



**cem+**  
**suisse**

Captage de carbone:  
vers un ciment  
climatiquement  
neutre

18t

# Contenu

---

|  |    |
|--|----|
| Le ciment, un élément central pour une société moderne               | 5  |
| D'où proviennent les émissions de CO <sub>2</sub> ?                  | 6  |
| Le plan de l'industrie du ciment suisse: Feuille de route 2050       | 7  |
| Captage et stockage du carbone (CSC)                                 | 10 |
| Captage et utilisation du carbone (CUC)                              | 12 |
| Mise en œuvre possible dans l'industrie du ciment d'ici 2030 et 2050 | 14 |
| Conclusion   | 18 |

## Un aperçu

Le ciment et le béton sont indispensables dans notre société développée. Le ciment est le composant qui confère au béton ses caractéristiques essentielles: solidité, durabilité et résistance. Le béton est, avec ses multiples usages, le matériau de construction incontournable de notre époque et le fondement de notre société. Quel que soit le domaine de la société moderne que l'on observe, le béton rend des services indispensables.

Un avenir sans ciment n'est donc pas concevable – en revanche, un avenir avec du ciment neutre en carbone est tout à fait réalisable. Des technologies telles que le captage et le stockage du carbone (CSC) et le captage et l'utilisation du carbone (CUC) jouent un

rôle majeur dans cet enjeu. Elles permettent non seulement de décarboner l'industrie du ciment, mais peuvent également contribuer à la sécurité énergétique. Cette publication montre comment les objectifs ambitieux zéro net peuvent être réalisés. Pour atteindre ses objectifs, l'industrie du ciment a besoin de l'aide des politiques et de la société. Le zéro net est possible, mais il faut pour cela des conditions-cadres que seul le monde politique peut fixer. Avant de relever les défis techniques, l'industrie du ciment a toutefois besoin de conditions générales compétitives à l'échelle internationale afin d'assurer la sécurité de planification nécessaire pour ces projets de longue haleine et coûteux.





# Le ciment, un élément central pour une société moderne

---

Le ciment confère au béton ses caractéristiques essentielles de solidité, de durabilité et de résistance. Le liant est constitué essentiellement de calcaire, d'argile ou de marne. En calcinant ces matériaux à une température élevée, on obtient du clinker. Cet avant-produit est une composante essentielle, voire la composante principale, du ciment. Lorsque l'on mélange le ciment avec de l'eau, une réaction chimique se produit. Celle-ci entraîne la solidification et le durcissement de la substance qui, mélangée à du sable et du gravier, permet d'obtenir du béton, sans doute le matériau de construction le plus important de notre époque. Ce matériau de construction se distingue particulièrement par ses multiples usages et qualités:

- **Le béton est durable**
- **Le béton est robuste**
- **Le béton résiste à la pression et à l'humidité**
- **Le béton crée des structures porteuses efficaces et flexibles**
- **Le béton ne brûle pas**
- **Le béton peut être complètement recyclé**

Nous ne saurions imaginer un avenir durable sans ciment ni béton. Tant la stratégie climatique de la Confédération pour atteindre l'objectif zéro net d'ici 2050 qu'un rapport sur l'approvisionnement en matières premières de la Suisse, paru en 2020, tablent sur une consommation stable du ciment à l'avenir. Car même dans un monde décarboné, nous aurons toujours besoin des matériaux de construction aux usages multiples que sont le ciment et le béton pour:

- **des infrastructures solides et durables (approvisionnement en eau, transport, etc.)**
- **un habitat à haute efficacité énergétique pour une population qui ne cesse de croître**
- **une densification de la construction pour préserver l'agriculture et les espaces naturels**
- **les infrastructures de transport ferroviaire et routier**
- **une production durable d'énergie (p. ex. la force hydraulique)**
- **une protection contre les dangers naturels**

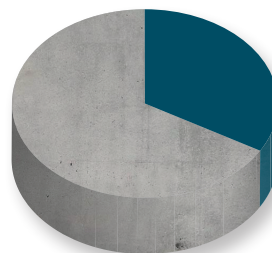
# D'où proviennent les émissions de CO<sub>2</sub>?

Le constituant le plus important du ciment est le clinker, lequel est, avec l'eau, responsable de la réaction du liant du béton. La production de clinker est très gourmande en énergie. Outre les émissions de CO<sub>2</sub> provenant des combustibles, elle est également à l'origine de la majeure partie des émissions de CO<sub>2</sub> de l'industrie du ciment – les émissions de CO<sub>2</sub> générées par les procédés lors de la calcination, c'est-à-dire la transformation du calcaire (CaCO<sub>3</sub>) en chaux vive (CaO). Le CO<sub>2</sub> du calcaire est ainsi libéré dans l'atmosphère, ce qui constitue des émissions appelées géogènes.

Ces émissions géogènes ne peuvent être réduites en augmentant l'efficacité du processus de combustion ou en utilisant des combustibles alternatifs ou biogènes. Elles sont directement liées à la production de clinker de ciment. Les émissions géogènes représentent environ deux tiers des émissions de CO<sub>2</sub> par tonne de ciment<sup>1</sup>.

1) ou par tonne de clinker, en supposant un facteur de clinker constant

## Origine des émissions

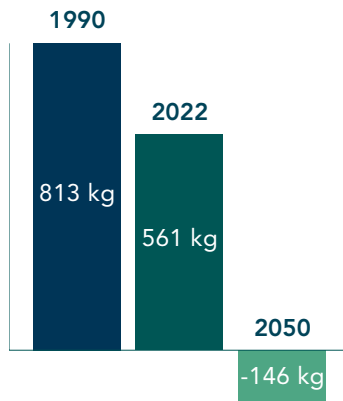


- Émissions géogènes ou émissions de procédé
- Autres émissions (p. ex. émissions dues aux combustibles, au transport et à l'électricité)



# Le plan de l'industrie du ciment suisse: Feuille de route 2050

## CO<sub>2</sub> par tonne de ciment



## Réalisations antérieures du secteur

L'industrie du ciment s'engage à respecter les objectifs de la Suisse en matière de protection du climat et à atteindre la neutralité carbone d'ici à 2050. La Suisse n'aurait pas atteint les objectifs de Kyoto sans les réductions de l'industrie du ciment. Pour ce qui est des objectifs nationaux actuels, l'industrie du ciment fait figure de bon élève: depuis 1990, les émissions totales de CO<sub>2</sub> ont été réduites d'environ 40%, et par tonne de ciment d'environ 30% (chiffres de 2022).

## Émissions 1990



● 4 164 160 t CO<sub>2</sub>

## Émissions 2022



● 2 410 065 t CO<sub>2</sub>

## Comment cela a-t-il été possible?

### Ciments à teneur réduite en clinker

La réduction de clinker dans le ciment, en particulier, représente un levier majeur de réduction des émissions, car elle permet de réduire les émissions de la fabrication de ciment dans son ensemble. En Suisse, on utilise d'ores et déjà presque exclusivement des ciments à teneur réduite en clinker.

### Combustibles alternatifs

En Suisse, on recourt de plus en plus à des matériaux alternatifs. L'industrie du ciment valorise de nombreuses fractions de déchets, tels que des pneus usagés, des solvants ou des boues d'épuration, soit en recyclant les matériaux, soit en utilisant leur énergie, le tout sans créer de résidus à mettre en décharge. Ainsi, la quantité de combustibles fossiles primaires utilisés a été considérablement réduite, ce qui a permis de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> de l'industrie. En Suisse, en 2021, l'industrie du ciment a déjà remplacé 69,7% de l'énergie combustible nécessaire par des combustibles alternatifs. Près de 20% des combustibles utilisés sont d'origine biogène et sont donc considérés comme neutres en carbone.

