

# Compréhension actuelle de l'impact potentiel des approches d'élimination du dioxyde de carbone sur les Objectifs de développement durable dans certains pays d'Amérique latine et des Caraïbes



## Résumé à l'intention des décideurs

Joseluis Samaniego  
Kai-Uwe Schmidt  
Hernán Carlino  
Luciano Caratori  
Micaela Carlino  
Agustín Gogorza  
Alfonso Rodríguez Vagaría  
Gabriel Vázquez Amábile



NATIONS UNIES



Financé par  
l'Union Européenne



Carnegie Climate  
Governance Initiative

An initiative of

**CARNEGIE**  
COUNCIL for Ethics in  
International Affairs

# Compréhension actuelle de l'impact potentiel des approches d'élimination du dioxyde de carbone sur les Objectifs de développement durable dans certains pays d'Amérique latine et des Caraïbes. Résumé à l'intention des décideurs.

---

Ce document a été produit sous la coordination de Joseluis Samianego, de la Commission économique pour l'Amérique latine et les Caraïbes (CEPALC) et Kai-Uwe Schmidt, de la Carnegie Climate Governance Initiative (C2G). Hernan Carlino, Luciano Caratori, Micaela Carlino, Agustín Gogorza, Alfonso Rodríguez Vagaría et Gabriel Vazquez Amábile, de la Fondation Torcuato Di Tella ont participé à son élaboration. Les auteurs remercient les personnes suivantes pour leurs commentaires, suggestions, révisions et contributions au document : Estefani Rondón, José Javier Gómez et Jimmy Ferrer, de la CEPALC, Nicholas Harrison, Alia Hassan et Michael Thompson, de C2G.

Ce rapport a été financé par C2G, une initiative du Carnegie Council for Ethics and International Affairs, et produit en collaboration avec la CEPALC et le programme Euroclima+.

## Avertissement

Les opinions exprimées dans ce document, qui a été reproduit sans édition formelle, sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues de la CEPALC ou du C2G.

Cette publication peut être reproduite en tout ou en partie et sous quelque forme que ce soit à des fins éducatives ou à but non lucratif sans autorisation spéciale de C2G ou de la CEPALC, à condition que la source soit reconnue ou qu'elle soit correctement référencée.

## Droits d'auteur

© CCEIA/C2G et Nations Unies, 2021

Cote CEPALC: LC/TS.2021/82

## Citation

Samaniego, Schmidt, Carlino and others, "Compréhension actuelle de l'impact potentiel des approches d'élimination du dioxyde de carbone sur les Objectifs de développement durable dans certains pays d'Amérique latine et des Caraïbes. Résumé à l'intention des décideurs", Carnegie Climate Governance Initiative (C2G)/Commission économique pour l'Amérique latine et les Caraïbes (CEPALC), mars 2021.



Financé par  
l'Union Européenne



An initiative of  
**CARNEGIE**  
**COUNCIL** for Ethics in  
International Affairs

# Résumé à l'intention des décideurs

Le rapport « Compréhension actuelle de l'impact potentiel des approches d'élimination du dioxyde de carbone (EDC) sur les objectifs de développement durable (ODD) dans certains pays d'Amérique latine et des Caraïbes » répond à une demande formulée fin 2020 par la Carnegie Climate Governance Initiative (C2G) et la Commission économique pour l'Amérique latine et les Caraïbes (CEPALC). Les approches d'EDC ont été envisagées, d'après la catégorisation de la C2G et les définitions du GIEC.

**Figure 1: Classification des approches d'élimination du dioxyde de carbone**



Source : C2G (2018). Honegger, M. et al. *Carbon Removal and Solar Geoengineering Potential implications for delivery of the Sustainable Development Goals (Possibles conséquences de l'élimination du carbone et de la géo-ingénierie solaire sur la réalisation des objectifs de développement durable)*. Rapport de C2G2 - mai 2018.

Les références au contexte dans lequel les résultats du rapport devraient être pris en compte dans leur ensemble fournissent une caractérisation très succincte des principaux éléments contextuels d'un point de vue scientifique, qui pourraient définir les conditions limites pour l'intégration de ces résultats dans une orientation de politique climatique nationale.

## Figure 2: Contexte pertinent pour l'étude

### Accord de Paris



### Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat



- L'objectif de température à long terme devrait être atteint si l'on parvient à un équilibre entre les émissions anthropiques de GES par les sources et **les absorptions par les puits, au milieu de ce siècle**
- Les recherches apportent de plus en plus de données probantes sur le fait que la plupart des scénarios visant à respecter l'Accord de Paris incluent des **technologies à émissions négatives**
- **L'EDC joue un rôle majeur dans de nombreux scénarios d'atténuation.** Le report des mesures d'atténuation supplémentaires à 2030 entraînera une plus grande dépendance à l'égard de l'EDC à long terme

**Il faut évaluer les possibles impacts environnementaux, économiques et sociétaux des innovations technologiques pour obtenir le soutien du public et les financements (recherche, développement et déploiement)**

**Il faut veiller à préserver les objectifs des ODD dans les phases de sélection et de mise en œuvre de ces technologies**

Source : Accord de Paris ; AR5 du GIEC ; Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C ; Résumé à l'intention des décideurs (SPM) du GIEC (2018)

Ce rapport fait la synthèse des meilleures connaissances sur les possibles conséquences de l'adoption d'options fondées sur la nature et d'options techniques pour l'élimination du dioxyde de carbone, visant à compléter les réductions directes d'émissions. Les conclusions se fondent sur l'évaluation de la littérature scientifique, technique et socio-économique disponible et des conséquences économiques, sociales et environnementales de la mise en œuvre des options technologiques d'EDC. Les conséquences doivent être examinées à l'aune de la réalisation des objectifs de développement durable (ODD) et de la contribution à l'atténuation du changement climatique que la mise en œuvre peut avoir en Argentine et en Colombie. Cette analyse permet d'identifier les lacunes en matière de connaissances et, si possible, d'élaborer des recommandations et de préciser les options que les gouvernements de la région devraient envisager pour décider et éventuellement encourager la possible intégration d'approches adéquates d'EDC dans les stratégies nationales de lutte contre les changements climatiques qui contribuent à la réalisation des ODD, des contributions déterminées au niveau national (CDN) et des plans de relance verte, le cas échéant. Les résultats peuvent également être utilisés pour mettre en exergue le besoin d'entreprendre des recherches supplémentaires afin de réduire les lacunes existantes en matière de connaissances et de favoriser une plus grande disponibilité des informations scientifiques et techniques qui aideraient les gouvernements de la région à prendre des décisions éclairées.

