le cas sur le VCM aujourd'hui), vient encore accentuer le problème.

À la place, les entreprises pourraient choisir de soutenir la CDR en adoptant une « [approche contributive](#) ». Cela signifie de financer des projets d'élimination afin de soutenir des actions climatiques au-delà de la propre chaîne de valeur d'une entreprise, sans revendiquer une quelconque compensation ou neutralisation des émissions réelles, mais en complément à la réduction de la propre empreinte climatique de l'entreprise. En 2023, le gouvernement finlandais a proposé d'emprunter ce chemin avec une publication intitulée « [Bonnes pratiques pour soutenir les marchés volontaires du carbone](#) », où il est souligné que les entreprises faisant des allégations climatiques devraient privilégier la réduction de leurs propres émissions et mettre en place un objectif climatique et une feuille de route en ce sens. D'après le gouvernement finlandais, les entreprises devraient veiller à ce que le recours aux crédits se fasse en complément de leurs propres mesures de réduction des émissions.

Mécanismes de garantie de marché

Habituellement appliqués au marché des vaccins, les mécanismes de garantie de marché (Advance Market Commitment, AMC) sont utilisés pour soutenir financièrement des produits trop onéreux pour un changement d'échelle à court terme. [Frontier](#) est le premier et principal exemple d'AMC appliqué au marché de la CDR, sur la base duquel un groupe

d'entreprises (dont Stripe, Alphabet, Shopify, Meta, JP Morgan Chase, H&M et McKinsey) se sont engagés sur plus d'1 milliard \$ d'achats d'élimination permanente du carbone entre 2022 et 2030. En tant que mesure d'investissement dans la R&D, cette initiative vise à envoyer « un signal fort de demande aux chercheurs, entrepreneurs et investisseurs, indiquant qu'il existe un marché croissant pour ces technologies [de CDR] », d'après ses créateurs.

Le groupe s'est engagé à passer commande pour des solutions de CDR « évolutives et permanentes » auprès « d'entreprises à fort potentiel d'élimination du carbone » au nom des acheteurs. Frontier se concentrera particulièrement sur des technologies répondant à un ensemble de critères, dont : la durabilité (capacité à stocker du carbone pendant plus de 1 000 ans) ; l'empreinte physique (p. ex. ne pas entrer en concurrence avec les terres arables) ; le coût (être abordables à grande échelle) ; la capacité (pouvoir éliminer plus de 0,5 gigatonnes par an) ; la négativité nette (c'est-à-dire maximiser l'élimination nette du carbone) ; l'additionnalité (entraîner l'élimination du nouveau carbone émis) ; la vérifiabilité (s'appuyer sur des méthodes scientifiques rigoureuses et transparentes pour la surveillance et la vérification) ; la sécurité et la légalité (respecter les normes environnementales locales les plus élevées).

Deux aspects de Frontier sont de toute évidence positifs. Tout d'abord, il finance des projets d'élimination sélectionnés selon des critères de qualité plutôt solides. En théorie, cela devrait renforcer la sensibilisation à la différence entre fausse et vraie élimination, cette dernière conduisant à de véritables émissions négatives. Deuxièmement, ce type d'engagement apporte plus de visibilité aux fournisseurs d'élimination, crée un marché pour les technologies les plus coûteuses et stimule l'innovation.

Cependant, ces avantages sont contrebalancés par d'importants inconvénients potentiels. Les créateurs de Frontier ne précisent pas clairement si, et de quelle manière, les crédits générés par les projets d'élimination soutenus seront utilisés par les acheteurs. L'option de compenser les émissions par l'élimination ne semble pas écartée. Par exemple, Shopify

[affirme](#) que l'élimination du carbone sera nécessaire pour permettre aux entreprises d'atteindre leurs objectifs de zéro émission nette ou de neutralité carbone. Le groupe H&M, également membre du fonds, [prévoit](#) d'utiliser la CDR pour atteindre le zéro émission nette mais, conformément au standard de la SBTi, uniquement pour compenser les émissions ne pouvant être évitées (dont la proportion n'a pas encore été révélée) et après avoir essayé de réduire les émissions de GES autant que possible. En outre, si la contribution du secteur privé au développement du marché de systèmes d'élimination permanente est la bienvenue, ce soutien s'avère imprévisible à moyen terme.

Standard Net-Zero de la SBTi

Le [Standard Net-Zero](#) de la Science-Based Targets initiative (SBTi) constitue un cadre indicatif permettant aux entreprises d'établir des objectifs de neutralité carbone basés sur la science en cohérence avec la limite d'augmentation de la température mondiale de 1,5 °C établie par l'Accord de Paris. Il s'agit d'un partenariat entre le CDP, le Pacte mondial des Nations unies, le World Resources Institute (WRI) et le World Wide Fund for Nature (WWF). Le standard SBTi exige que les entreprises réduisent les émissions de leur chaîne de valeur d'environ 90 % avant de recourir à l'élimination permanente du carbone afin de « neutraliser » les émissions de CO₂ résiduelles. En outre, la SBTi appelle les entreprises à accroître « l'atténuation au-delà de la chaîne de valeur ». Ce type d'approche contributive stimulerait le soutien à l'élimination et à la réduction des émissions en dehors des chaînes de valeur des entreprises, complétant leurs objectifs de réduction des émissions à court et long terme. Le partenariat a lancé une [consultation publique](#) à l'été 2023 afin de réunir des informations en vue de l'élaboration d'autres cadres indicatifs.

Si la SBTi part de bonnes intentions, son standard manque actuellement d'orientations claires sur l'élimination du carbone. Comme cela a été [souligné](#) par CarbonPlan, il ne

fournit pas de définition complète de la CDR, où la question de la permanence serait précisée.

