

Ensemble pour le climat et les générations futures

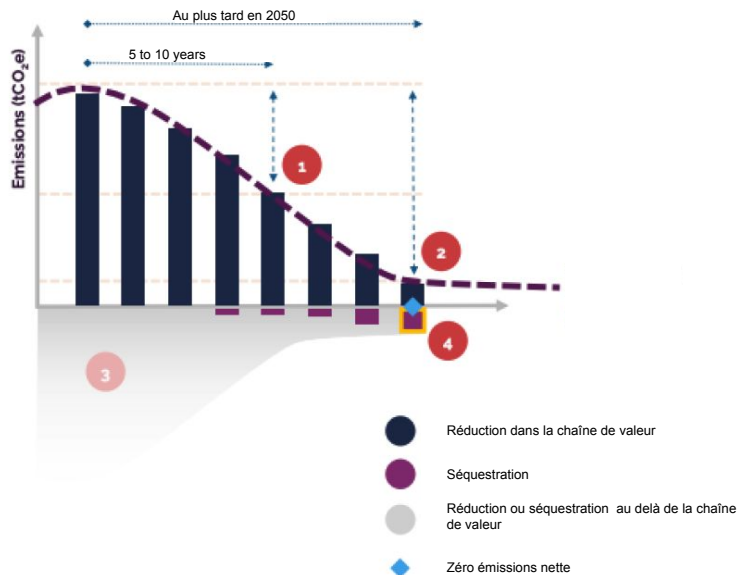
Méthodes de séquestration du carbone

Notre position et nos conseils sur la séquestration du carbone dans
le marché volontaire du carbone

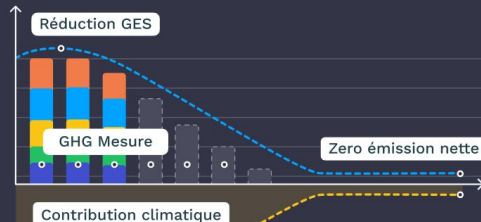
5.09.2023



L'importance de la séquestration du carbone



Trajectoire vers la neutralité carbone



CCU & CCS

Captage et valorisation du dioxyde de carbone (Carbon Capture & Utilisation)

L'objectif principal de la **CCU** n'est pas seulement d'éliminer le **CO₂** de l'atmosphère, mais aussi de trouver des utilisations **innovantes** et **pratiques du carbone en tant que matière première**.

La **CCU** peut prendre plusieurs formes, notamment la **production de produits chimiques**, de **biocarburants**, de **plastiques** ou de matériaux de **construction** à partir des émissions de **CO₂**.



Captage et stockage du dioxyde de carbone (Carbon Capture & Storage)

Les **technologies CCS** capturent les émissions de **CO₂** provenant de **processus industriels**, de centrales électriques ou d'autres sources et les **stockent sous terre** dans des formations géologiques afin **d'empêcher leur rejet dans l'atmosphère**.

Le **CCS** vise à **stocker de manière permanente** le **CO₂** capturé et à contribuer à la création d'émissions nettes négatives de gaz à effet de serre.



Méthodes de séquestration du carbone

Afforestation/Reforestation

Agriculture

Mangroves

Culture d'algues et d'herbes marines

CO₂



Solutions fondées sur la nature

Biochar

Altération forcée

Matériaux carbonatés

Biomasse ligneuse

CO₂



Solutions hybrides

Captage du dioxyde de carbone dans l'air (DACCS)

Bioénergie avec captage et stockage de dioxyde de carbone (BECCS)

CO₂



Solutions de géo-ingénierie

Solutions Fondées sur la Nature

Nature-Based Solutions (NBS)

Les **Solutions Fondées sur la Nature** (NbS) tirent parti de la capacité naturelle des **écosystèmes** - tels que les **forêts**, les **zones humides**, les **prairies** et autres **habitats naturels** - à absorber et à retenir le **CO₂** de l'atmosphère au fil du temps, contribuant ainsi à la fois à l'élimination du dioxyde de carbone et à la restauration de l'écosystème.