L'analyse des impacts est confrontée à certains défis qui peuvent avoir des effets sur leur précision et le niveau de confiance :

Figure 3 : Limites de l'analyse

Mises en garde

- Les déploiements d'EDC à grande échelle constituent **un nouveau domaine de recherche**/mise en œuvre
- À long terme, **les nouvelles technologies innovatrices** qui n'ont pas encore été entièrement développées pourraient sensiblement affecter les scénarios
- **Les coûts d'investissement et d'exploitation pourraient être largement revus à la baisse** à mesure que chaque technologies soit massivement déployée
- **Le niveau relatif des possibles effets** peut également être **fonction du degré de maturité** de la documentation disponible, des plans et des projets

Défis

Limites

- La compréhension des **impacts (socio-économiques)** fait défaut
- **Les statistiques historiques** et leur **précision dépendent de la collecte des données.**
- La comparaison entre les pays peut se voir affectée par les **différences entre les bases statistiques**
- Il n'est pas encore possible **d'évaluer les risques relatifs liés aux technologies**
- Il existe de **grandes incertitudes** liées aux lacunes dans les connaissances, à la complexité des écosystèmes concernés et aux interactions provenant de la combinaison de plusieurs options

Source : élaboration propre

Le présent résumé à l'intention des décideurs (Summary for Policymakers ou SPM en anglais) est structuré en deux parties : A) Principales conclusions ; B) Recommandations sur le déploiement potentiel des approches d'EDC applicables à grande échelle. Une annexe qui mentionne les domaines recommandés pour des recherches supplémentaires est incluse.

### A. Principales conclusions de l'étude

---

#### *Lacunes en matière de connaissances, de planification et de mise en œuvre*

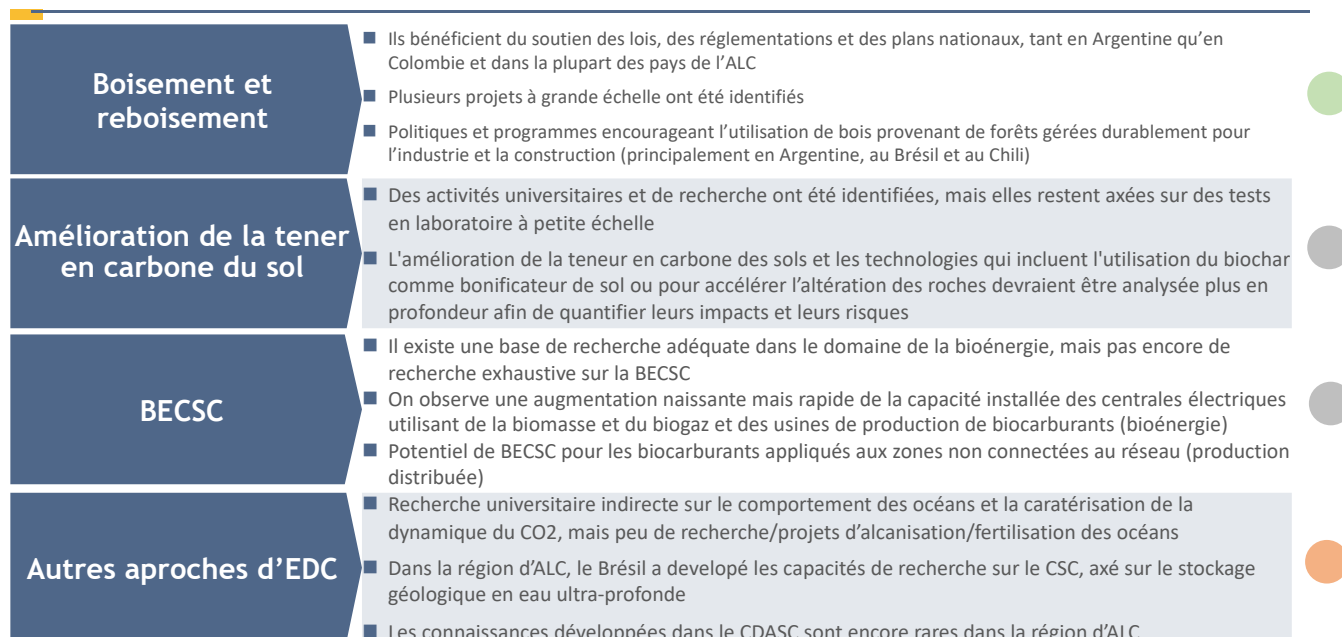
En général, et à de rares exceptions près, de fortes lacunes en matière de connaissances et de développement empirique de l'EDC ont été identifiées dans les pays d'Amérique latine et des Caraïbes (ALC) :

- Les efforts déployés par les pays d'Amérique latine et des Caraïbes en vue d'atténuer les changements climatiques sont principalement axés, comme il se doit, sur la réduction des émissions et le remplacement de la production et de l'utilisation des combustibles fossiles, et les efforts d'élimination du carbone ne sont envisagés que d'une façon très embryonnaire
- Le déploiement à grande échelle d'approches d'EDC pourrait avoir des effets secondaires physiques et des conséquences socio-économiques ou de gouvernance sur la réalisation des ODD
- Les conséquences plus larges des technologies d'EDC sur la réalisation ou l'entrave des efforts de développement durable sont jusqu'à présent insuffisamment examinées et comprises, principalement du point de vue de la planification
- Les pays de l'ALC sont confrontés à un manque continu de financement du climat, et la décision sur le possible développement de ces options demanderait des informations précises sur les coûts de la réduction et un examen attentif des risques liés à la mise en œuvre afin d'éviter une mauvaise affectation des ressources
- Il faudrait déployer de grands efforts de recherche et de développement technique pour chaque technologie

Le boisement et le reboisement ainsi que l'amélioration des sols grâce au biochar sont les approches d'EDC les plus examinées dans le monde scientifique et universitaire en Amérique latine et dans les Caraïbes.





Figure 1 : Lacunes en matière de connaissances, de planification et de mise en œuvre des approches d'EDC dans les pays de l'ALC



Source : élaboration propre fondée sur l'examen des informations et leur classement

En particulier pour l'Argentine et la Colombie, notre propre approche méthodologique a été appliquée, en s'appuyant sur la méthodologie de C2G [Honegger, et al 2018], et en tenant compte de trois différents aspects pour déterminer l'état actuel : i) des connaissances scientifiques et techniques, ii) de l'adoption dans la planification, et iii) de l'application empirique des approches d'EDC choisies dans ces pays.