3.2. Programmes volontaires gérés par l'État

À l'heure actuelle, il existe plusieurs exemples de programmes volontaires gérés ou détenus par l'État afin de certifier des activités d'élimination du carbone pouvant ensuite créer des crédits carbone échangeables.

Le [système ACCU australien](#) (anciennement connu sous le nom d'Emission Reduction Fund, fonds de réduction des émissions) a été lancé en 2011 comme initiative de carbon farming pour couvrir les activités du secteur agricole. Il a ensuite été pleinement intégré à [l'Emission Reduction Fund](#), un programme plus large qui permet aux porteurs de projets d'obtenir des crédits carbone, appelés Australian Carbon Credits Units - ACCU - pour chaque tonne de CO₂ évitée ou éliminée par leur activité. Aujourd'hui, un certain nombre [d'activités](#) sont éligibles à l'obtention d'ACCU dans le cadre du programme, notamment dans le secteur industriel (CSC, efficacité énergétique, traitement des déchets, transport, etc.) et, dans la lignée de l'ex-CFI, dans le secteur foncier (agriculture, gestion des incendies et de la végétation).

Il existe trois groupes clés d'acteurs achetant des ACCU à diverses fins : le gouvernement australien, via des enchères inversées, pour tenir ses engagements en matière de réduction des émissions ; les principaux pollueurs australiens, pour rester sous la limite d'émissions imposée par le [Safeguard Mechanism](#) ; et des particuliers ou entreprises qui décident volontairement de compenser leurs émissions.

Une [grande partie](#) des ACCU sont générées par des projets de carbon farming, dont la permanence peut être de 25 ou 100 ans. Ces projets regroupent un vaste éventail d'activités (comme la gestion de la végétation et des pratiques agricoles telles que

l'augmentation de la séquestration du carbone, la reforestation, l'afforestation, la restauration du carbone bleu). Depuis 2012, 47,8 millions d'ACCU ont été émis pour des projets axés sur la séquestration du carbone dans les sols, l'afforestation et la reforestation et la gestion forestière, soit 35 % du nombre total d'ACCU délivrés (136,7 millions). Comme tous les programmes de compensation habituels, cette politique établit une équivalence entre réduction des émissions et méthodes de séquestration du carbone (à très court terme), favorisant la dissuasion à l'atténuation en permettant l'utilisation de solutions de séquestration très peu coûteuses et vulnérables pour couvrir les émissions (permanentes). L'intégrité de diverses méthodes de certification des projets a également été [remise en question](#).

Autre cas de programme volontaire national très centré sur le carbon farming : le *Label bas-carbone* français. Créé en 2019 par le ministère français de la transition écologique, il certifie des projets menés en France qui réduisent les émissions et renforcent la séquestration du carbone, et permet aux projets certifiés de vendre des crédits représentant des tonnes de carbone évité ou séquestré. D'après [RAC France](#), en plus de manquer de méthodes de certification rigoureuses, ce système ne distingue pas réduction des émissions et séquestration du carbone, et permet aux acheteurs de crédits carbone de compenser leurs émissions sans obligation d'adopter une stratégie de décarbonation crédible respectant l'objectif de 1,5°C de l'Accord de Paris.

On peut également citer l'exemple de la proposition de VCM présentée par le gouvernement portugais en mars 2023. Ce VCM national permettrait aux entreprises d'acheter des crédits carbone afin de compenser volontairement leurs émissions de CO₂. Comme [ZERO Portugal](#) le signale, le système proposé est largement basé sur des projets de séquestration de carbone forestière et vise à contribuer à l'action climatique du pays. Cela signifie qu'il permettrait le recours à des solutions de stockage vulnérables et peu permanentes pour la compensation. Deuxièmement, l'additionnalité des projets de ce système est contestable puisque le secteur de la foresterie est déjà couvert par le

règlement européen sur l'UTCATF. Enfin, la double comptabilisation de la séquestration forestière par le règlement UTCATF précédemment évoqué et les allégations volontaires constitue un risque réel : le même crédit de foresterie pourrait être utilisé par deux acteurs différents, dans deux objectifs différents. Le [gouvernement](#) a quant à lui déclaré que cette initiative offrait la possibilité d'apporter des revenus au secteur forestier et de protéger les écosystèmes.

Dernier exemple, le cadre européen de certification d'élimination du carbone proposé par la Commission européenne en novembre 2022, dont le processus législatif est encore en cours. Si, en théorie, le texte proposé visait uniquement à certifier des unités d'élimination du carbone et ne crée pas de système d'échange volontaire de crédits ni ne régit l'utilisation des unités, il n'écarte pas explicitement la possibilité d'utiliser les unités certifiées pour compenser des émissions. Il présente d'autres [défauts](#) importants : la proposition ne distingue pas la réduction des émissions de l'élimination du carbone, définit le stockage du carbone à court terme comme une élimination, ne différencie pas suffisamment les systèmes de stockage à très long et très court terme et se fonde sur des critères de qualité peu précis.

3.3. Mécanismes des Nations unies

Les mécanismes de marché du carbone liés à la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), établis dans le cadre du Protocole de Kyoto et de l'Accord de Paris, incluent également des activités d'élimination et/ou de séquestration du carbone.

Le mécanisme pour un développement propre (MDP) a été mis en place dans le cadre du Protocole de Kyoto de 1997 afin de permettre aux pays développés d'acheter des crédits carbone auprès des pays en développement. Sur une vingtaine d'années, le MDP a certifié

des projets d'afforestation et de reforestation (A/R), seules activités considérées comme relevant de « l'élimination du carbone ». L'élimination évaluée donnait lieu à deux types de crédits, créés pour tenir compte du risque que les forêts rejettent ultérieurement le carbone dans l'atmosphère :

- 1. Des crédits temporaires de réduction des émissions (tCER)** expirant à la fin de la période d'engagement du Protocole de Kyoto et devant être renouvelés durant la période suivante. Néanmoins, le titulaire n'était pas tenu de corriger d'éventuelles inversions, et
- 2. Des crédits de réduction des émissions à long terme (ICER)** expirant à la fin de la période d'attribution des crédits (de 20 à 60 ans), et imposant cette fois au titulaire une responsabilité en cas d'inversion.