### Des processus plus efficaces

D'une manière générale, l'industrie du ciment suisse optimise ses processus depuis des décennies. Des installations techniques telles que des tours de préchauffage, des refroidisseurs de clinker plus efficaces et d'autres mesures d'optimisation des installations ont permis de réduire considérablement la consommation d'énergie des cimenteries au cours des 30 dernières années. Par ailleurs, l'énergie de freinage des bandes transporteuses ou la chaleur résiduelle sont systématiquement exploitées. Associées à des installations solaires de grande envergure, elles permettent de produire de l'électricité et d'alimenter plusieurs communes en chauffage urbain. Comme d'autres industries innovantes, l'industrie du ciment se numérise en permanence, ce qui permet également d'optimiser les processus.

## Les progrès à accomplir

Dans les décennies à venir, l'industrie du ciment suisse va continuer de s'engager avec efficacité pour atteindre son objectif de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. En mai 2021, elle a publié son plan «Feuille de route 2050. Objectif: ciment climatiquement neutre». Il conviendra, d'ici 2050, de renforcer les succès obtenus jusqu'à présent et d'exploiter au maximum les possibilités.

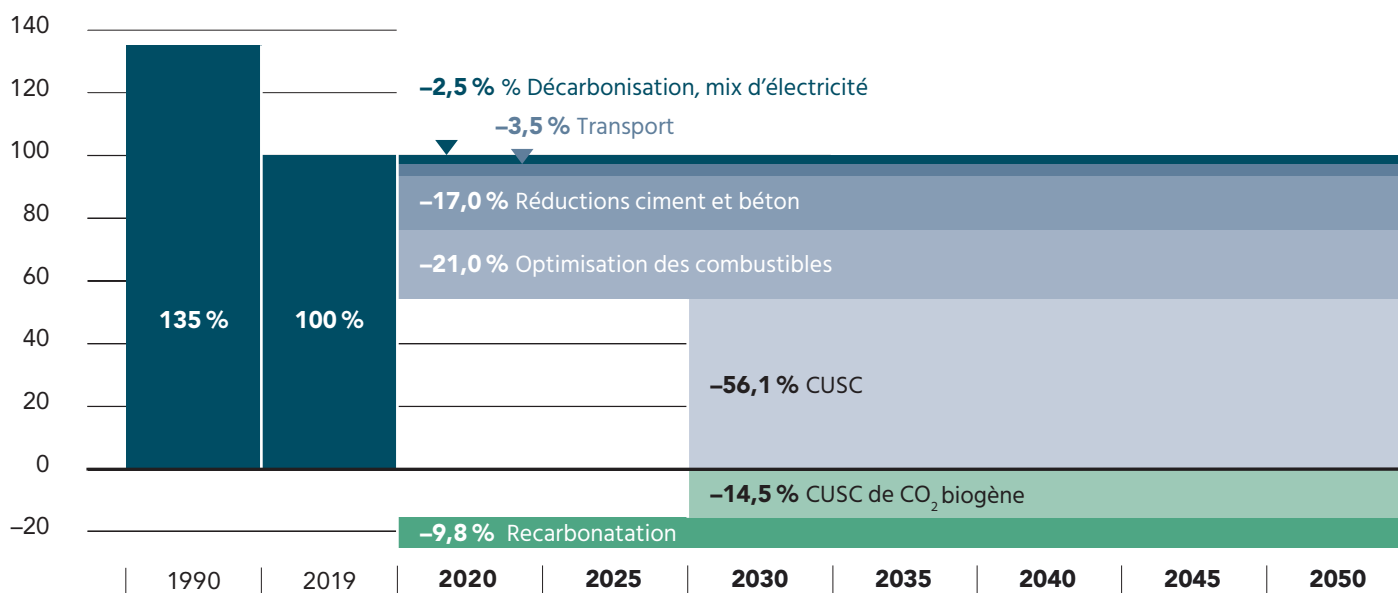
Les procédés conventionnels ne permettent malheureusement pas d'éviter la majeure partie des émissions, à savoir les émissions géogènes. Par conséquent, la réalisation de l'objectif zéro net dans la production de ciment passe inévitablement par l'utilisation des technologies de captage: le captage et le stockage du carbone (CSC) ou le captage et l'utilisation du carbone (CUC). Dans le cas du «captage du carbone», le CO<sub>2</sub> est séparé du flux de gaz de combustion au niveau de la haute cheminée au moyen de procédés techniques et peut ensuite être stocké ou valorisé. Comparé aux autres procédés qui filtrent le CO<sub>2</sub> dans l'air, le captage direct à une source ponctuelle importante (comme une cimenterie) est, en raison de la concentration élevée en CO<sub>2</sub>, moins exigeant sur le plan technique et moins gourmand en énergie.

Les combustibles biogènes, en particulier, vont prendre de l'importance à l'avenir. Au fil du temps, la biomasse a déjà absorbé le CO<sub>2</sub> de l'air. La valorisation thermique est donc neutre en carbone. En d'autres termes, les émissions de CO<sub>2</sub> libérées ont déjà été extraites de l'atmosphère lors des décennies passées. Le CO<sub>2</sub> issu de la valorisation

de ces combustibles est durablement éliminé de l'atmosphère grâce à un captage et à un piégeage ou à un stockage durables. L'industrie du ciment dispose ainsi d'un grand potentiel d'effet de puits.