Ces solutions comprennent des projets tels que l'afforestation, la reforestation, la restauration des zones humides et les pratiques de gestion durable des terres. Ces projets favorisent la biodiversité, sont orientés vers la **communauté** et visent à améliorer la séquestration du carbone et à accroître les **bénéfices écologiques**.

- > Faible investissement en capital
- > Grands volumes
- > Co-bénéfices élevés
- > Fourchette de prix 15€–50€
- > Crédits *ex-post* et *ex-ante*
- > Risque plus élevé d'inversion



Afforestation/Reforestation



Agriculture



Mangroves



Culture d'algues et d'herbes marines

Solutions hybrides

Les **solutions hybrides** représentent une approche **innovante** qui intègre à la fois des **Solutions Fondées sur la Nature** et des **solutions de géo-ingénierie** pour maximiser l'élimination du CO₂ de l'atmosphère. Ces projets reconnaissent la nature **complémentaire** des interventions **naturelles** et **technologiques**. L'objectif des projets d'élimination hybride est de **maximiser l'efficacité de l'élimination du carbone** et les **avantages pour l'environnement** grâce à une approche **synergique**.

- > Investissement en capital moyen à élevé
- > Petits volumes
- > Faibles co-bénéfices
- > Fourchette de prix de 100€ à 600€
- > *Crédits ex-ante*
- > Faible risque d'inversion



Biochar



Altération des roches







Matériaux carbonatés



Biomasse ligneuse



Les solutions hybrides en bref

 Biochar	 Altération forcée	 Enfouissement de la biomasse ligneuse	 Éléments de construction carbonatés
<p>Permanence : +100 ans Fourchette de prix : 70€–170€</p>	<p>Permanence: +1000 ans Fourchette de prix: 200€–500€</p>	<p>Permanence: +100 ans Fourchette de prix : À déterminer</p>	<p>Permanence: +1000 ans Fourchette de prix : À déterminer</p>
<p>Forme solide et très stable de carbone qui peut subsister dans le sol pendant des centaines d'années. Il est produit à partir de la biomasse par pyrolyse (chauffage en l'absence d'oxygène) et peut être utilisé à des fins agricoles et industrielles, notamment pour améliorer la qualité des sols ou éliminer les polluants des eaux usées.</p>	<p>L'altération naturelle des roches est un processus géologique qui élimine environ 1,1 Gt de CO₂ de l'atmosphère par an. En s'altérant, les roches silicatées capturent le carbone de l'atmosphère de manière permanente, mais à un rythme extrêmement lent, sur des dizaines de milliers d'années. L'altération accélérée des roches est un processus qui accélère le processus naturel d'élimination du carbone.</p>	<p>La biomasse enfouie ou recouverte peut être préservée au fil du temps pendant des milliers d'années, comme le montrent de nombreux exemples naturels. Cette méthode d'ingénierie offre une solution d'élimination du carbone à grande échelle, abordable et totalement complémentaire. Elle couvre les activités qui empêchent la décomposition de la biomasse ligneuse enfouie et qui peuvent être maintenues pendant au moins 100 ans.</p>	<p>Éléments de construction en béton fabriqué à partir de scories d'acier (déchets de l'industrie sidérurgique) au lieu du ciment traditionnel. (déchets de l'industrie sidérurgique) au lieu du ciment traditionnel. Béton négatif en CO₂ qui élimine plus de CO₂ que sa production n'en émet.</p>

Biochar

Le **biochar** est obtenu en **chauffant la biomasse** (bois, feuilles, paille ou autres biosolides) à des **températures élevées sans oxygène**. Ce processus, connu sous le nom de **pyrolyse**, concentre le carbone sous une forme très résistante à la **décomposition biologique**.

Le biochar peut être utilisé à des **fins agricoles et industrielles**, notamment pour **améliorer** la qualité des sols ou **éliminer les polluants** des eaux usées. Le biochar est un outil puissant pour éliminer le dioxyde de carbone de l'atmosphère et présente de nombreux **avantages sociaux et environnementaux**.