Bien que cette approche dissuade les entités d'utiliser les crédits temporaires pour compenser leurs émissions permanentes, le MDP a souvent été critiqué pour son manque de respect des principes d'additionnalité, de permanence, de durabilité et de précision de la quantification, comme signalé par Carbon Market Watch en [2012](#) et [2018](#) et dans une [analyse](#) de l'Öko-Institut.

Les négociateurs de l'article 6 de l'Accord de Paris travaillent actuellement à la mise en place de deux nouveaux marchés pour permettre aux pays de coopérer de manière volontaire afin de tenir leurs engagements climatiques via l'échange de crédits de réduction des émissions et d'élimination. Le rôle et le mode de fonctionnement de ces deux marchés sont établis à l'article 6.2 et à l'article 6.4 de l'Accord de Paris.

L'article 6.2 autorise les pays à s'échanger les réductions d'émissions ou éliminations excédentaires par rapport à leur objectif climatique, appelées résultats d'atténuation transférés au niveau international (ITMO). En l'absence d'autorité indépendante chargée d'en assurer l'application, un pays peut définir lui-même ses principes d'intégrité

environnementale, de protection sociale et d'autres critères clés pour l'échange de crédits comme l'additionnalité.

L'article 6.4, de son côté, est plus proche du mécanisme pour un développement propre (MDP), à la différence qu'il ne sera pas limité aux projets lancés dans les pays en développement. Dans ce marché, les porteurs de projets réduiront ou élimineront les émissions à travers des actions spécifiques dans un pays, et vendront ces réductions d'émissions ou éliminations à un autre pays, une entreprise ou un particulier. Le processus sera géré par un « organe de supervision » chargé d'établir les règles détaillées et exigences auxquelles les projets et crédits, y compris ceux portant sur l'élimination, devront se conformer pour être éligibles. Les négociations sur ces règles détaillées sont en cours, et s'avèreront particulièrement intéressantes pour la communauté CDR, car les règles détaillées sur la définition et l'accréditation de l'élimination pourraient avoir un impact sur la manière dont l'élimination est traitée dans le marché volontaire du carbone ou dans les juridictions nationales et régionales, et potentiellement même dans le marché de l'article 6.2.

4. Les grandes lignes de la politique de CDR

4.1. Principaux défauts des approches existantes

Dans les chapitres précédents, nous avons présenté un vaste éventail d'approches (qu'elles soient politiques ou basées sur un marché volontaire) et leurs divers avantages et inconvénients. Sur la base de cette vue d'ensemble, le présent chapitre tentera d'esquisser les grandes lignes de ce qu'une bonne trajectoire politique de CDR devrait comprendre.

Si des leçons peuvent être tirées de certaines bonnes pratiques, aucune des approches évoquées précédemment dans ce rapport n'est parfaite, le défaut le plus courant étant de permettre ou même d'encourager la dissuasion de l'atténuation. Cette problématique doit être au cœur de tout cadre politique dédié à la CDR : les données scientifiques montrent clairement que nous devons [urgemment réduire les émissions dans tous les secteurs](#), et que nous ne devons pas laisser l'élimination du carbone ou la séquestration terrestre miner ces efforts. [Le recours excessif à la séquestration du carbone](#) ou à de futures éliminations technologiques peut dégager les pollueurs de leurs responsabilités, ou même être exploité pour [prolonger la durée de vie des combustibles fossiles](#).

Réduction des émissions et élimination [ne se valent pas](#), et ne devraient pas être considérées comme équivalentes dans les cadres politiques. Or, comme nous avons pu le voir dans les chapitres précédents, c'est déjà le cas. Par exemple, les efforts de réduction des émissions des États membres de l'UE dans les secteurs concernés par le règlement sur la répartition des efforts (dont la construction, le transport routier et l'agriculture) sont sapés par une faille permettant d'utiliser une quantité limitée de crédits de séquestration terrestre du règlement UTCATF pour atteindre les objectifs de réduction des émissions. Cette faille est un exemple des dépendances de trajectoire déjà en place auxquelles il faudrait remédier.

Le second grand défaut de la plupart des cadres est qu'ils ne distinguent pas suffisamment la séquestration terrestre (c'est-à-dire le stockage dans les sols ou la végétation) de l'élimination permanente (qui offre un degré de garantie élevé pour un stockage de plusieurs siècles). Ces deux types de stockage ou de séquestration sont généralement désignés comme des « méthodes d'élimination » sans distinction claire, alors que des différences clés les séparent. Pour complexifier encore la situation, il existe également des activités de séquestration du carbone qui se situent à mi-chemin entre ces deux concepts, généralement car leur capacité de stockage s'étend sur du moyen terme. Il convient

d'établir une distinction nette entre les activités pouvant conduire à plusieurs siècles de stockage et les autres. Le positionnement de cette frontière dépendra du lobbying exercé, mais si c'est la science qui doit prévaloir, et si des questions perdurent quant à la durée de stockage, c'est le principe de précaution qui doit être appliqué.

D'une part, la séquestration du carbone dans les sols est certes exposée aux influences humaines et naturelles, mais soutenue par des activités durables, elle comporte de nombreux avantages pour la biodiversité et les écosystèmes. Ces activités durables peuvent inclure la restauration de la nature, mais également des pratiques agricoles et de foresterie durables. On pourra avancer que les avantages non climatiques des pratiques foncières durables surpassent leur contribution à la séquestration du carbone, et que la séquestration dans les sols [devrait donc être menée pour des raisons non climatiques](#): biodiversité, adaptation, résilience climatique et santé des sols, par exemple.