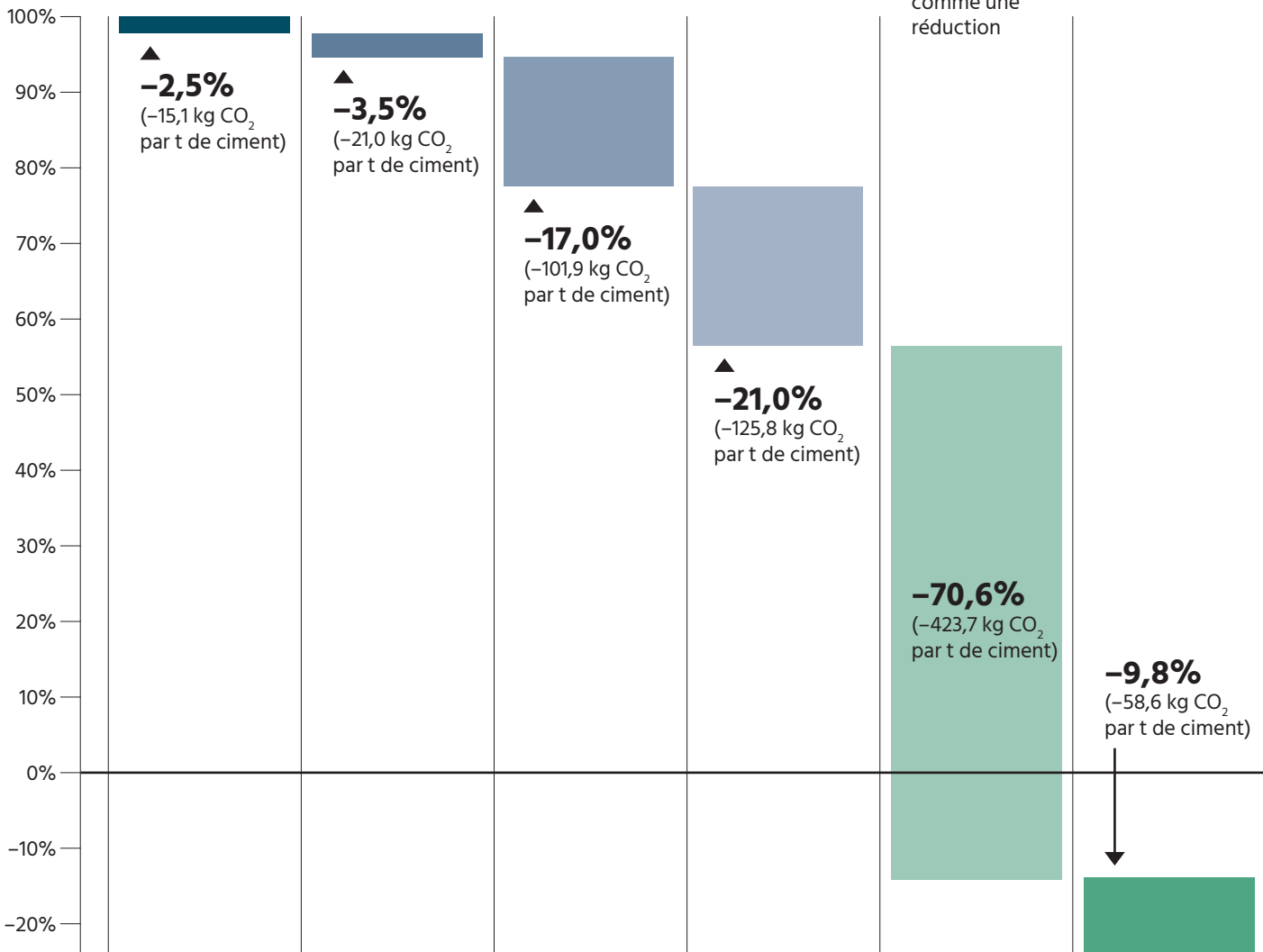
## Ciment climatiquement neutre

Réductions de CO<sub>2</sub>/t de ciment de 2019 à 2050





| Électricité   | Transport   | Nouveaux types de ciment et de béton  | Combustibles   | CSC/CUC   | Recarbonation   |
|---|---|---|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Décarbonation de l'électricité</li> <li>• Gain d'efficacité par rapport au procédé actuel</li> <li>• Électrification des autres processus</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Décarbonation du transport</li> <li>• Transfert de la route au rail</li> <li>• Changement au sein de la flotte de véhicules</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction du facteur de clinker</li> <li>• Matières premières désacidifiées</li> <li>• Nouvelles formulations de ciment et de béton</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplacement total des combustibles fossiles primaires par des combustibles alternatifs</li> <li>• Valorisation d'environ 60% de combustibles biogènes</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Captage de toutes les émissions de CO<sub>2</sub> à partir de la cheminée et réutilisation ou stockage durable</li> <li>• En cas de stockage à long terme ou d'utilisation permanente, ceci est considéré comme une réduction</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recarbonation naturelle de 20% des émissions géogènes</li> <li>• Effet de puits</li> </ul> |



**Réduction par tonne de ciment en 2050: jusqu'à 746 kg de CO<sub>2</sub> (par rapport à la production de ciment en 2019)**



Vous trouverez ici la feuille de route complète

# Captage et stockage du carbone (CSC)

Le CSC désigne le captage et le stockage permanent de CO<sub>2</sub>. L'utilisation de réservoirs géologiques, tels que les gisements de gaz et de pétrole épuisés, est une possibilité. Dans ce cas, le CO<sub>2</sub> liquide comprimé est introduit dans ces gisements, y est conservé et ne peut plus retourner dans l'atmosphère.

## Conditions requises

### Énergie

Le captage du CO<sub>2</sub> nécessite beaucoup d'énergie (électricité et énergie thermique)<sup>1</sup>. De l'énergie supplémentaire est également consommée pour le transport à l'état liquide et le stockage dans les gisements. Dans la mesure du possible, il doit s'agir d'une énergie renouvelable afin de pouvoir réduire au maximum les émissions.

### Logistique

Les quantités importantes de CO<sub>2</sub> capté doivent être transportées vers des sites de stockage adaptés en Suisse ou à l'étranger. Cela peut se faire par transport routier, maritime ou ferroviaire ou via des pipelines. Il n'existe à l'heure actuelle aucun réseau de pipelines pouvant être utilisé à de telles fins.

### Sites de stockage

Des réservoirs géologiques tels que des gisements de gaz et de pétrole épuisés sont disponibles<sup>2</sup> dans le monde entier. Des formations salines, également très nombreuses dans le monde, pourraient aussi représenter une solution de stockage intéressante. En Suisse, des études sont actuellement menées afin de déterminer les sites de stockage de CO<sub>2</sub> potentiels dans le pays. D'un point de vue géographique, les sites de stockage les plus appropriés se trouvent dans le bassin molassique du Plateau suisse.

## Que manque-t-il pour la mise en œuvre?

### Énergie

Pour une mise en œuvre, la Suisse devrait augmenter considérablement sa production d'énergie renouvelable, car sa consommation actuelle atteint déjà les limites de la quantité produite<sup>3</sup>.

### Logistique

Les transports par voie ferroviaire et maritime sont déjà possibles aujourd'hui, pour autant que les capacités nécessaires soient disponibles. L'infrastructure nécessaire pour un transport plus efficace par pipeline fait toutefois défaut.

### Sites de stockage

Des sites de stockage sont actuellement en cours d'évaluation dans le monde entier, y compris en Suisse. Quelques sites de stockage sont déjà exploités, mais une large disponibilité économique n'est pas encore assurée.

### Conditions générales

La prise en compte du captage du CO<sub>2</sub> ne bénéficie d'aucune sécurité de planification. De même, aucune approche concrète au niveau européen n'a encore été établie sur la réglementation de la logistique du CO<sub>2</sub> jusqu'aux sites de stockage. La construction de pipelines, par exemple, nécessite une planification et des autorisations transnationales.

## Avantages

### Piégeage

Lorsqu'il est stocké dans une roche adaptée, le CO<sub>2</sub> est piégé sous forme minérale pendant des milliers d'années, ce qui représente un mode d'élimination durable.

### Production de ciment neutre en CO<sub>2</sub>

Grâce au captage complet et au stockage permanent du CO<sub>2</sub>, la production de ciment en Suisse devient totalement neutre en carbone.