Figure 5: État actuel des connaissances et du développement en Argentine et en Colombie

	Boisement	BECS	Biochar	Altération accélérée	CDASC	Fertilisation des Océans
Connaissances scientifiques et techniques	●	●	●	●	●	●
Intégration dans la planification gouvernementale	●	●	●	●	●	●
Mise en œuvre d'initiatives et de projets	●	●	●	●	●	●
	Boisement	BECS	Biochar	Altération accélérée	CDASC	Fertilisation des Océans
Connaissances scientifiques et techniques	●	●	●	●	●	●
Intégration dans la planification gouvernementale	●	●	●	●	●	●
Mise en œuvre d'initiatives et de projets	●	●	●	●	●	●

● Non développé

● En développement, pas directement/partiellement lié à l'EDC

● Moins de 10 articles / Programmes pas encore mis en œuvre / Initiatives à petite échelle

● Plus de 10 articles / Programmes en cours d'exécution ou exécutés / Initiatives à grande échelle achevées

Source : élaboration propre fondée sur l'examen des informations et leur classement

Bien que les connaissances développées sur le CDASC (captage direct dans l'air et stockage du dioxyde de carbone) dans les pays de l'ALC soient dérisoires, une analyse qualitative basée sur la littérature internationale disponible a été réalisée :

- Compte tenu de son stade de développement précoce et du nombre très limité d'interventions empiriques, le déploiement de la technologie à grande échelle semble être encore un défi considérable, malgré la coexistence de points de vue optimistes et pessimistes.
- Dans le cadre d'une transition vers des émissions nettes égales à zéro, le CDASC est actuellement l'une des rares options technologiques disponibles pour éliminer directement le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère.
- Selon des recherches menées dans l'UE, le coût du CDASC doit baisser d'au moins un ordre de grandeur par rapport à sa valeur actuelle pour que cette option devienne financièrement et économiquement faisable.
- Le CDASC doit faire l'objet d'une démonstration à une échelle adéquate, afin de réduire les incertitudes liées au possible déploiement futur et aux coûts connexes.
  - À l'échelle mondiale, il existe plusieurs usines de CDASC (principalement des usines pilotes) qui présentent une capacité cumulée inférieure à 10 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Elles sont situées en Europe, aux États-Unis et au Canada, mais il n'y en a aucune en Amérique latine.
  - La construction de la première usine de CDASC à grande échelle (ayant une capacité de 1 million de tonnes de CO<sub>2</sub>/an) ne devrait pas commencer avant 2022, dans le bassin permien des États-Unis.
- La démonstration à grande échelle des technologies d'EDC, telles que le CDASC, demandera un soutien gouvernemental ciblé.

### **Analyse des impacts - Argentine et Colombie**

Cette section résume l'évaluation des impacts du déploiement à grande échelle des approches d'EDC en Argentine et en Colombie, selon les scénarios déterminés. Pour chaque approche d'EDC et chaque pays, plusieurs liens entre les variables macro et intra-sectorielles ont été identifiés, évaluant les impacts à long terme du déploiement de l'EDC sur les variables clés qui contribuent à la réalisation des ODD.

Certaines approches d'EDC traitées dans cette étude (comme le CDASC, l'altération accélérée, l'alcalinisation des océans et la fertilisation des océans) n'ont pas été examinées en vertu d'une analyse approfondie des impacts en raison du manque d'informations permettant une modélisation précise. À court terme, la démonstration à grande échelle de ces technologies d'EDC demandera un soutien gouvernemental ciblé.

### **Impacts en Argentine**


- L'adoption d'une trajectoire de décarbonation très importante en Argentine sous-entend le déploiement de plus grands efforts dans les secteurs clés pour lancer des transitions dans les secteurs de l'énergie, des transports et de l'agriculture, foresterie



et autres utilisations des terres (AFAUT), entre autres. Dans ce contexte, le boisement et le reboisement constituent une stratégie d'atténuation essentielle pour réduire les émissions nettes et garantir l'élimination à grande échelle. On estime que le boisement pourrait éliminer en moyenne plus de 15 mégatonnes d'équivalent dioxyde de carbone par an (CO<sub>2</sub>e/an) pendant la période 2020-2050, dans un scénario plausible de 80 000 hectares plantés par an au maximum. La mise en œuvre de cette approche s'inscrit dans les trajectoires de décarbonation envisagées par les politiques climatiques nationales.

- Le boisement et le reboisement présentent le coût le plus bas par tonne piégée (~ 6 dollars US/tonne de CO<sub>2</sub>e) et la plus grande élimination des émissions pour l'Argentine, et ils devraient être prioritaires à court terme. Malgré leur faible coût de réduction, les scénarios prévoient des investissements de l'ordre de 60 à 100 millions de dollars US/an et constituent une source importante d'emplois directs. Des investissements plus conséquents, des effets sur l'emploi et un produit intérieur brut (PIB) plus importants que ceux estimés pourraient être possibles si la chaîne de valeur de l'industrie du bois est largement développée.
- Les changements dans les pratiques de production de bétail, en particulier ceux qui augmentent les stocks de carbone dans le sol, peuvent fournir d'autres moyens d'accroître les ambitions en matière d'atténuation à court et moyen terme.
- De la même façon, les changements dans les pratiques agricoles actuelles mais en pleine évolution (et donc réalisables sur les plans techniques et culturels) peuvent contribuer à des réductions d'émissions supplémentaires.
- L'application de biochar sur les sols pourrait piéger jusqu'à 2,5 mégatonnes de CO<sub>2</sub>e/an d'ici à 2050, en ne tenant compte que des arbres fruitiers. L'élargissement à d'autres cultures intensives et par la suite aux cultures extensives pourrait être un avantage à explorer au moyen de recherches plus approfondies et de projets pilotes. Par ailleurs, le déploiement du biochar offre le deuxième coût de réduction le plus bas.
- Il existe une incertitude quant à la faisabilité de la mise à l'échelle rapide la BECSC. Le CSC (captage et stockage du dioxyde de carbone) est largement absent des contributions déterminées au niveau national en Argentine et figure au bas de la liste des priorités d'investissement. On estime que la BECSC pourrait piéger jusqu'à 2,0 mégatonnes de CO<sub>2</sub>e/an d'ici à 2050 avec plus de 1 300 mégawatts (MW) de capacité installée supplémentaire.