En outre, il s'avère extrêmement difficile de mener une comptabilisation fiable des puits d'utilisation des terres : bon nombre des gestionnaires fonciers sont dans l'incapacité technique ou financière de mettre en place un système de MRV fiable, l'additionnalité est difficile à tester et l'établissement de niveaux de référence est un processus complexe. Si l'on se concentre sur la capacité d'élimination du carbone du secteur de l'utilisation des terres, alors ces défis indiquent qu'un financement par activité serait plus adapté qu'un système de crédits carbone. En outre, un tel financement serait moins onéreux et plus facile à mettre en œuvre, tant pour les autorités publiques que pour les gestionnaires fonciers.

D'un autre côté, si les systèmes d'élimination offrant un stockage de plus long terme (de plusieurs siècles au moins, voire quasi-permanent) peuvent constituer des compléments plus efficaces à la réduction des émissions en raison de ce stockage à long terme, leur déploiement à grande échelle peut être limité en raison de contraintes technologiques et

de l'énergie et/ou des terrains requis. Ces activités offriraient également moins d'avantages sociaux et environnementaux que les activités de séquestration terrestre.

Les deux types d'activités peuvent avoir un effet négatif sur la biodiversité et sur les droits des communautés locales et des peuples indigènes.

4.2. Prochaines étapes à court terme - principes fondamentaux

À court terme, une marge d'essai et d'erreur peut être nécessaire dans les différentes juridictions souhaitant mettre en œuvre des politiques d'élimination. Néanmoins, plusieurs principes fondamentaux doivent être respectés pour que ces « essais et erreurs » ne conduisent pas à de réels dommages, sur le climat ou sur d'autres priorités sociales et environnementales liées. Tout cadre politique de CDR doit donc reposer sur trois principes fondamentaux : les principes de précaution, de DNSH (do no significant harm, ou « absence de préjudice important ») et de primauté de la réduction des émissions.

Les dispositifs de protection sociale et environnementale s'avèrent essentiels pour veiller à ce que les activités d'élimination constituent de réelles solutions et méritent la confiance et la licence d'exploitation accordées par les autorités publiques. L'action climatique ne doit pas se faire aux dépens de la biodiversité, des écosystèmes ou des communautés locales ou indigènes. Les cadres de gouvernance doivent également évaluer les impacts et risques au-delà de la juridiction nationale, ces impacts pouvant facilement se produire dans des pays tiers. Par exemple, tout type d'élimination nécessitant des quantités importantes de terre ou de biomasse peut conduire à des changements d'affectation des terres (comme la déforestation) ou à un accaparement des terres à l'étranger. Les types d'élimination précaires ou risqués pouvant causer des dommages colossaux aux écosystèmes et communautés qui en dépendent (comme la fertilisation des océans) doivent être écartés

d'emblée, idéalement à l'échelle internationale. Tout lien avec la récupération assistée d'hydrocarbures doit également être interdit dès le départ.

Pour donner explicitement la priorité à la réduction des émissions, il convient de combattre la dissuasion de l'atténuation avec sérieux. Écarter tout risque de dissuasion de l'atténuation n'est pas une tâche aisée : toute ressource dépensée dans la recherche ou le déploiement de la CDR, ou même dans la conception des politiques pertinentes, est une ressource qui ne sera pas allouée à la réduction des émissions brutes de GES. Pourtant, le GIEC soutient qu'un certain niveau de CDR sera inévitable. Il s'agit donc de trouver un équilibre : la CDR ne doit pas nous détourner des efforts de réduction des émissions, sans être complètement ignorée.

4.3. Séparer élimination et émissions

L'une des premières mesures permettant de limiter la dissuasion de l'atténuation tout en recherchant un équilibre consiste à dissocier la réduction des émissions et l'élimination dans les objectifs, l'architecture des politiques climatiques et les politiques spécifiques. Trois objectifs distincts doivent être fixés au minimum : réduction des émissions (prioritaire), séquestration terrestre et élimination permanente. Cette distinction comporte divers avantages, au-delà de celui d'éviter de freiner les efforts de réduction des émissions.

Tout d'abord, elle attribue un rôle spécifique et durable à l'élimination du carbone et à la séquestration terrestre, en les positionnant clairement comme des compléments à la réduction des émissions, et non comme des substituts.

Deuxièmement, la séparation entre séquestration terrestre et CDR permet d'assurer une meilleure gouvernance pour chacune. Comme évoqué précédemment, ces types d'activités comportent différents risques et avantages : les séparer et les distinguer permet d'établir

un cadre réglementaire plus sûr afin de maximiser leurs avantages respectifs et d'atténuer les risques tout en renforçant la confiance et la transparence. Cela crée des silos dans lesquels chacun peut être développé de manière indépendante et plus adaptée avec des politiques ciblées.

Troisièmement, des objectifs clairs et séparés offrent un meilleur soutien aux porteurs de projets en réduisant le risque réglementaire et en leur offrant une visibilité à long terme. Des objectifs dédiés envoient un signal en faveur de systèmes d'élimination de qualité, ce qui promeut l'investissement. À l'heure actuelle, les développeurs d'activités de séquestration terrestre du carbone de haute qualité, comme la foresterie proche de la nature et les méthodes de CDR, font face à une grande incertitude en raison d'un manque de vision stratégique et politique. En l'absence d'action et de soutien réglementaire, les systèmes de marché volontaire occupent actuellement le devant de la scène, bien que leurs problèmes d'intégrité soient largement établis.