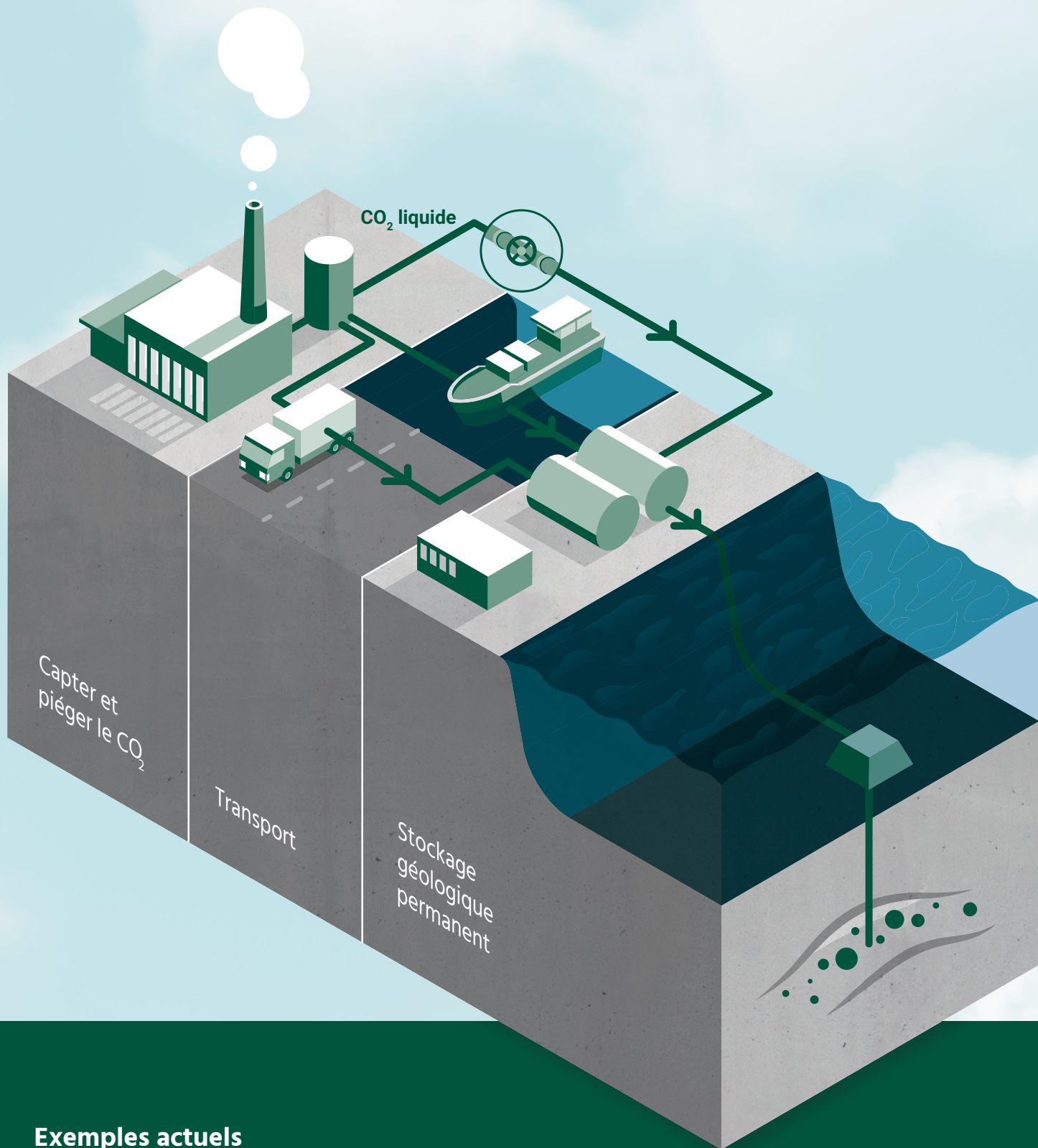
## Inconvénients

### Besoins élevés en énergie

L'énergie thermique et électrique nécessaire doit être disponible et neutre en carbone.

### Perte d'énergie et de matières premières

Dans une économie circulaire fonctionnelle, le CO<sub>2</sub> peut également être utilisé comme matière première pour des processus industriels. En cas de stockage géologique, il ne serait alors plus directement disponible.



## Exemples actuels Processus de CSC



Air Liquide / EQIOM  
CRH Jura



Autres projets de  
l'industrie du ciment

# Captage et utilisation du carbone (CUC)

Le CUC, captage et utilisation du carbone, désigne le processus au cours duquel le CO<sub>2</sub> est transformé en un matériau de base utilisable dans l'industrie ou bien valorisé ultérieurement. L'objectif de ces deux variantes est de valoriser le dioxyde de carbone, c'est-à-dire le carbone, en tant que matière première.

Les carburants et les matières plastiques seront toujours nécessaires à l'avenir et en grande quantité. Jusqu'à présent, les polymères de carbone nécessaires provenaient de sources fossiles qui ne seront plus disponibles à long terme. S'il s'agit de stocker de l'énergie à court terme, on peut envisager de produire du méthane (ou d'autres hydrocarbures), qui peut être transporté et utilisé dans une infrastructure existante (p. ex. réseau de gaz naturel). Outre la réaction de transformation en méthane, d'autres réactions chimiques intégrant le CO<sub>2</sub> peuvent être imaginées. Ces molécules peuvent être utilisées dans l'industrie chimique.

## Conditions requises

### Énergie et hydrogène

Le captage et la transformation du CO<sub>2</sub> nécessitent de grandes quantités d'énergie produite de manière durable et d'hydrogène «vert». Ce dernier se distingue également par l'utilisation de grandes quantités d'énergie produite de manière durable pendant sa fabrication<sup>4</sup>.

### Vente des produits

Les produits fabriqués doivent faire l'objet d'une demande. La vente de certains produits fabriqués est limitée et pourrait dépasser la demande. Il est donc important de produire des matériaux polyvalents grâce au CUC.

## Que manque-t-il pour la mise en œuvre?

### Énergie

Pour une mise en œuvre, la Suisse devrait augmenter considérablement sa production d'énergie renouvelable, car sa consommation actuelle atteint déjà les limites de la quantité produite.

### Rentabilité des produits

En raison des coûts de production élevés, les produits fabriqués ne seraient actuellement pas compétitifs par rapport aux produits conventionnels, fabriqués par exemple à base de gaz naturel.

### Conditions générales

La prise en compte du captage du CO<sub>2</sub> ne bénéficie actuellement d'aucune sécurité de planification.

## Avantages

### Matériau de substitution du pétrole

À long terme, les combustibles et les matières premières fossiles ne seront plus disponibles pour des raisons politiques. Ces ressources peuvent être remplacées par les produits du processus de CUC. L'utilisation de gaz ou de carburants issus du captage de CO<sub>2</sub> permet de supprimer les émissions de CO<sub>2</sub> correspondantes des agents énergétiques fossiles utilisés jusqu'à présent.

### Un procédé efficient

Contrairement au CSC, le CUC libère une énergie qui peut être utilisée grâce à la fixation de l'hydrogène sur le carbone. Cette énergie thermique peut, à son tour, être utilisée directement pour le processus de captage du CO<sub>2</sub>, ce qui permet de réduire l'utilisation de combustibles supplémentaires.

### Infrastructure et stockage

Les produits issus du CUC, tels que l'octane, le méthanol ou des carburants liquides, sont relativement faciles à transporter et sont déjà d'ores et déjà stockés et transportés en grande quantité par la logistique existante.

### Sécurité d'approvisionnement

En cas de production nationale de combustibles et de carburants par CUC, il est possible de contribuer à la sécurité d'approvisionnement. Celle-ci est notamment d'une grande importance pour la défense nationale.