Tableau 1: Impact du déploiement de l'EDC sur les variables essentielles – Argentine

		Émissions potentielles de GES (piégées)	Moyenne des besoins en investissements	Coûts	Variations nettes des emplois créés	Contribution au PIB
		Mégatonne CO <sub>2</sub> /an	MUSD / an	Dollar US / tonne CO <sub>2</sub>	# emplois créés / Mégatonne CO <sub>2</sub> piégé	Δ PIB en MUSD / mégatonne CO <sub>2</sub> piégé
Boisement	Scénario de base	5,6 (moyenne) 7,7 (2050)	29 (moyenne)	5,1	73 directs 117 indirects	22
	Sc1	10,3 (moyenne) 11,3 (2050)	59 (moyenne)	5,6	80 directs 127 indirects	24
	Sc2	15,9 (moyenne) 14,4 (2050)	100 (moyenne)	6,1	85 directs 136 indirects	26
BECSC	Scénario de base	Pas d'adoption de CSC dans le scénario de base, uniquement de la bioénergie				
	Sc1	0,1 (moyenne) 0,3 (2050)	35 (moyenne)	256,5	733 permanents 258 dans la construction	1 075
	Sc2	0,7 (moyenne) 2,0 (2050)	163 (moyenne)	239	1,037 permanents 360 dans la construction	1 000
Biochar	Scénario de base	Pas de déploiement de biochar dans le scénario de base				
	Sc1	0,1 (moyenne) 0,2 (2050)	3 (moyenne)	25,4	102 industriels	110
	Sc2	1,5 (moyenne) 2,5 (2050)	30 (moyenne)	19,3	77 industriels	84

Source : élaboration propre  
MUSD : million de dollars US

- Le déploiement de la BECSC à moyen terme implique des investissements conséquents dans des installations industrielles à forte intensité capitaliste, et s'accompagne donc d'une forte multiplication du PIB et de l'emploi. La BECSC est toutefois encore une technologie immature en Argentine et qui présente le coût lié à la réduction le plus élevé (240 à 260 dollars US / tonneCO<sub>2e</sub>), parmi les approches d'EDC analysées.


### Impacts en Colombie

- Le contrôle de la déforestation est essentiel pour réduire les émissions nationales. En outre, compte tenu du besoin de produire des denrées alimentaires et de la biomasse supplémentaires en intensifiant l'agriculture et l'élevage, l'arrêt du déboisement apparaît comme un impératif pour faciliter l'adoption d'une véritable décarbonation et d'une production alimentaire durable à long terme.
- Le boisement présente également le plus grand potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) en Colombie, offrant une moyenne de plus de 13 mégatonnes de CO<sub>2e</sub>/an sur la période 2020-2050.
- La Colombie est l'un des 20 premiers pays au monde en termes de couverture de mangroves et elle compte quelque 300 000 hectares de mangroves sur les côtes du Pacifique et des Caraïbes. Les mangroves sont réputées pour leur grande capacité à capturer le stock de carbone par unité de terre par rapport aux forêts terrestres. On s'attend à ce que la restauration des mangroves à un taux annuel de 0,7 % (58 000 hectares devant être restaurés au cours des 30 prochaines années) puisse piéger jusqu'à

3 mégatonnes de CO<sub>2</sub>e/an, avec des investissements et des coûts relativement faibles par tonne de CO<sub>2</sub>.

- Les effets sur l'emploi et la contribution au PIB des interventions de boisement et de restauration des mangroves pourraient être sous-estimés si d'autres activités économiques indirectes découlant, respectivement, de leur chaîne de valeur et de l'écosystème étaient également envisagées (elles ne sont pas incluses dans les figures ci-dessous) en plus des activités de plantations du secteur primaire.
- En ne tenant compte que du déploiement dans les plantations d'arbres fruitiers, l'application de biochar sur le sol colombien pourrait piéger jusqu'à 5 mégatonnes de CO<sub>2</sub>e/an d'ici à 2050. Tel qu'il a été indiqué pour l'Argentine, l'élargissement à d'autres cultures intensives et par la suite à des cultures extensives pourrait être un avantage à explorer au moyen de recherches plus approfondies et de projets pilotes en Colombie. Bien qu'il soit plus élevé que celui du boisement et de la restauration de la mangrove, le coût de l'application du biochar par tonne devrait rester inférieur à 25 dollars US / tonne CO<sub>2</sub>e.

**Tableau 2 : Impact du déploiement de l'EDC sur les variables essentielles – Colombie**

		Émissions potentielles de GES (piégées)	Moyenne des besoins en investissements	Coûts	Variations nettes des emplois créés	Contribution au PIB
		MégatonneCO <sub>2</sub> / an	MUSD / an	Dollar US / t CO <sub>2</sub>	# emplois créés / Mégatonne CO <sub>2</sub> piégé	Δ PIB en MUSD / Mégatonne CO <sub>2</sub> piégé
Boisement	Scénario de base	4,7 (moyenne) 6,3 (2050)	48 (moyenne)	9,7	76 directs 122 indirects	62
	Sc1	7,5 (moyenne) 8,1 (2050)	78 (moyenne)	101	74 directs 118 indirects	65
	Sc2	13,4 (moyenne) 12,0 (2050)	144 (moyenne)	10,5	66 directs 106 indirects	67
Restauration de la mangrove	Scénario de base	Restauration de la mangrove inexistante ou marginale en Colombie				
	Sc1	0,4 (moyenne) 0,8 (2050)	5 (moyenne)	11,1	65 directs	69
	Sc2	1,4 (moyenne) 2,9 (2050)	15 (moyenne)	10,9	69 directs	68
BECSC	Scénario de base	Pas d'adoption de CSC dans le scénario de base, uniquement de la bioénergie				
	Sc1	0,1 (moyenne) 0,4 (2050)	12 (moyenne)	72,9	271 permanents 104 dans la construction	453
	Sc2	2,1 (moyenne) 4,7 (2050)	146 (moyenne)	69,2	259 permanents 101 dans la construction	429
Biochar	Scénario de base	Pas de déploiement debiochar dans le scénario de base				
	Sc1	0,3 (moyenne) 0,4 (2050)	7 (moyenne)	25,0	100 industriels	161
	Sc2	3,1 (moyenne) 4,8 (2050)	58 (moyenne)	18,0	72 industriels	116

Source: élaboration propre  
MUSD : million de dollars US

- Plus de 1 100 MW de capacité installée BECSC sont prévus pour la Colombie d'ici 2050 dans un scénario d'adoption élevée, séquestrant potentiellement près de 5 mégatonnes

d'équivalent CO<sub>2</sub> / an. La BECSC est limitée par le potentiel de bioénergie durable et par la disponibilité de sites de stockage sûr pour le CO<sub>2</sub>. Tout comme l'Argentine, la Colombie n'est pas certaine de pouvoir appliquer la BECSC à grande échelle en temps voulu. Le CSC est largement absent des contributions déterminées au niveau national en Colombie et figure au bas de la liste des priorités d'investissement. La BECSC est en concurrence de financement avec d'autres approches d'EDC basées sur les terres et les mesures d'atténuation.