AVANTAGES DU BIOCHAR

Améliore la productivité agricole en aidant les sols à retenir l'eau et les nutriments et en restaurant les sols dégradés.

Peut être utilisé pour l'assainissement des sites contaminés ou comme sorbant pour le traitement de l'eau.

Génère de l'énergie renouvelable à partir du processus de pyrolyse

Évite la pollution de l'air causée par la combustion de la biomasse et détourne les déchets organiques de la mise en décharge

Altération forcée

Enhanced Rock Weathering (ERW)

L'**altération des roches** est un **processus naturel** qui élimine le carbone de l'atmosphère et qui prend généralement des milliers d'années. L'**altération forcée** (ERW) accélère le processus d'élimination du carbone en **répandant des roches silicatées écrasées** sur des **surfaces** telles que les terres agricoles.

Le CO₂ est éliminé, en l'enfermant pendant des milliers d'années, lorsque le **carbone contenu dans l'humidité du sol et l'eau de pluie réagit** avec la surface des **roches silicatées**.



AVANTAGES DE L'ALTÉRATION DES ROCHES

Augmente le rendement des cultures et la productivité agricole

Amendement des sols dégradés et réduction des besoins en engrais

Renforce la résistance des plantes contre les parasites et les maladies. Améliore la rétention de l'eau dans les cultures, ce qui peut accroître la résistance des cultures à la sécheresse



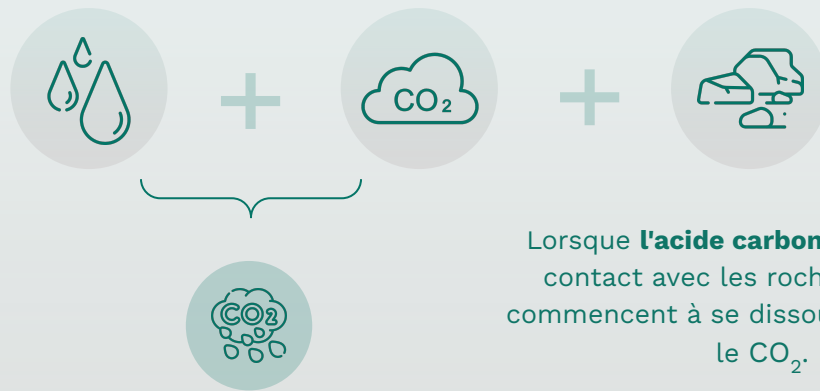
Altération des roches

Enhanced Rock Weathering (ERW)

Comment ça marche ?

L'ERW est une réaction chimique entre trois ingrédients principaux : les **roches**, **l'eau** et le **CO₂**.

Grâce à cette réaction chimique, les roches finement écrasées se dissolvent dans l'eau, liant ainsi le CO₂ et le stockant.



Lorsque l'eau et le CO₂ entrent en contact, de **l'acide carbonique** est produit.

Lorsque **l'acide carbonique** entre en contact avec les roches, celles-ci commencent à se dissoudre, liant ainsi le CO₂.

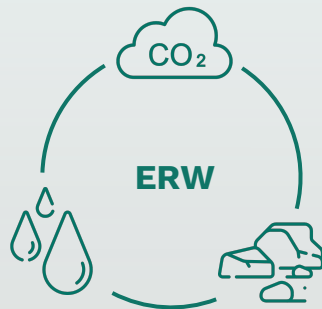
Altération des roches

Enhanced Rock Weathering (ERW)

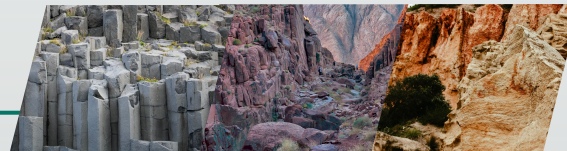
Comment ça marche ?



L'eau nécessaire provient des **précipitations naturelles** ou des **systèmes d'irrigation** généralement utilisés dans les **champs agricoles**. En raison de la forte concentration de CO_2 dans les sols et de l'étendue de la surface, il est logique de combiner les projets de ERW avec l'agriculture.