Enfin, cela démontre que réduction des émissions et élimination ne sont pas équivalentes. Une fois rejetées dans l'atmosphère, les émissions de CO₂ ont un impact permanent et souvent irréversible sur le climat, les écosystèmes et la santé humaine. Si la séquestration du carbone dans les sols et la CDR peuvent contribuer à limiter ces dommages, elles ne peuvent pas les annuler. Mal conduite (en détournant l'attention des émissions ou en quantifiant l'élimination selon des limites étroites), l'élimination peut même conduire à une augmentation des émissions. De plus, émettre du carbone puis le retirer de l'atmosphère n'élimine pas les dommages causés initialement par l'émission. Définir des objectifs et cadres politiques distincts permet de clarifier ce principe physique élémentaire.

Mais si la séparation des objectifs et politiques est importante, elle ne constitue que le point de départ d'un cadre politique de CDR efficace. Parmi les autres problématiques

devant être abordées figurent les besoins de financements, la vision à long terme, la définition de l'élimination du carbone et l'établissement d'un système de MRV solide.

Financement : au-delà des approches de compensation court-termistes

Pour l'heure, en particulier si elle est correctement menée, l'élimination permanente restera coûteuse. Des sources industrielles ont indiqué aux auteurs que le captage direct dans l'air avec séquestration du carbone coûte actuellement entre 500 et 1 000 USD par tonne de CO₂, et qu'une baisse de ces prix nécessiterait du temps et des investissements. De leur côté, les crédits de séquestration dans les sols se vendent entre 0 et 10 USD sur le marché volontaire du carbone (VCM), alors que l'additionnalité et la permanence de bon nombre d'unités (d'élimination ou d'évitement) du VCM sont discutables. Les unités de séquestration dans les sols pourraient rapidement devenir plus onéreuses si un système de MRV solide et de long terme est rendu obligatoire, en plus de responsabilités claires en cas d'inversion, notamment via l'obligation d'un renouvellement ou d'une réparation à l'infini. Cela ne correspond pas à la situation actuelle, mais pourrait exiger une intervention réglementaire significative sur le marché volontaire du carbone. L'élimination du carbone et la séquestration dans les sols pourraient également faire l'objet de financements distincts en tenant compte de ces écarts colossaux en termes de prix et de permanence.

Les marchés ne constituent pas le bon outil pour financer l'élimination du carbone et la séquestration dans les sols. En effet, les marchés du carbone suivent la logique économique : l'option la moins coûteuse d'abord. En intégrant la séquestration dans les sols et l'élimination permanente dans un même mécanisme de financement, sans distinction, le marché soutiendra à une écrasante majorité les solutions d'élimination les moins chères, et probablement de moindre qualité. Si des unités de moindre qualité sont intégrées (par exemple des unités de foresterie ou de BECSC basée sur la foresterie, avec

[les problématiques environnementales qu'elle comporte](#)), seules les options les moins coûteuses recevront de la demande, conduisant potentiellement à une chute du prix du carbone et à un relâchement de la pression exercée sur les installations concernées pour qu'elles décarbonent.

Si seules des solutions d'élimination permanente sont intégrées, alors la demande sera probablement faible, voire inexistante, en raison des écarts de prix avec d'autres unités de conformité (les prix du SEQE-UE sont d'environ 80 euros au moment de la rédaction de ce rapport). Certaines applications de Bio-CSC (BECSC basée sur le bioéthanol, par exemple) fondées sur des flux de déchets existants ou associées à de la biomasse non durable (BECSC basée sur la foresterie) pourraient d'ores et déjà être financées au prix actuel du SEQE mais présentent des problèmes d'échelle et de durabilité. De son côté, le DACCS est actuellement si cher qu'il ne risque pas de provoquer une dissuasion à l'atténuation, mais son intégration aux marchés de conformité ne pourrait également lui être que faiblement bénéfique.

L'intégration de l'élimination aux marchés du carbone est donc intrinsèquement viciée et ne contribue pas à la lutte contre le changement climatique. Elle conduit soit à une dissuasion de l'atténuation si des unités à faible coût sont introduites (généralement de faible qualité avec des risques potentiels majeurs en matière de durabilité), soit à un manque de demande ou de soutien envers les méthodes d'élimination à l'intégrité environnementale plus élevée. Il n'existe pas de méthode « magique » d'élimination promettant à la fois intégrité environnementale, accessibilité financière, capacité de déploiement à plus grande échelle et permanence du stockage. Cette dure vérité doit constituer le socle de toute politique d'élimination.

Il existe d'autres mécanismes de financement disponibles. Quelques exemples en sont proposés ci-après, mais cette liste ne doit pas être considérée comme exhaustive.

Les recettes tirées de la tarification du carbone peuvent être réinvesties dans la CDR. À court terme, le Fonds pour l'innovation de l'Union européenne constituerait un mécanisme intéressant à cet effet. Une obligation de contribution à l'élimination du carbone pourrait également être imposée aux entreprises polluantes (Ecologic a fait une proposition en ce sens en tant que [système d'échange de l'élimination du carbone](#)). Cette obligation s'ajouterait au prix du carbone, sans y porter atteinte. Ce système fonctionnerait en parallèle du SEQE-UE, et obligerait les entreprises concernées à obtenir des unités d'élimination, soit en lançant des activités d'élimination du carbone elles-mêmes, soit en achetant des crédits auprès d'autres entreprises s'adonnant à l'élimination du carbone.

La Californie envisage actuellement une démarche de ce type via la proposition de [Carbon Dioxide Removal Market Development Act](#) (loi sur le développement du marché de l'élimination du carbone), selon laquelle les entreprises relevant du système de plafonnement et d'échange californien seraient tenues d'acheter des crédits d'émissions négatives correspondant à une certaine part de leurs émissions, soit 1 % en 2030, 8 % en 2035, 35 % en 2040 et 100 % en 2045. Cette exigence s'ajouterait aux obligations actuelles en matière de plafonnement et d'échange.