- Les besoins en investissements conséquents, comme pour le déploiement de la BECSC à forte intensité capitaliste et les usines de production de biochar, produisent des effets plus importants sur la création d'emplois et la contribution au PIB. Bien qu'il soit nettement inférieur à celui de l'Argentine, le coût de réduction via la BECSC est le plus élevé pour l'EDC en Colombie, où il est évalué à près de 70 dollars US / tonne de CO<sub>2</sub>e.

### **Contribution à la réalisation des ODD**

L'examen des lacunes en matière de connaissances, de planification et de mise en œuvre et les estimations des impacts ont été entrepris dans l'objectif final d'évaluer les approches d'EDC à l'aune des ODD.

L'ensemble des recherches sur l'efficacité et les possibles conséquences de certaines approches d'EDC est un domaine nouveau et, bien souvent, exploratoire. Les conséquences plus larges des technologies d'EDC pour la réalisation des objectifs de développement durable ne sont pas suffisamment comprises, en particulier dans les pays d'Amérique latine et des Caraïbes. Cependant, de premiers efforts ont été déployés pour élucider l'impact des approches d'EDC sur les ODD dans certains pays de l'ALC. Les possibles conséquences identifiées pour les ODD sont susceptibles de varier fortement en fonction de l'échelle d'intervention présumée, ainsi que de l'hypothèse principale envisagée en termes de scénarios et de contextes de son déploiement.

Il convient de noter que, bien que ce rapport s'efforce de présenter une vision équilibrée, impartiale et fondée sur des données probantes des possibles conséquences, des lacunes importantes en matière de connaissances signifient que même si une recherche complète est entreprise pour chaque technologie, il est possible, dans certains cas, que ces conséquences ne soient pas évaluées avec la plus grande précision.

Les technologies évaluées dans la région de l'ALC n'ont pas été testées à grande échelle et sont nettement plus coûteuses que les efforts déployés actuellement pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Toutefois, des effets positifs sur la réalisation des ODD non liés au climat, au-delà de l'action climatique, sont également probables. Pour obtenir des résultats bénéfiques et éviter les dommages sociaux et environnementaux, il faut approfondir la recherche et réaliser des évaluations d'impact spécifiques aux politiques qui tiennent compte des conditions locales.

La mise en œuvre d'approches d'EDC à grande échelle évaluées dans cette étude devrait avoir des effets secondaires physiques et des conséquences socio-économiques ou politiques qui pourraient finir par affecter la réalisation des ODD. Les effets secondaires physiques sont

notamment liés à/aux : autres utilisations des terres et la sécurité alimentaire ; la qualité et la disponibilité de l'eau ; la santé ; l'énergie ; la productivité économique ; les besoins en infrastructures, ainsi que la biodiversité. Parmi les conséquences socio-économiques ou politiques, citons : les impacts économiques et culturels ; les coûts d'opportunités ; les besoins financiers importants ; la cohérence politique entre les différents secteurs. Selon l'évaluation réalisée tout au long de l'étude, on s'attend à ce que, dans les pays d'Amérique latine et des Caraïbes, le déploiement à grande échelle des approches d'EDC affecte la réalisation des ODD de la manière suivante :

Figure 2 : Possibles impacts sur les ODD dans les pays de l'ALC\*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>Boisement</b>																	
Positif direct																	
Positif indirect																	
Négatif direct																	
Négatif indirect																	
<b>BECS</b>																	
Positif direct																	
Positif indirect																	
Négatif direct																	
Négatif indirect																	
<b>Amélioration des sols</b>																	
Positif direct																	
Positif indirect																	
Négatif direct																	
Négatif indirect																	

Source : élaboration propre

\* Cette analyse des possibles impacts du déploiement de l'EDC sur les ODD est applicable aux pays de l'ALC d'une façon générale et ne fait pas de distinction entre les pays



L'évaluation ci-dessus des impacts du déploiement à grande échelle des technologies d'EDC dans les pays de l'ALC sur la réalisation des ODD est basée sur les impacts positifs et négatifs, les contraintes et les risques dont s'accompagne chaque approche d'EDC. Par conséquent, une évaluation de la compatibilité des approches d'EDC avec les ODD est d'autant plus nécessaire qu'elle doit encore être réalisée dans la région. Le déploiement du boisement et du reboisement dans les pays d'Amérique latine et des Caraïbes est principalement dû à des technologies / pratiques éprouvées et connues :

**Figure 7: Boisement et reboisement – Contraintes, impacts et risques potentiels des approches d'EDC dans les pays de l'ALC**

Limites	Impacts positifs	Impacts Négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concurrence pour l'utilisation des terres à d'autres fins               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surfaces des cultures pour la production alimentaire</li> </ul> </li> <li>• Besoins en eau et en nutriments</li> <li>• Manque de financement pour les investissements à long terme</li> <li>• Développement de la chaîne de valeur en aval: production de bois et industries de la pâte et du papier (activités demandant de forts coûts d'investissement)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les femmes sont essentielles pour garantir la durabilité des forêts et de la foresterie</li> <li>• Possible création d'emplois directs et indirects dans la production du bois et dans l'industrie de la pâte et du papier</li> <li>• Possible développement des industries liées au bois: construction et ameublement</li> <li>• Énergie propre et accessible basée sur les résidus de foresterie</li> <li>• Réduction des niveaux de pauvreté (création d'emplois, développement économique, santé, énergie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacts sur l'approvisionnement en eau et le régime foncier</li> <li>• Biodiversité (en fonction des espèces à planter)</li> <li>• Émissions d'oxyde nitreux par les engrais azotés</li> <li>• Changements dans l'évapotranspiration, l'albédo et la couverture des nuages</li> <li>• Pénuries d'eau</li> </ul>

Source: élaboration propre; VividEconomics, 2020

Le déploiement de la BECSC dans la région ALC permet de fournir une énergie propre, mais les connaissances sur la phase de CSC sont encore insuffisantes :