Le CO_2 est émis dans l'atmosphère par des **processus naturels** (volcanisme, feux de forêt naturels, décomposition de la biomasse, etc.) ou par des **activités anthropiques** (extraction et combustion de combustibles fossiles, exploitation minière, procédés industriels, etc.)



Pour la réaction **d'altération au CO_2** , les roches doivent contenir des minéraux facilement altérables tels que l'olivine, qui réagit rapidement à l'eau et au CO_2 , l'un des minéraux les plus efficaces. Le **basalte** est un type de roche volcanique abondamment présent et riche en **olivine**, ce qui en fait un bon premier choix pour le ERW.



Solutions de géo-ingénierie

Engineered Solutions (ES)

Les **solutions de géo-ingénierie (ES)** impliquent l'utilisation de technologies **d'origine humaine** et de **processus innovants** pour capturer et stocker les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Ces solutions sont plus axées sur l'atténuation directe des émissions que sur les écosystèmes naturels.

Les technologies de captage et de stockage du carbone (CSC), les systèmes de captage direct de l'air (CDA) et les technologies qui réduisent les émissions provenant des processus industriels ou de la production d'énergie sont autant d'exemples de solutions techniques.

- > Investissement en capital très élevé
- > Petits volumes
- > Faibles co-bénéfices
- > Fourchette de prix : 160€ - 1 600€
- > Crédits *ex-ante*
- > Faible risque d'inversion



Captage du dioxyde de carbone dans l'air (DACCS)



Bioénergie avec Captage et Stockage du Dioxyde de Carbone (BECCS)



Captage du Dioxyde de Carbone dans l'Air

Direct Air Capture and Storage (DACCS)

Le **carbone stocké géologiquement** implique la séquestration du carbone et le **géo stockage**, où le CO₂ est capturé dans l'atmosphère et **stocké de manière permanente** dans des **formations rocheuses géologiques profondes** où le CO₂ ne peut pas retourner dans l'atmosphère.

Le Captage du Dioxyde de Carbone dans l'air (DACCS) consiste à capturer directement le CO₂ de **l'air ambiant** et à le **stocker sous terre**. Il fait appel à des **solutions de géo-ingénierie** pour éliminer le carbone de l'atmosphère, généralement par le biais de processus chimiques ou physiques.



AVANTAGES DE LA DACCS

Le DACCS contribue à la qualité de l'air, car ils éliminent non seulement le CO₂, mais aussi d'autres polluants et particules de l'air.

Les projets DACCS peuvent créer des opportunités d'emploi dans le domaine de la R&D et du déploiement des technologies de capture du carbone, en encourageant l'innovation et en apportant des emplois et des avantages financiers.