Les pays pourraient adopter un vaste éventail d'avantages fiscaux, subventions ou mécanismes de marchés publics. En Union européenne, les objectifs d'élimination du carbone pourraient être fixés au niveau des États membres afin que les gouvernements nationaux assument eux-mêmes la responsabilité de la création de la demande. Les États membres consacrant une partie de leurs recettes issues du SEQE-UE aux marchés publics par enchères inversées constituent un excellent exemple de la manière dont un tel système pourrait fonctionner. Le crédit d'impôt américain 45Q pour la CDR et les investissements dans les pôles de DAC est fondé sur une approche de subvention directe, mais ne conduit pas à une gestion publique des systèmes d'élimination générés et n'exclut

pas non plus que les entreprises puissent les utiliser à d'autres fins. Cela dit, à court terme, il permet d'investir un montant modeste (par rapport au budget fédéral des États-Unis) dans le déploiement d'un type spécifique d'élimination du carbone et de tester différentes technologies à grande échelle sans nuire à d'autres branches du cadre politique sur le climat.

Le secteur privé et les marchés volontaires pourraient également apporter des financements, non pas à travers une compensation (en raison de son effet de dissuasion de l'atténuation) mais en suivant une [approche contributive](#). Le fonds Frontier illustre ce type de mécanisme, malgré les inquiétudes concernant la possibilité que les participants utilisent les unités d'élimination obtenues pour compenser leurs émissions maintenues.

Néanmoins, tout financement devrait distinguer clairement les différents types d'élimination et de séquestration et ne pas se concentrer uniquement sur les volumes, en particulier à court terme. Des investissements devront être menés dans la R&D, les start-ups et les méthodes de CDR sous-financées afin de pouvoir évaluer et tester un vaste éventail de solutions durables de CDR. Le déploiement de l'élimination à grande échelle dans le monde requerra probablement un vaste éventail de méthodes de CDR, plutôt que d'exiger qu'une ou deux approches assurent l'essentiel du travail. Le potentiel durable de toute méthode d'élimination isolée sera probablement [soumis à des restrictions techniques, géographiques et de durabilité](#), faisant d'une approche diversifiée le meilleur chemin pour gagner en échelle sans fouler aux pieds les limites planétaires.

En outre, la mise en place d'un système de MRV, d'une analyse complète et transparente des impacts ainsi que de la promotion du développement durable et d'autres objectifs environnementaux et sociaux (comme la biodiversité) constitue la condition préalable indispensable à tout mécanisme de financement.

Vision à long terme du rôle de l'élimination du carbone

Pour déterminer si un cadre politique sur le climat est de long terme, pertinent et durable, il suffit de se poser la question suivante : permet-il d'atteindre la neutralité climatique le plus rapidement possible avec des émissions résiduelles aussi faibles que réalistiquement envisageables (pour limiter le recours à la CDR, dans la mesure où il faut s'attendre à ce que l'élimination permanente reste rare et onéreuse), et de permettre des émissions nettes négatives importantes et durables ?

La neutralité climatique implique de compenser par l'élimination les dernières émissions résiduelles de gaz à effet de serre, que la société considérerait trop importantes et donc trop difficiles à atténuer. Cette idée de compenser les dernières émissions résiduelles et d'atteindre un niveau d'émissions nettes négatives devrait être énoncée clairement dans tout cadre de CDR. Cet exercice d'équilibriste doit être considéré comme un impératif à mener au niveau de l'économie et de la société, et non comme une solution simple permettant à chaque entreprise ou secteur d'accéder à l'élimination afin de compenser ses propres émissions. Les pollueurs doivent rester concentrés sur la réduction de leurs émissions et faire l'objet de mécanismes de tarification du carbone pertinents plutôt que de rechercher des mécanismes de compensation. Du point de vue de la gouvernance, les trois principes à court terme ont également un rôle clé à jouer : les principes de précaution, de DNSH (do no significant harm, ou « absence de préjudice important ») et de primauté de la réduction des émissions.

Des émissions nettes négatives importantes et durables seront fondamentales pour atteindre les objectifs : tout cadre politique doit viser à atteindre des émissions nettes négatives significatives le plus rapidement possible afin de limiter le pic des températures et d'amorcer la réparation des dommages occasionnés par l'être humain à l'atmosphère. La rapidité et l'ampleur des émissions nettes négatives deviendront un enjeu scientifique et sociétal majeur dans les décennies à venir. Si, à court terme, les politiques pourraient

simplement viser à faire gagner le secteur en maturité et en échelle, la capacité à atteindre des émissions nettes négatives devrait occuper une place centrale dans l'esprit des décideurs politiques. Cela s'avère particulièrement important pour les propositions relatives au financement de la CDR, car les fonds provenant des pollueurs devraient s'amenuiser le plus rapidement possible, à mesure que les émissions seront réduites.

Pour ces deux objectifs, la réduction des émissions a un rôle clé à jouer, qui se poursuivra largement durant la seconde moitié de ce siècle et déterminera le volume d'élimination requis.

Adopter une vision à plus long terme sur l'élimination du carbone implique également d'abandonner certaines priorités à plus court terme, sur lesquelles certains acteurs et décideurs politiques pourraient décider de se concentrer : les entreprises cherchant à accéder aux crédits carbone pour pouvoir formuler des allégations climatiques (comme cela est encouragé par le Label bas carbone français, et une direction vers laquelle beaucoup poussent le CRCF), et les entreprises et décideurs politiques qui perçoivent l'élimination et la séquestration du carbone comme des moyens pour limiter le coût de la mise en conformité avec les politiques de réduction des émissions (comme le SEQUE-UE).