**Figure 8: BECSC - Contraintes, impacts et risques potentiels des approches d'EDC dans les pays de l'ALC**

Limites	Impacts positifs	Impacts Négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>Disponibilité / concurrence des terres</li> <li>Disponibilités des matières premières pour la biomasse</li> <li>Disponibilité du stockage du CO2 (faisabilité technique) et investissement en infrastructure de stockage du CO2 (faisabilité économique)</li> <li>Infrastructure de transport du CO2</li> <li>Faibles connaissances et faible développement de la phase CSC (et par conséquent des défis technologiques connexes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Approvisionnement en énergie propre qui augmente l'autonomie et la sécurité de l'approvisionnement énergétique</li> <li>Création d'emploi directs et permanents (exploitation)</li> <li>Création d'emplois (construction des usines) et d'emplois indirects</li> <li>Amélioration de la santé grâce à l'énergie propre et aux exigences en matière de foresterie</li> <li>Savoir-faire et capacités techniques</li> <li>Développement des industries connexes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chaîne logistique et émissions dues aux changements d'affectation des terres</li> <li>Pénuries d'eau</li> <li>Épuisement des sols</li> <li>Pollution provoquée par les engrais</li> <li>Risque de fuites de CO2 pendant le transport et/ou le stockage</li> <li>Impacts sur l'approvisionnement alimentaire et le régime foncier</li> <li>Perte du piégeage du carbone des forêts exploitées (biomasse de bois)</li> <li>Impacts sur la courbe des coûts de la production d'électricité du pays</li> </ul>

Source : élaboration propre; VividEconomics, 2020

Le déploiement du biochar dans la région ALC augmente les rendements, mais son développement s'accompagne de défis technologiques :

**Figure 9: Amélioration des sols grâce au déploiement du biochar - Contraintes, impacts et risques potentiels des approches d'EDC dans les pays de l'ALC**

Limites	Impacts positifs	Impacts Négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>Disponibilité de la biomasse pour la production de biochar <ul style="list-style-type: none"> <li>Concurrence avec les autres utilisations</li> </ul> </li> <li>Restrictions logistiques: distance vis-à-vis des matières premières (biomasse) face à la distance des plantations où elle sera appliquée</li> <li>Défis technologiques pour le développement, la construction et l'exploitation des usines de biochar</li> <li>Manque d'options de financement à long terme pour les usines de biochar (à forte intensité capitalistique)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Amélioration des propriétés du sol et augmentation des rendements (approvisionnement alimentaire)</li> <li>Savoir-faire technologique (développement, construction et exploitation)</li> <li>Piégeage de carbone à long terme</li> <li>Moindres émissions de N2O et CH4</li> <li>Plus grands équilibre hydrique dans les sols</li> <li>Potentiel sur d'autres cultures</li> <li>Pyrolyse de biochar pour la production d'énergie</li> <li>Autres produits dérivés précieux: arômes du bois et adhésifs</li> <li>Emplois directs et permanents (construction, application)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coûts logistiques et environnementaux du transport des matières premières et du biochar</li> <li>Albédo plus faible et forçage radiatif</li> </ul>

Source : élaboration propre; VividEconomics, 2020

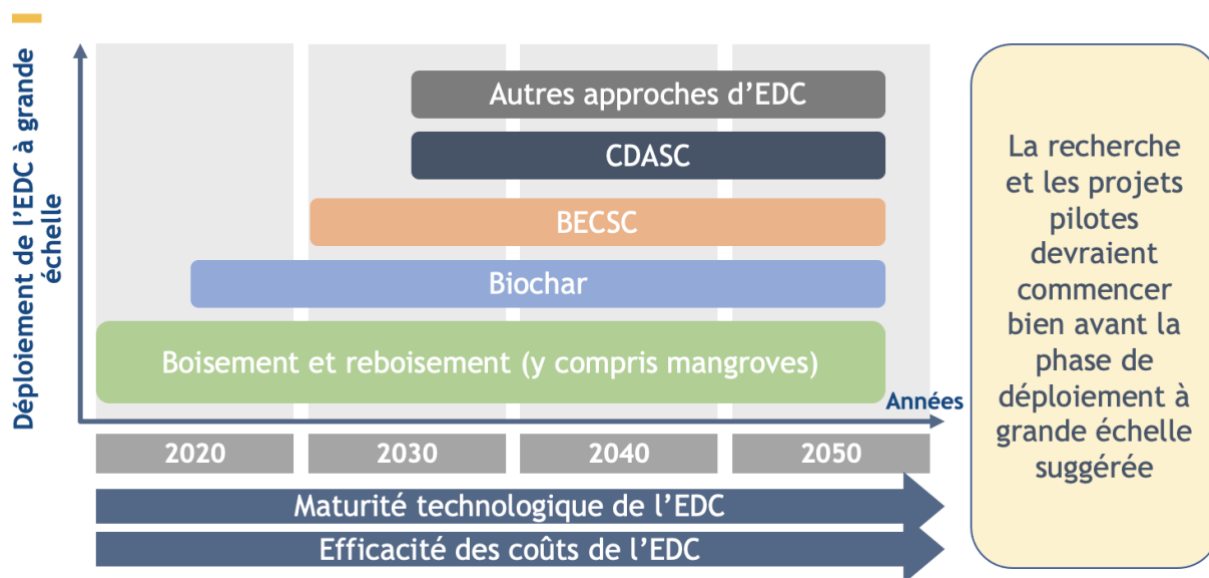
## B. Recommandations

Les recommandations ci-dessous visent à faciliter une prise de décision plus éclairée sur le déploiement potentiel d'approches d'EDC applicables à grande échelle dans les pays d'Amérique latine et des Caraïbes.

- **Compte tenu des complexités et des incertitudes qui demeurent** quant à certaines des approches d'EDC analysées, **il faut progresser au moins dans :**
  - l'élaboration de modèles d'évaluation intégrée au niveau national et sectoriel
  - l'analyse coûts-avantages
  - l'analyse des risques
  - l'approfondissement de la recherche scientifique et technique en cours
  - de nombreux projets pilotes
- Les pays de la région ALC pourraient être confrontés à un manque continu de financement (accentué par les pandémies). La décision sur le développement potentiel de l'EDC **demanderait des informations précises sur les coûts de réduction, ainsi qu'un examen et une évaluation minutieux des risques liés à la mise en œuvre.**
- L'évaluation générale de la **faisabilité technique et économique des approches d'EDC** devrait s'inscrire dans le cadre fourni par les **stratégies à long terme définies par les pays de l'ALC, y compris dans la prochaine génération de CDN.**
- **Il faudrait des plateformes et des programmes de travail collaboratifs et une exigence commune de financement international plus conséquent du climat** visant à répondre au besoin en ressources supplémentaires.
- La possible **fusion de flux financiers solides dans le contexte de l'Article 6** est susceptible de contribuer à financer les transitions à long terme requises dans les pays de la région ALC.
- **Il est nécessaire de mener des recherches plus transdisciplinaires et plus diversifiées au niveau géographique** sur les liens entre le déploiement de l'EDC à grande échelle et la réalisation des objectifs de développement durable, ce qui pourrait inclure l'élaboration de principes ou d'indicateurs d'évaluation communs.
- **Des évaluations intégrées de l'impact des politiques sont nécessaires** pour comprendre l'élaboration des politiques possibles afin de mobiliser l'EDC et de savoir les conséquences que cela aurait sur la réalisation des ODD.
- **Le boisement et le reboisement offrent le plus grand potentiel d'élimination du dioxyde de carbone et le coût de réduction le plus bas actuellement dans certains pays de la région ALC.** Ils devraient donc être prioritaires dans le déploiement de l'EDC à grande échelle, à court et à moyen terme.
- **La restauration de la mangrove renferme également un grand potentiel de piégeage de carbone qui pourrait se matérialiser à court et moyen terme** dans plusieurs pays : Brésil, Colombie, Venezuela, Équateur, Suriname, Guyana, Guyane française et Pérou.