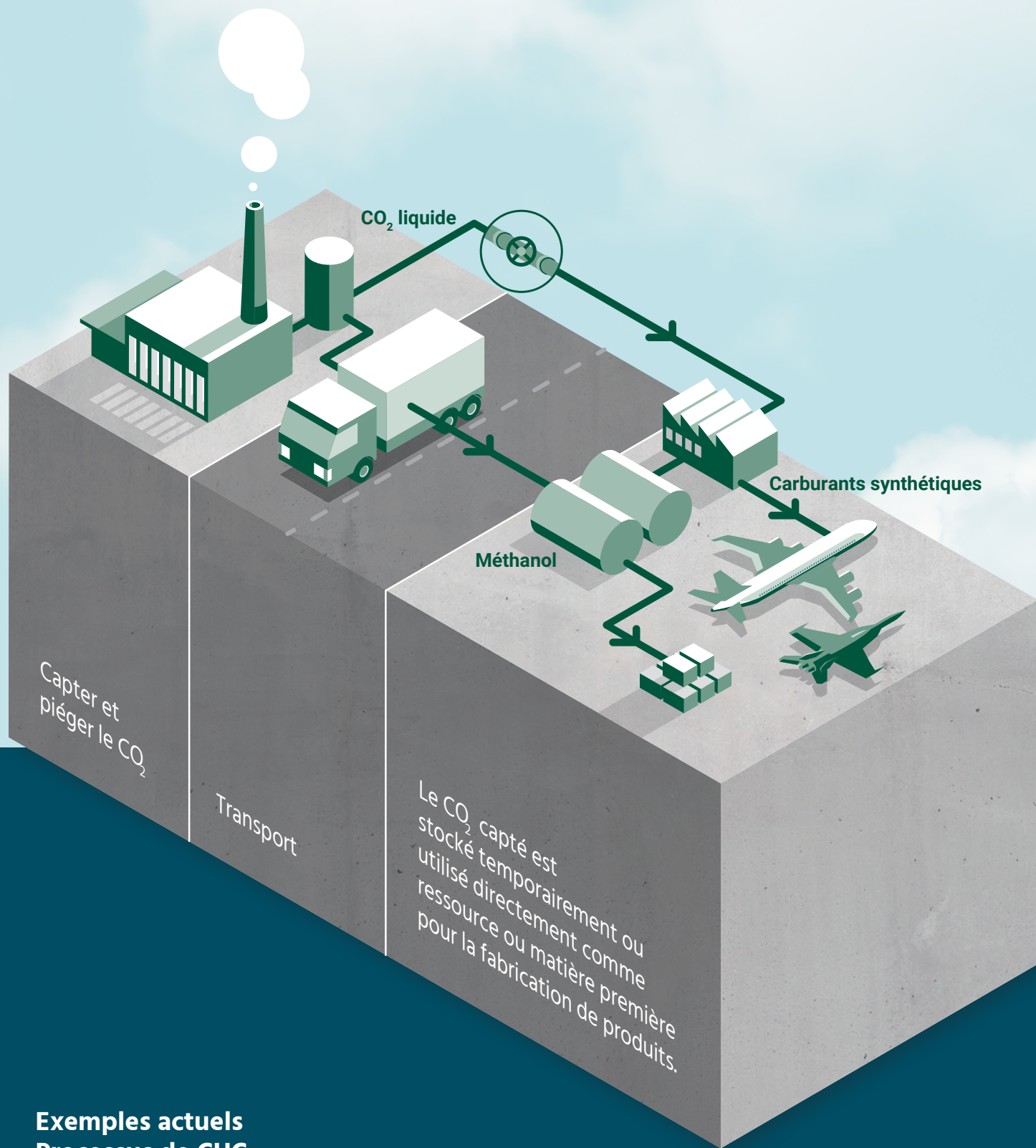
## Inconvénients

### Stockage en partie moins long du CO<sub>2</sub>

Contrairement au CCS, lors d'un processus de CCU, le CO<sub>2</sub> ne reste pas stocké à long terme et peut éventuellement s'échapper de nouveau dans l'atmosphère après la répétition d'un cycle.

### Besoins en énergie de la production d'hydrogène

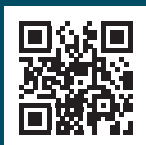
Ces processus nécessitent de grandes quantités d'hydrogène, dont la production requiert de l'énergie renouvelable. À l'heure actuelle, 5% de l'hydrogène seulement sont produits avec de l'énergie renouvelable.



## Exemples actuels Processus de CUC



Westküste 100



Lägerdorf  
(projet partiel  
Westküste)  
*Holcim*



Hynovi  
*VICAT (Vigier)*

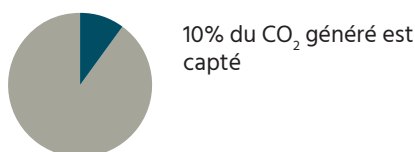
# Mise en œuvre possible dans l'industrie du ciment d'ici 2030

L'industrie du ciment s'engage, dans le monde entier, dans divers projets pilotes qui démontrent la faisabilité concrète du CSC et du CUC. Afin de définir les exigences concrètes pour la Suisse, nous souhaitons exposer la situation de départ ainsi que les défis posés par le CSC et le CUC dans les scénarios suivants avec des variantes. Les technologies actuelles et l'état de la recherche sont pris en compte.

Les processus devraient commencer à partir de 2030. À cette date, nous nous basons sur un taux de captage initial de 10% du CO<sub>2</sub> généré par l'industrie du ciment. Dans les années à venir, le taux de captage ne cessera d'augmenter jusqu'à atteindre environ 90% du CO<sub>2</sub> capté en 2050.

Outre une variante avec captage complet, nous prévoyons également comme variante une combinaison de CSC et CUC en 2030 et 2050. En 2030, la priorité sera donnée aux projets pilotes dans le domaine du CUC, et seulement 20% environ du CO<sub>2</sub> sera destiné à la valorisation. Pour 2050, en revanche, nous prévoyons dans notre publication une mise en place de ces processus et une augmentation de la part du CUC à 50%.

## Scénario 2030: 10% de captage de carbone



### a) 100% de stockage



### b) 20% d'utilisation et 80% de stockage



## Hypothèses

### Énergie

L'énergie nécessaire pour séparer le CO<sub>2</sub> d'un mélange de gaz dépend de la concentration de CO<sub>2</sub> dans ce mélange de gaz. Les gaz de combustion du four à ciment, dont la teneur en CO<sub>2</sub> peut atteindre près de 20%, sont donc plus appropriés que l'air ambiant.

Pour atteindre l'objectif de capter 10% du CO<sub>2</sub> d'ici 2030, il convient de disposer de l'énergie nécessaire, électrique comme thermique. Pour 2030, nous déterminons les besoins en énergie à l'aide d'une technique dite «end of pipe» (en bout de chaîne), qui pourrait être ajoutée à une cimenterie existante. Ces procédures présentent aujourd'hui le niveau de maturité technologique le plus élevé. D'autres solutions plus efficaces sur le plan énergétique sont également connues aujourd'hui, mais nécessitent des transformations longues et coûteuses des installations existantes, ce qui n'est pas réaliste d'ici 2030.

### Logistique

En 2030, il n'y aura probablement pas encore d'infrastructure spécialisée pour le transport d'hydrogène et de CO<sub>2</sub>. C'est pourquoi les quantités transportées nécessaires ont été converties en trajets de camions et en transports ferroviaires correspondants. Pour ce faire, on s'est basé sur les quantités actuelles transportées par camion et par wagon de chemin de fer. Nous estimons qu'aucune canalisation de transport (pipeline) d'hydrogène ou de CO<sub>2</sub> ne sera en service d'ici 2030.

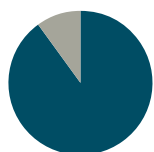
L'énergie thermique ne peut pas être totalement extraite de la chaleur résiduelle du four à ciment, ce qui signifie qu'elle doit être produite par un processus thermique séparé. Des agents énergétiques supplémentaires doivent donc être transportés jusqu'à la cimenterie. Les besoins en transport ont été calculés en prenant l'exemple du bois usagé. L'énergie nécessaire pour le stockage, le transport des matières premières et des produits pour les réactions intervenant lors du CUSC n'a pas été prise en compte dans nos calculs. Les besoins en énergie pourraient également être couverts par le méthane, qui serait acheminé par une conduite de gaz naturel.

### Espace requis

Pour les installations et le stockage de combustibles supplémentaires, comme le CO<sub>2</sub> capté ou les produits générés par CUC, des installations de stockage doivent être prévues dans les cimenteries, ce qui nécessite un espace suffisant.

# Mise en œuvre possible dans l'industrie du ciment d'ici 2050

## Scénario 2050: 90% de captage de carbone



90% du CO<sub>2</sub> généré est capté

### a) 100% de stockage



### b) 50% d'utilisation et 50% de stockage



## Hypothèses

### Transport

Pour 2050, nous supposons que, contrairement au scénario 2030, une solution de transport plus efficace sera disponible sous la forme d'un pipeline pour le CO<sub>2</sub>. Ainsi, l'évacuation n'entraînera plus de trafic supplémentaire sur la route et le rail. L'industrie du ciment utiliserait ces pipelines de manière conjointe, par exemple avec d'autres sources ponctuelles importantes, comme les incinérateurs de déchets et l'industrie chimique.