Définir l'élimination du carbone

Tout ce qui stocke du carbone n'est pas de la CDR. Une clarification des différences entre la CDR d'une part et le [CSC](#) et [CCU](#) d'autre part est nécessaire. En outre, les solutions de séquestration du carbone vulnérables et potentiellement de plus court terme peuvent jouer un rôle majeur dans la lutte contre la crise climatique, la préservation de la biodiversité et d'autres objectifs sociaux et environnementaux plus importants que la séquestration terrestre. La vulnérabilité de ces puits de carbone impose de les distinguer des mesures d'élimination permanente, et ils devraient être analysés selon une approche environnementale globale plutôt que sous le seul prisme du carbone.

Une politique de CDR pertinente doit offrir une définition claire des processus d'élimination : ils doivent capter le CO₂ directement dans l'atmosphère, de manière durable, et le stocker pendant au moins plusieurs siècles. En outre, ces processus doivent afficher un bilan d'émissions nettes négatif, c'est-à-dire que les émissions de CO₂ prélevées de l'air doivent excéder les émissions directes et indirectes générées par le processus d'élimination. Cette dernière considération est loin d'être anodine puisqu'un système de captage direct de l'air alimenté par un réseau électrique dépendant du charbon [peut émettre dans l'atmosphère plus de GES qu'il n'en élimine](#).

Un MRV et une comptabilisation robustes

Les processus d'élimination et de séquestration dans les sols peuvent être complexes, difficiles à quantifier et [internationaux](#). Pour faire face à cette complexité, un système de MRV solide doit être mis en place afin de veiller à ce que tout processus d'élimination employé, quel qu'en soit l'objectif, soit réel et de qualité. Ce processus doit s'accompagner d'une comptabilisation claire et transparente pour renforcer la confiance, éviter les doubles comptabilisations et permettre un grand niveau de précision à l'échelle internationale, y compris des émissions indirectes. La comptabilisation doit également tenir compte du moment de stockage : la végétation peut prendre des mois voire des siècles à pousser. Toute séquestration terrestre ou élimination permanente basée sur la biomasse (dont l'origine doit être durable, ce qui n'est pas une mince affaire) doit intégrer cette question temporelle dans son mode de comptabilisation.

Le système de MRV doit reposer sur des estimations prudentes afin de limiter le risque de surestimation et tenir compte des émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre, tant à l'échelle nationale [qu'internationale lors de la quantification de l'élimination nette](#). S'il peut s'avérer difficile d'aborder les effets indirects, les ignorer pourrait conduire à certifier des activités émettrices comme des éliminations nettes. Les effets indirects clés à prendre

en compte sont le changement indirect d'affectation des terres (p. ex. la reconversion ou même l'accaparement de terres agricoles pour des cultures de BECSC conduit à de la déforestation afin de maintenir la production agricole), les fuites de marché et écologiques et les effets de matelas d'eau dans les marchés énergétiques (p. ex. utiliser les énergies renouvelables existantes pour le DACCS laisse moins d'énergie propre pour les autres secteurs et risque d'accroître la demande en combustibles fossiles).

Des leçons doivent être tirées des écueils des marchés volontaires du carbone, où le secteur privé est fortement incité à surestimer les résultats des projets et/ou à minimiser la charge administrative. Par exemple, les méthodes Verra pour les projets REDD+ se sont avérées [hautement problématiques](#) en termes d'intégrité environnementale, et des scandales ont régulièrement fait la une ces dernières années (p. ex. [ici](#) et [ici](#)). La question de savoir qui élabore les méthodologies n'a rien d'anodin : les gouvernements doivent s'emparer et veiller à ce que ces méthodologies reposent sur des bases scientifiques solides et des réalités tangibles, et non simplement reprises des marchés volontaires. Concevoir des systèmes de MRV solides ne sera pas une tâche aisée, bon nombre de systèmes d'élimination étant extrêmement complexes du point de vue de la comptabilisation de l'énergie, des terres et de la biomasse tout au long du cycle de vie, et des impacts directs et indirects sur l'utilisation des sols, l'additionnalité, l'établissement de niveaux de référence et la simple mesurabilité des résultats climatiques.

CONCLUSIONS

L'intérêt croissant des responsables politiques, des scientifiques et des entreprises pour la CDR conduit à la mise en œuvre (ou à la théorisation) de différentes approches dans diverses juridictions, ou de programmes volontaires visant à renforcer les investissements et à promouvoir l'innovation dans ce secteur.

Le recours aux mécanismes de compensation est très répandu, tant dans les approches réglementaires que volontaires.

Du côté politique, l'intégration directe ou indirecte des systèmes d'élimination aux marchés du carbone est souvent considérée comme un mécanisme clé. L'intégration directe de crédits d'élimination aux systèmes d'échange de quotas d'émission peut être intégrale, les rendant totalement fongibles avec les allocations de réduction des émissions, ou « limitée ou conditionnelle », avec une quantité limitée de crédits d'élimination, par exemple uniquement basés sur le DACCS et la BECSC durable basée sur des déchets.

Si la seconde option est préférable pour assurer le recours à des processus d'élimination durables et de qualité, ces deux méthodes reposent sur des idées erronées : elles supposent que l'élimination et la réduction des émissions sont équivalentes, que les processus d'élimination peuvent être déployés rapidement à un coût relativement faible, et que l'élimination peut se substituer aux efforts de décarbonation à court et long terme. Or, toute intégration des processus d'élimination aux systèmes d'échange de quotas d'émission à court et moyen terme conduira soit à une dissuasion de l'atténuation, soit à une demande faible ou inexistante pour ces processus.