- ▷ **L'Argentine et la Colombie** sont des pays où les terres sont utilisées de manière intensive pour l'agriculture et où des activités adéquates sont menées dans ce domaine; **une évaluation plus approfondie pourrait permettre d'améliorer les connaissances sur la façon dont les options d'EDC renforcent les synergies avec les efforts déployés actuellement pour atténuer les changements climatiques et améliorer les pratiques agricoles durables.**
- ▷ Bien qu'il s'agisse d'un domaine de recherche naissant dans les pays de l'ALC, **l'amélioration de la teneur en carbone des sols et les technologies qui intègrent l'utilisation du biochar pour améliorer les sols, ainsi que l'altération accélérée, pourraient être dignes d'analyses plus approfondies et spécifiques au site et à l'activité** afin de quantifier leurs possibles impacts et risques à l'échelle des terrains.
- ▷ Il existe une bonne base de recherche et d'initiatives / projets sur l'aspect « bioénergie » de l'équation BECSC, mais il n'y a pas de recherche intégrale sur la BECSC en tant que telle. On observe une augmentation naissante mais rapide de la capacité installée des centrales électriques utilisant de la biomasse et du biogaz et des usines de production de biocarburants. Toutefois, l'accent est principalement mis sur la bioénergie.
- ▷ **Les biocarburants appliqués à la production d'électricité dans des zones qui ne sont pas connectées au réseau (production décentralisée) pourraient renfermer du potentiel pour le développement de la BECSC dans les pays de l'ALC**, bien que les connaissances adéquates, l'engagement des acteurs concernés et les efforts de mise en œuvre - identifiés à ce stade - soient rares.
- ▷ Les efforts mis en œuvre sur les options de déploiement de l'EDC à grande échelle à court, moyen et long terme devraient être avoir la priorité en fonction de la maturité et de l'efficacité des coûts.
- ▷ Les projets pilotes de recherche et de démonstration (par exemple le CDASC, la BECSC et d'autres approches d'EDC) devraient commencer bien avant la phase de déploiement à grande échelle suggérée, afin de réaliser le développement technologique et la réduction des coûts. À court terme, la démonstration à grande échelle de ces approches d'EDC demandera un soutien gouvernemental ciblé.
- ▷ Les gouvernements des pays de l'ALC pourraient jouer un rôle actif dans l'élaboration et l'orientation de la recherche, du développement et du déploiement du CDASC, de la BECSC et d'autres approches d'EDC, aux échelles nationales, régionales et internationales.

Figure 10: Mise en œuvre graduelle suggérée pour le déploiement à grande échelle de l’EDC dans les pays de l’ALC



Source : élaboration propre

## Annexe : domaines recommandés pour des recherches approfondies

Nous suggérons de mener des recherches supplémentaires sur les conséquences particulièrement incertaines de la mise en œuvre des six approches d'EDC (évaluées dans la section sur les lacunes en matière de recherche, de planification et de mise en œuvre) dans les pays d'Amérique latine et des Caraïbes :

### ▷ Boisement et reboisement

- Mise à jour de l'inventaire forestier par province / département et par espèce, le cas échéant
- Analyse des possibles impacts sur la biodiversité découlant d'un déploiement accru du boisement et de la restauration
- Analyse des possibles impacts sur le changement d'affectation des terres découlant d'un déploiement accru du boisement et de la restauration
- Analyse des besoins en eau découlant d'un déploiement accru du boisement et de la restauration
- Plan de développement de l'industrialisation du bois à long terme pour la possible production de valeur découlant d'un déploiement accru du boisement et de la restauration
- Stratégies et politiques d'innovation et de transfert de technologies dans le domaine des bioraffineries et des nanotechnologies.
- Promotion de la construction en bois et de son impact sur le secteur de la construction traditionnelle
- Intégration sur le plan international des PME liées à la chaîne de valeur du bois et de l'ameublement
- Analyse plus approfondie des technologies bioénergétiques pour la production d'électricité à partir des déchets solides municipaux (DSM), des effluents industriels et agricoles, tels que les résidus de volaille et de bétail
- Égalité des sexes dans les emplois de la chaîne forestière
- Programme de financement à long terme des projets de boisement / restauration
- Quantification de l'efficacité des incitations et des exonérations fiscales pour leur développement

### ▷ BECSC

- Analyse et priorisation des possibles emplacements pour les nouvelles usines de BECSC
- Sélection et analyse des technologies et des processus adéquats pour les usines de BECSC
- Détermination de l'échelle optimale pour les usines de BECSC
- Analyse plus approfondie des externalités des projets de bioénergie menés avec de la biomasse sèche et du biogaz
- Analyse de l'impact possible du déploiement à grande échelle de la BECSC sur les changements d'affectation des sols
- Analyse de l'impact possible du déploiement à grande échelle de la BECSC sur la biodiversité
- Analyse de l'impact à long terme sur les prix de l'électricité découlant des changements dans la matrice de production d'électricité, dans les scénarios de déploiement à grande échelle de la BECSC
- Plans et programmes de maintien des emplois face à l'externalisation des centrales thermiques et des centrales au charbon
- Étude d'évaluation des risques et plan d'atténuation des risques dans le cadre du déploiement à grande échelle de la BECSC (en observant particulièrement les phases de transport et de stockage du CO2 capturé)



- Analyse des matériaux et des technologies qui permettent d'éviter les fuites de CO<sub>2</sub>
- Programmes de financement à long terme des projets de BECSC
- Quantification de l'efficacité des incitations et des exonérations fiscales pour son développement
- Stratégies innovantes pour les processus d'appels d'offres voués à l'attribution de projets de BECSC