### Énergie

Nous supposons que le captage du CO<sub>2</sub> issu de la production de clinker nécessitera moins d'énergie grâce à des procédés plus efficaces. Ces procédés n'ont pas encore atteint la maturité technologique nécessaire à l'heure actuelle. Les besoins en énergie pour le captage diminueront donc par tonne de clinker, et encore plus par tonne de ciment, puisque la quantité de clinker utilisée par tonne de ciment sera plus faible.

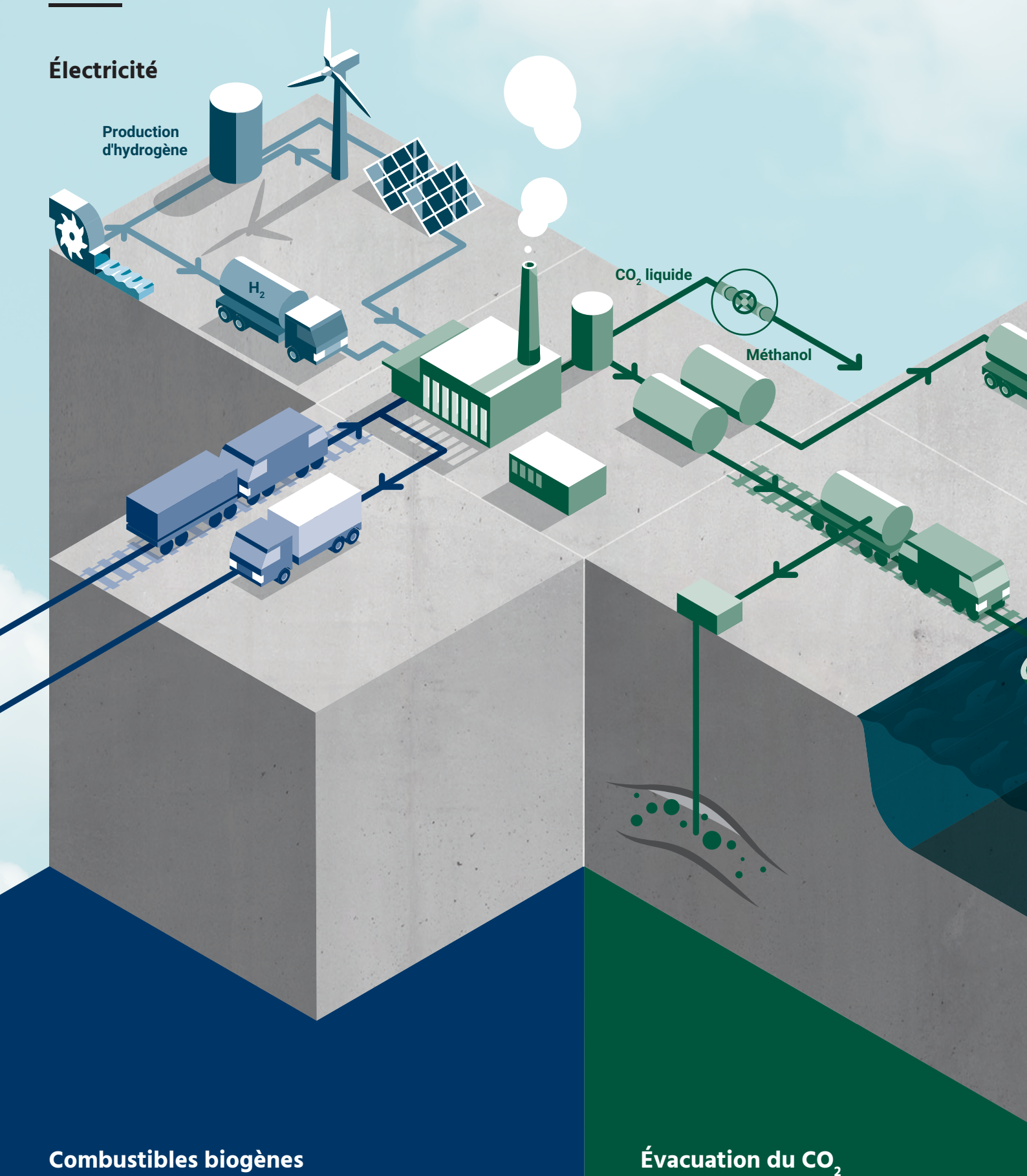
### Amélioration des procédés

Certains types d'installations et de procédés rendront le captage du CO<sub>2</sub> plus efficace, ce qui réduira considérablement les besoins en énergie. Les procédés qui peuvent être ajoutés à une installation existante sont toujours moins efficaces que ceux qui sont intégrés dans une nouvelle installation de four, car ces derniers peuvent utiliser les flux d'énergie de manière plus efficace. À l'horizon 2050, il serait possible de repenser les installations et donc d'en améliorer l'efficacité. De plus, dans le cas du procédé Oxyfuel par exemple, la teneur en dioxyde de carbone de l'atmosphère du four peut être augmentée, ce qui réduit très fortement les besoins en énergie pour le captage.



# Exemples concrets de mise en œuvre dans l'industrie du ciment

## Électricité



Combustibles biogènes

Évacuation du CO<sub>2</sub>



# Captage du CO<sub>2</sub> en 2030: 10% de captage de carbone



Émissions évitées

☁ **0,2** million de t

## a) 100% de captage et de stockage de carbone

Par an

Par jour

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>Électricité pour captage</p> <p><b>⚡ 28</b> GWh</p> <p>Entrée</p> | <p>Livraison de combustibles biogènes*</p> <p><b>🚛 15</b> camions<br/>ou<br/><b>🚂 4</b> wagons</p> <p>Entrée</p> | <p>Évacuation du CO<sub>2</sub></p> <p><b>🚛 44</b> camions<br/>ou<br/><b>🚂 20</b> wagons</p> <p>Sortie</p> |
|--|--|--|

## b) 80% de captage et de stockage de carbone 20% de captage et d'utilisation de carbone

Par an

Par jour

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p>Électricité pour captage</p> <p><b>⚡ 28</b> GWh</p> <p>Entrée</p>                 | <p>Livraison de combustibles biogènes*</p> <p><b>🚛 13</b> camions<br/>ou<br/><b>🚂 4</b> wagons</p> <p>Entrée</p> | <p>Évacuation du CO<sub>2</sub></p> <p><b>🚛 35</b> camions<br/>ou<br/><b>🚂 16</b> wagons</p>  |
| <p>Électricité pour production d'hydrogène</p> <p><b>⚡ 536</b> GWh</p> <p>Entrée</p> | <p>Réactifs hydrogène</p> <p><b>🚛 28</b> camions<br/>ou<br/><b>🚂 13</b> wagons</p> <p>Entrée</p>                 | <p>Produits méthanol</p> <p><b>🚛 5</b> camions<br/>ou<br/><b>🚂 2</b> wagons</p> <p>Sortie</p> |

\* Fourniture d'énergie autre que l'électricité par jour d'exploitation (hypothèse 220/an)



---

## Besoins en énergie

Le captage du CO<sub>2</sub> nécessite de l'énergie électrique et thermique renouvelable, et la production d'hydrogène vert nécessite également de l'énergie électrique.