De même, les approches volontaires présentent des risques significatifs en termes [d'intégrité environnementale, de résultats climatiques](#) et de greenwashing via la compensation. [Au moins 14](#) des [24](#) grandes multinationales évaluées dans le [Corporate](#)

[Climate Responsibility Monitor 2023](#) prévoient d'avoir recours à l'élimination du carbone pour compenser des émissions de gaz à effet de serre qu'elles pourraient probablement atténuer directement.

Les principaux systèmes de compensation gérés par l'État, bien que volontaires, ne distinguent pas davantage les efforts de décarbonation des mesures de CDR. Le système ACCU australien, le *Label bas carbone* français et la proposition de VCM portugais permettent tous de compenser les émissions continues avec des crédits de séquestration terrestre du carbone. La proposition de cadre européen de certification d'élimination du carbone, le mécanisme pour un développement propre des Nations unies et les mécanismes de l'article 6 ne répondent pas non plus à cette dissuasion de l'atténuation.

De bonnes pratiques émergent

De bonnes pratiques visant à promouvoir la CDR sans freiner les efforts de décarbonation apparaissent et font parler d'elles sur les marchés volontaires du carbone, comme le standard SBTi et le fonds Advance Market Commitment de Frontier. SBTi impose aux entreprises de réduire les émissions de leur chaîne de valeur de 90 % avant de pouvoir utiliser les processus d'élimination afin de compenser les émissions résiduelles. Cependant, SBTi n'exige pas de plan de CDR détaillé et ne fixe pas de critères de qualité pour les processus d'élimination. L'idée est axée sur une gestion de la demande : quelles conditions doivent être remplies avant qu'une entreprise puisse acheter des crédits de compensation. Frontier, de son côté, repose sur l'engagement d'acheter exclusivement des crédits de processus d'élimination répondant à des critères de qualité stricts, sans toutefois exclure explicitement les allégations basées sur la compensation. Il s'agit plutôt d'un mécanisme d'approvisionnement établissant les normes de qualité à respecter par les processus d'élimination. SBTi et Frontier, en ce sens, constituent des mécanismes complémentaires, mais volontaires.

Recommandations pour l'élaboration de cadres politiques

L'élimination du carbone est indispensable pour atteindre la neutralité carbone et une situation d'émissions nettes négatives. Cependant, la réduction des émissions doit rester la priorité et l'élimination doit être mise en œuvre de manière durable. Actuellement, aucun des systèmes de gouvernance de l'élimination actuels ne répond suffisamment à ces enjeux. Tout système de politique de CDR doit reposer sur trois principes : les principes de précaution, de DNSH (do no significant harm, ou « absence de préjudice important ») et de primauté de la réduction des émissions.

La dissuasion de l'atténuation doit être prise au sérieux : nous n'avons pas de temps à perdre dans des compensations, au mieux à somme nulle. Les systèmes d'élimination doivent compléter et non remplacer la réduction des émissions. L'un des outils de gouvernance clés à cet égard consiste à établir des objectifs climatiques et politiques distincts pour la réduction des émissions, l'élimination permanente et la séquestration dans le secteur foncier. Entre autres avantages, cela peut permettre de dissiper les équivalences erronées, de promouvoir l'action sur les trois fronts et d'offrir de la visibilité aux porteurs de projets, tout en limitant la dissuasion de l'atténuation. Le principe de séparation doit être au cœur des objectifs climatiques et des trajectoires de neutralité carbone, au sein de l'UE lors du prochain processus d'établissement de l'objectif 2040, mais également à l'échelle internationale via les Contributions déterminées au niveau national, le Bilan mondial de l'Accord de Paris et l'application de l'article 6.

Les financements ne doivent pas provenir de la compensation, ni être associés à du greenwashing, ni servir à offrir aux pollueurs une solution moins onéreuse pour remplir leurs obligations de conformité. Pour le secteur privé, l'approche contributive doit constituer le fondement de l'action en matière de CDR, comme c'est le cas pour divers membres du fonds Frontier, mais aussi pour le Milkywire Climate Transformation Fund et,

dans une certaine mesure, pour l'initiative Atténuation des émissions au-delà de la chaîne de valeur de la SBTi.

Du côté public, la levée de fonds doit avant tout s'appuyer sur le principe du pollueur-payeur. Les recettes issues des mécanismes de tarification du carbone doivent être employées pour financer des projets de CDR, mais sans se limiter au prisme étroit des quantités et intégrer des critères de qualité, de co-avantages et de développement. Les marchés publics peuvent être passés via différents systèmes, comme les enchères inversées suédoises pour la BECSC ou une Banque centrale du carbone. Déjà en place, le Fonds pour l'innovation de l'Union européenne pourrait être étendu relativement facilement afin de financer un ensemble de projets de CDR.

Des obligations de conformité pourraient également être mises en place pour l'achat de crédits d'élimination (en supplément des obligations de réduction des émissions), comme un [système d'échange de quotas carbone](#), ou la proposition californienne de [Carbon Dioxide Removal Market Development Act](#). Ces mécanismes présentent des avantages significatifs : ils stimulent la demande de systèmes d'élimination, favorisent un développement d'échelle constant et prévisible et permettent une supervision gouvernementale de la qualité des processus d'élimination à soutenir, le tout en maintenant la pression en faveur de la réduction des émissions.

En tout état de cause, le soutien des secteurs privé et public et faveur de la CDR doit reposer sur une définition claire de la CDR, un système de MRV solide et une vision de long terme intégrant le rôle complémentaire de l'élimination du carbone et la primauté de la réduction des émissions. Au sein de l'UE, la définition de l'objectif climatique pour 2040, suivie de sa mise en œuvre dans l'architecture politique européenne, constitue une première opportunité d'emprunter ce chemin. C'est une occasion à ne pas manquer.