### ▷ Biochar

- Analyse et priorisation des possibles emplacements pour les usines de biochar
- Sélection et analyse des technologies et des processus adéquats pour la production de biochar
- Détermination de l'échelle optimale pour les usines de biochar et analyse de leur modularisation
- Analyse et priorisation des zones potentielles pour l'application du biochar par culture et par région (ceci incluant les cultures intensives et extensives)
- Détermination de la dose et de la composition optimales des pellets de biochar pour chaque type de culture et chaque région où il doit être appliqué
- Analyse des exigences logistiques et des coûts logistiques du déploiement du biochar
- Analyse de la production potentielle d'électricité générée par des usines de biochar (à partir du processus de pyrolyse exothermique) et des micro-réseaux industriels
- Procédures de sécurité pour la production et la manipulation du biochar
- Procédures pour l'application correcte du biochar sur le sol
- Analyse de l'impact sur l'emploi et les communautés locales découlant de l'application du biochar sur les plantations
- Analyse de l'impact de l'application du biochar sur le rendement des cultures, par culture principale et par région
- Analyse de l'impact de l'application de biochar sur les nutriments du sol, le pH et d'autres propriétés importantes du sol, par culture principale et par région
- Analyse d'autres utilisations possibles du biochar en dehors de l'agriculture (par exemple, dépollution des effluents, dépollution des sols contaminés, etc.)
- Programmes de financement à long terme des projets de biochar
- Quantification de l'efficacité des incitations et des exonérations fiscales pour son développement

### ▷ Altération accélérée sur les terres

- Analyse et priorisation des zones possibles pour l'application de l'altération accélérée (sur les terres) par culture et par région (incluant à la fois les cultures intensives et extensives)
- Analyse de la disponibilité des minéraux silicatés pour le déploiement de l'altération accélérée
- Analyse des processus et des technologies d'extraction, de broyage et de dissémination des roches à grande échelle
- Détermination des doses, de la composition et de la taille optimales des grains de poudre de minéraux silicatés pour chaque type de culture et chaque région où ils doivent être appliqués
- Analyse des exigences logistiques et des coûts logistiques du déploiement des minéraux silicatés
- Procédures d'application correcte des minéraux silicatés sur les sols
- Analyse de l'impact sur l'emploi et les communautés locales découlant de l'amélioration accélérée sur les plantations
- Analyse de l'impact de l'altération accélérée sur le rendement des cultures, par culture principale et par région
- Analyse de l'impact de l'altération accélérée sur les nutriments du sol, le pH et d'autres propriétés importantes du sol, par culture principale et par région

- Analyse de l'impact sur la compensation des engrais
- Programmes de financement à long terme des projets d'altération accélérée
- Quantification de l'efficacité des incitations et des exonérations fiscales pour son développement

### ▷ CDASC

- Sélection, analyse et priorisation des processus et des technologies pour les installations de CDASC
- Détermination de l'échelle optimale des usines de CDASC et faisabilité de leur modularisation
- Analyse de la faisabilité technico-économique des usines de CDASC adaptées aux conditions locales du pays
- Analyse des besoins, de la disponibilité et de la chaîne logistique des matériaux essentiels (comme les sorbants) pour le déploiement à grande échelle du CDASC
- Recherche technique sur la composition et les propriétés optimales des sorbants
- Analyse des besoins et de la disponibilité de l'énergie (électricité) pour un déploiement à grande échelle du CDASC
- Analyse et priorisation des emplacements possibles pour les usines de CDASC
- Étude d'évaluation des risques et plan d'atténuation des risques dans le cadre du déploiement à grande échelle du CDASC (en observant particulièrement les phases de transport et de stockage du CO<sub>2</sub> capturé)
- Analyse des matériaux et des technologies qui permettent d'éviter les fuites de CO<sub>2</sub>
- Programmes de financement à long terme des projets de CDASC
- Quantification de l'efficacité des incitations et des exonérations fiscales pour son développement

### ▷ Fertilisation des océans

- Analyse et priorisation des zones possibles pour la fertilisation des océans
- Recherche technique sur la composition et les propriétés optimales des minéraux silicatés
- Évaluation des impacts de l'augmentation de l'activité de la chaîne de valeur de l'industrie minière
- Détermination de la dose optimale de minéraux silicatés par km<sup>2</sup>
- Analyse des exigences logistiques et des coûts logistiques pour la fertilisation des océans
- Analyse et sélection des techniques optimales pour la fertilisation des océans
- Quantification du piégeage du carbone adapté aux conditions locales / zones océaniques choisies découlant du déploiement à grande échelle de la fertilisation des océans
- Évaluation de l'impact sur l'écosystème marin et plan d'atténuation des risques (par exemple, effets secondaires biogéochimiques possibles; effets sur les écosystèmes du plancher océanique)
- Programme de surveillance de toute activité de fertilisation à grande échelle
- Programmes de financement à long terme des projets de fertilisation des océans
- Quantification de l'efficacité des incitations et des exonérations fiscales pour son développement

### ▷ Alcalinisation des océans

- Programmes de financement à long terme des projets d'alcalinisation des océans
- Analyse et priorisation des zones possibles pour l'alcalinisation des océans
- Recherche technique sur la composition et les propriétés optimales des substances alcalines
- Évaluation des impacts de l'augmentation de l'activité de la chaîne de valeur de l'industrie minière
- Détermination de la dose optimale de substances alcalines par km<sup>2</sup>
- Analyse des exigences logistiques et des coûts logistiques pour l'alcalinisation des océans

- Analyse et sélection des techniques optimales pour augmenter l'alcalinité à l'océan (par exemple, répartition de substances alcalines finement broyées en surface de la pleine mer, dépôt de sable ou de gravier alcalin sur les plages ou les fonds marins côtiers, et réaction de l'eau de mer avec des minéraux alcalins à l'intérieur de piles à combustible spécialisées avant de la rejeter dans l'océan ; entre autres)
- Quantification du piégeage du carbone adapté aux conditions locales / zones océaniques choisies découlant du déploiement à grande échelle de l'alcalinisation des océans
- Examen de la faisabilité de la coproduction d'hydrogène
- Programme de surveillance de toute activité d'alcalinisation à grande échelle
- Évaluation de l'impact sur l'écosystème marin et plan d'atténuation des risques (par exemple, effets secondaires biogéochimiques possibles ; effets sur les écosystèmes du plancher océanique; pH à la surface; métaux lourds)
- Programmes de financement à long terme des projets d'alcalinisation des océans
- Quantification de l'efficacité des incitations et des exonérations fiscales pour son développement