Pour le scénario 2030 avec 100% de CSSC<sup>5</sup>, les besoins en énergie électrique correspondraient à 0,1% de l'énergie hydraulique actuelle ou 0,5% de la puissance photovoltaïque prévue selon les perspectives énergétiques pour 2030. Les besoins en énergie thermique représenteraient 10% de l'utilisation de bois usagé actuelle (2022)<sup>6</sup>.

Pour le scénario 2050 avec 100% de CSC<sup>5</sup>, le besoin en énergie électrique correspondrait à 0,5% de l'énergie hydraulique prévue ou à 0,3% de la puissance photovoltaïque prévue selon les perspectives énergétiques pour l'année 2050. Les besoins en énergie thermique représenteraient 61% de l'utilisation de bois usagé actuelle (2022).

## Un volume de transport supplémentaire

Supposons que la cimenterie se trouve sur une route principale avec un TJM (trafic journalier moyen) de 20 000 véhicules, dont 1000 camions (5%). Le trafic de camions augmenterait de 6% d'ici 2030, mais de 41% d'ici 2050.

---

---

## Besoins en énergie

Pour le scénario 2030 avec 80% de stockage et 20% d'utilisation, les besoins en énergie pour le captage seraient de 0,1% et pour la production d'hydrogène de 1,3% de l'énergie hydraulique actuelle. Les besoins en énergie thermique représenteraient 9% de l'utilisation de bois usagé actuelle.

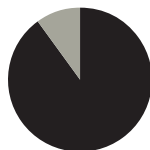
Pour le scénario 2050 avec 80% de stockage et 20% d'utilisation, les besoins en énergie pour le captage seraient de 0,3% et pour la production d'hydrogène de 22% de l'énergie hydraulique prévue en 2050. Les besoins en énergie thermique représenteraient 50% de l'utilisation de bois usagé actuelle.

## Un volume de transport supplémentaire

Supposons que la cimenterie se trouve sur une route principale avec un TJM (trafic journalier moyen) de 20 000 véhicules, dont 1000 camions (5%). Dans ce scénario, le trafic des camions augmenterait de 8% d'ici 2030, mais de 84% d'ici 2050.

---

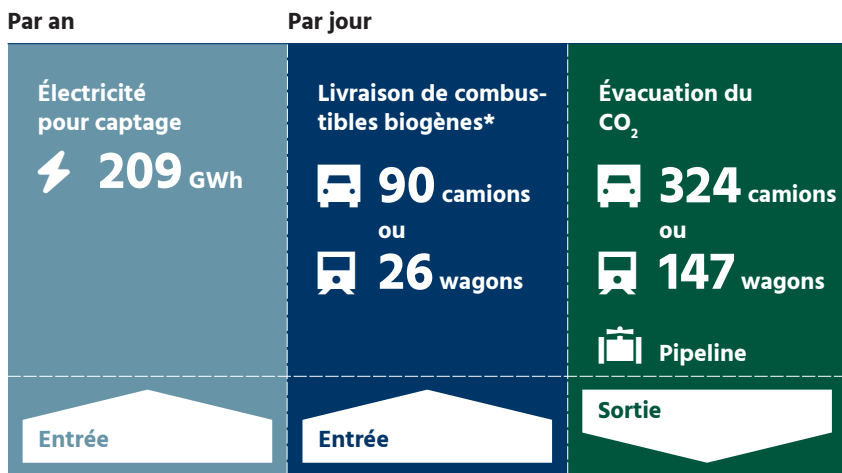
# Captage du CO<sub>2</sub> en 2050: 90% de captage de carbone



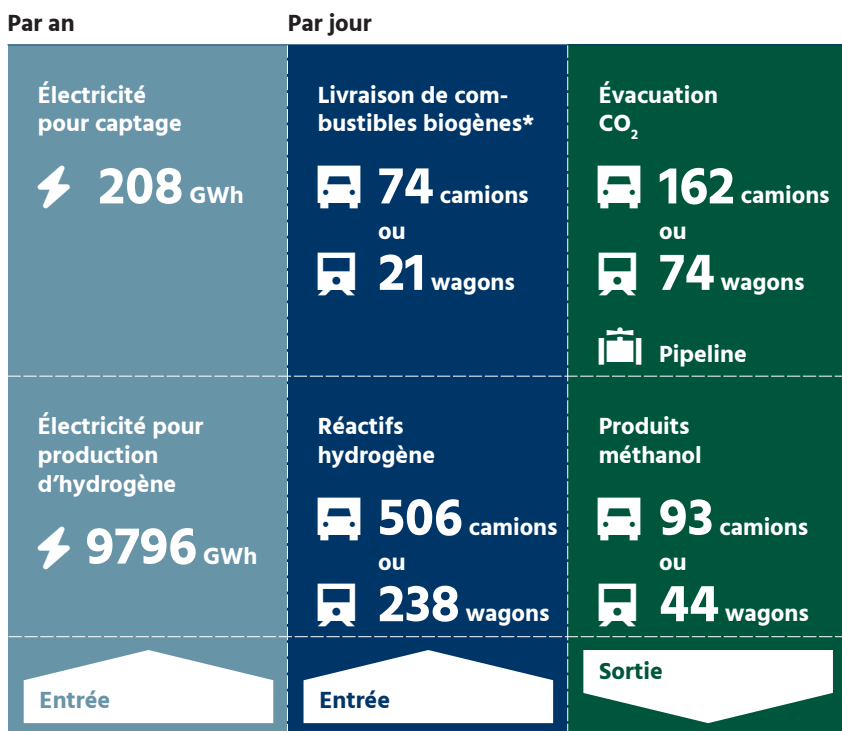
Émissions évitées

 **1,8** million de t

## a) 100% de captage et de stockage de carbone



## b) 50% de captage et de stockage de carbone 50% de captage et d'utilisation de carbone



\* Fourniture d'énergie autre que l'électricité par jour d'exploitation (hypothèse 220/an)

# Conclusion

## Les opportunités offertes par le CUC et le CSC

### Ciment climatiquement neutre

Le CUC et le CSC sont une nécessité pour la décarbonation de l'industrie du ciment. Ces technologies permettront une décarbonation complète de cette industrie considérée comme difficile à décarboner en raison des émissions liées aux procédés. Ainsi, à l'avenir, la Suisse sera en mesure de couvrir elle-même les besoins de ce matériau de construction important et ne dépendra pas des importations. Recourir à des importations en provenance de pays ayant des objectifs climatiques moins ambitieux serait à cet égard contre-productif.

### Sécurité d'approvisionnement

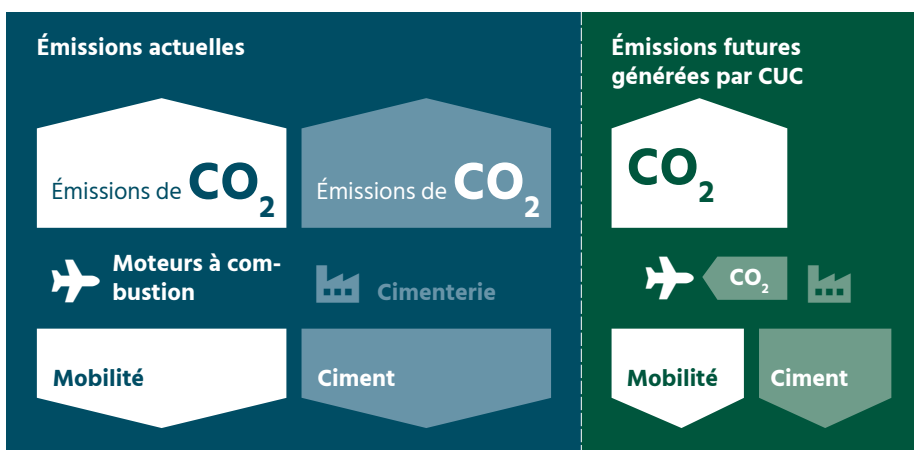
Outre l'approvisionnement en ciment, la mise en œuvre du CUC permet d'utiliser le CO<sub>2</sub> comme matière première et d'établir un cycle de matière important. Jusqu'à présent, l'essentiel du carbone utilisé dans le monde provient de sources fossiles, qui à long terme ne seront plus disponibles pour des raisons politiques. Le CUC permet une utilisation circulaire du CO<sub>2</sub> capté, par exemple comme matière première dans l'industrie chimique ou comme carburants et combustibles de synthèse. Puisque le besoin de ces matériaux sera toujours présent à l'avenir, le CUC contribuera sensiblement à la future sécurité d'approvisionnement de divers secteurs industriels.