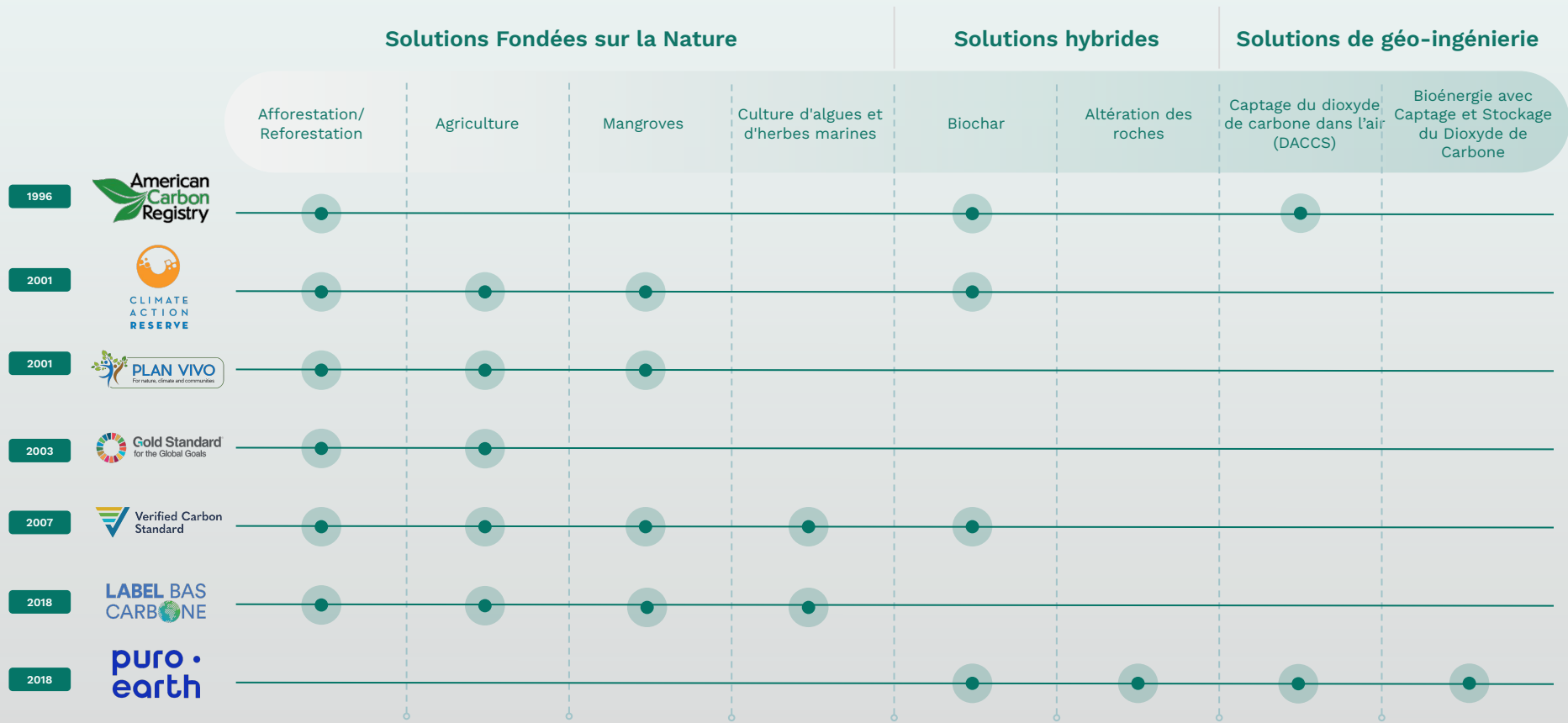
Le DACCS peut recycler le CO₂ en produits de valeur tels que les carburants synthétiques ou les matériaux de construction, réduisant ainsi le besoin d'extraction de combustibles fossiles et les incidences environnementales qui y sont liées.



Comment se comparent-ils ?

Facteurs	Solutions Fondées sur la Nature	Solutions hybrides	Solutions de géo-ingénierie
Investissement en capital	Faible		Élevé
Coûts d'exploitation et de maintenance	Faible		Élevé
Co-bénéfices	Haut		Bas
Volume	Grand		Petit
Risque d'inversion	Haut		Bas
Fourchette de prix	15€–50€	100€–600€	160€–1,600€
Type de marché	Ex-post & ex-ante	Ex-post & ex-ante	Ex-post & ex-ante





*Certaines méthodologies sont en développement



Clause de non-responsabilité

Ce document est émis par ClimateSeed - Société par actions simplifiée au capital de 1 650 000 euros - Siège social : 52 rue de la Victoire, 75009 Paris, France - Immatriculée sous le n° 842 272 072 RCS Paris - www.climateseed.com

Les informations contenues dans ce document sont strictement confidentielles et restent la propriété de ClimateSeed SAS. Elles ne peuvent être distribuées, publiées, reproduites ou divulguées par tout destinataire à toute autre personne, ni être citées ou référencées dans tout document, sans l'accord préalable de ClimateSeed SAS.

Ce document dans son ensemble ne constitue pas une offre contraignante et n'est destiné qu'à présenter les conditions générales et à servir de base à des discussions ultérieures.





**Luttons ensemble contre le
changement climatique**

www.climateseed.com

 **ClimateSeed**