### Décarbonation d'autres procédés

Outre l'industrie du ciment, plusieurs autres industries dépendent de technologies révolutionnaires. Les moteurs à combustion ne pourront continuer à fonctionner à l'avenir que si des carburants de synthèse sont disponibles en grande quantité. Si l'utilisation du CO<sub>2</sub> de l'industrie n'est certes pas totalement neutre en carbone, les carburants qui en résultent peuvent contribuer de manière significative à la réduction des gaz à effet de serre dans d'autres industries.

### Création de nouveaux cycles de matière

S'il est possible de capter le CO<sub>2</sub> dans l'air, ces procédés sont souvent inefficaces et consomment par conséquent beaucoup d'énergie. Cela devrait rendre beaucoup plus difficile une utilisation à grande échelle du CO<sub>2</sub> ainsi capté et retarder considérablement la mise en place de nouveaux cycles de matière. En revanche, l'utilisation de CO<sub>2</sub> capté efficacement par l'industrie permet d'établir plus tôt des cycles de matière à l'échelle industrielle.



En raison de l'utilisation de combustibles fossiles dans la mobilité et des émissions géogènes dans l'industrie du ciment, le CO<sub>2</sub> est aujourd'hui directement rejeté dans l'atmosphère. À l'avenir, un cycle du carbone pourrait être créé grâce au CUC, ce qui permettrait de décarboner partiellement la mobilité et l'industrie du ciment, et donc de réaliser d'importantes économies d'émissions de CO<sub>2</sub>.

Pour atteindre ses objectifs, l'industrie du ciment a besoin de l'aide des politiques et de la société. Le zéro net est possible, mais il faut pour cela des conditions-cadres que seul le monde politique peut fixer. Pour pouvoir relever tous les défis techniques, l'industrie du ciment a besoin de conditions générales compétitives à l'échelle internationale afin d'assurer la sécurité de planification nécessaire pour ces projets de longue haleine et coûteux. L'UE durcit à présent sa politique climatique, mais soutient en même temps ses entreprises avec des fonds d'innovation, des mesures de compensation aux frontières et des plafonds de prix de l'énergie. Il s'agit ainsi de garantir que les objectifs de la politique climatique puissent être atteints et que l'industrie ne soit pas simplement délocalisée dans des pays non européens. La Suisse n'a, pour l'heure, pas pris de telles décisions. L'industrie suisse du ciment est ainsi confrontée à des conditions de concurrence inégales et à une forte pression des importations, mais est néanmoins touchée par le durcissement de la politique climatique. Cette incohérence en matière de protection climatique n'a pas seulement une incidence sur la capacité de production de l'industrie: elle entraîne également un manque de sécurité en matière de planification et d'investissement. Pour l'industrie suisse du ciment, la mise en place de mesures de compensation aux frontières et d'un fonds d'innovation par le biais d'un fonds affecté alimenté par les taxes SEQE est une condition indispensable à la réussite de la mise en œuvre de ces projets de décarbonation. Ces mesures doivent être conçues de manière à ce que les acteurs privés ne soient pas désavantagés sur le plan de la concurrence par les acteurs publics.

sera possible sans réseau de transport de CO<sub>2</sub> sous forme de pipelines, mais il faudra déjà disposer de capacités suffisantes sur la route et le rail. Pour un captage et un stockage complets, il sera nécessaire de créer un réseau de pipelines pour tous les grands émetteurs.

#### **Disponibilité de combustibles biogènes et alternatifs**

Pour atteindre l'objectif zéro net, il est primordial que l'industrie du ciment puisse continuer à l'avenir à avoir accès à des combustibles alternatifs en quantité suffisante. C'est particulièrement le cas pour les combustibles d'origine biogène, car ils permettent un effet de puits dans la fabrication du ciment.

#### **Sites de stockage de CO<sub>2</sub>**

Les sites de stockage doivent être suffisamment nombreux dans le monde pour pouvoir stocker durablement les grandes quantités de CO<sub>2</sub>. Comme alternative, il faut envisager le stockage du CO<sub>2</sub> en Suisse – éventuellement combiné à une utilisation de la géothermie.

#### **Conditions générales politiques**

En outre, les conditions politiques et juridiques doivent être réunies et d'éventuels accords conclus avec l'étranger pour assurer l'exploitation de l'infrastructure de CO<sub>2</sub>. Les législateurs doivent également réglementer la comptabilisation des émissions captées. Cela concerne notamment l'utilisation du CO<sub>2</sub> dans les cycles de matière.

## **Facteurs de réussite dans la politique et la société**

### **Une énergie renouvelable suffisante**

Pour l'industrie du ciment, la disponibilité d'une énergie renouvelable ou exempte de CO<sub>2</sub> en quantité suffisante pour le CSC ou le CUC est un facteur essentiel de réussite pour la mise en œuvre. Un captage et un stockage complets ou une utilisation du CO<sub>2</sub> de l'industrie du ciment nécessiteront d'ici 2050 une énergie thermique de l'ordre de 836 GWh (correspondant à 215% des

besoins thermiques en 2022 et à 50,4% de l'utilisation de bois usagé en 2021) et une énergie électrique de l'ordre de 208 GWh (correspondant à 53% des besoins électriques en 2022 et à 0,3% de la puissance photovoltaïque prévue). En cas de variante avec «utilisation» comme dans le scénario présenté, la production d'hydrogène nécessitera jusqu'à 2% du photovoltaïque prévu.

### **Transport**

En l'état actuel des choses, l'exploitation des premières installations pilotes en 2030

## **Bibliographie**

- 1 ETH Zürich, sus.lab. Decarbonizing Cement. Berne, 18 mai 2022.
- 2 Global CCS Institute. Global status of CCS 2020. Melbourne, novembre 2020.
- 3 Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC. Perspectives énergétiques 2050+. Berne, 20 décembre 2021.
- 4 Andreas Züttel, Noris Gallandat, Paul J. Dyson, Louis Schlapbach, Paul W. Gilgen, Shin-Ichi Orimo. «Future Swiss Energy Economy: The Challenge of Storing Renewable Energy.» *Frontiers of Energy Research*, 1<sup>er</sup> février 2022: 17.
- 5 Office fédéral de l'énergie OFEN. Installations de production d'électricité en Suisse. 8 juin 2023. [www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/geoinformation/geodonnees/installations-de-production/installations-de-production-electricite.html](http://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/geoinformation/geodonnees/installations-de-production/installations-de-production-electricite.html).
- 6 Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC. Statistique suisse des énergies renouvelables et de l'énergie du bois Berne, 14 juillet 2022.



Association suisse de  
l'industrie du ciment  
Marktgasse 53  
3011 Berne

031 327 97 97

[info@cemsuisse.ch](mailto:info@cemsuisse.ch)  
[cemsuisse.ch](http://cemsuisse.ch)