

Capter le CO₂ dans l'air et le stocker

Synthèse de l'étude « Opportunités et risques des méthodes d'extraction de l'atmosphère et de stockage du CO₂ : Recommandations basées sur l'analyse de l'état actuel des connaissances et sur une enquête systématique auprès des spécialistes en Suisse »



TA-SWISS, Fondation pour l'évaluation des choix technologiques et centre de compétence des Académies suisses des sciences, entend mener une réflexion sur les répercussions – opportunités et risques – de l'utilisation de nouvelles technologies.

La présente synthèse se base sur une étude scientifique réalisée pour le compte de TA-SWISS par une équipe de projet interdisciplinaire composée de l'institut allemand de recherche et de conseil Öko-Institut et du laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche Empa sous la direction de Dr Martin Cames (Öko-Institut) et Dr Clemens Mader (Empa).

Cette synthèse présente les principaux résultats et conclusions de l'étude sous forme condensée et s'adresse à un large public.

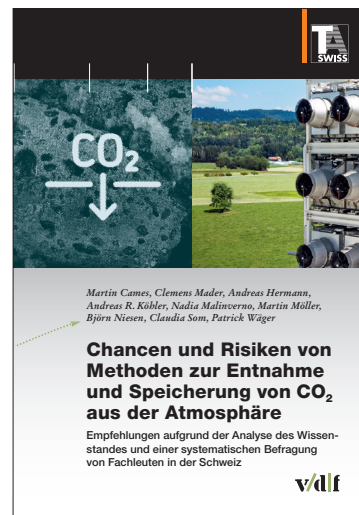
Chancen und Risiken von Methoden zur Entnahme und Speicherung von CO₂ aus der Atmosphäre: Empfehlungen aufgrund der Analyse des Wissensstandes und einer systematischen Befragung von Fachleuten in der Schweiz

Martin Cames, Clemens Mader, Andreas Hermann, Andreas R. Köhler, Nadia Malinverno, Martin Möller, Björn Niesen, Claudia Som, Patrick Wäger

TA-SWISS, Fondation pour l'évaluation des choix technologiques (éd.)
vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich 2023.
ISBN : 978-3-7281-4152-1

L'étude est disponible en libre accès : www.vdf.ch

La présente synthèse peut également être téléchargée gratuitement : www.ta-swiss.ch



Les NET: un aperçu	4
Capturer et stocker le CO ₂ : oui, mais comment ?	4
Pourquoi les NET ? Parce qu'on ne peut pas s'en passer !	4
Qu'est-ce que le zéro net ?	4
Deux voies pour atteindre l'objectif : la réduction du CO ₂ et l'extraction du CO ₂	4
La Suisse veut aussi le zéro net	4
Pourquoi une étude TA-SWISS sur les NET ?	5
Une série de recommandations d'action	6
Fiches signalétiques des NET analysées dans l'étude	7
Les cinq NET en un coup d'œil	7
La forêt comme puits de carbone : gestion forestière et utilisation du bois	8
Gestion du sol et charbon végétal	9
Production de bioénergie avec captage et stockage du CO ₂ (BECCS)	10
Captage direct du CO ₂ dans l'air et stockage (DACCS)	11
Altération par carbonatation	12
Les NET, un volet important de la politique climatique en Suisse	13
Instruments de protection du climat	13
Mission zéro net	14
Recommandations pour l'intégration des NET dans la politique climatique suisse	15
Utilisation des ressources : interactions et conflits d'objectifs	16
Concurrence pour le terrain et la biomasse	16
Concurrence pour l'eau	16
Concurrence pour les énergies renouvelables	16
Recommandations pour l'utilisation des ressources	16
Synergies et cascades d'utilisation	17
Recommandations pour l'exploitation des synergies	17
Un complément indispensable, pas un substitut	18
Recommandations sur le cadre d'implémentation	18
Et pour finir	19

Les NET : un aperçu

Extraire le CO₂ de l'air et le stocker à long terme revient à annuler les émissions déjà produites. C'est pourquoi, les méthodes et procédés utilisés à des fins d'extraction du carbone sont également appelés technologies d'émissions négatives (en anglais, negative emission technologies, ou NET).

Capter et stocker le CO₂ : oui, mais comment ?

Il existe différents procédés d'extraction et de stockage du CO₂. Ils se distinguent par la manière dont le CO₂ est retiré de l'air et dont le carbone est ensuite séquestré dans le but de le maintenir durablement hors de l'atmosphère.

Certaines NET, s'appuyant sur une approche biologique, utilisent la capacité des plantes à absorber le CO₂ et à le convertir en biomasse par le biais de la photosynthèse. Dans d'autres cas, des solutions techniques permettent de capturer le CO₂ et de le stocker dans le sous-sol géologique ou dans des composés chimiques (pour plus de détails sur les différents procédés, voir pages 7 – 12). À long terme, l'extraction du CO₂ n'a d'effet sur le climat que si ce gaz est fixé durablement hors de l'atmosphère et n'y retourne pas.

Pourquoi les NET ? Parce qu'on ne peut pas s'en passer !

Avec l'Accord de Paris sur le climat de 2015, la communauté internationale s'est engagée à contenir le réchauffement climatique bien en dessous de 2°C et, si possible, à 1,5°C. Pour y parvenir, la meilleure approche est de réduire le plus rapidement possible la quantité de gaz à effet de serre émis – par exemple, en remplaçant les combustibles fossiles par des énergies renouvelables et les technologies à fortes émissions par des variantes plus respectueuses du climat.

Toutefois, selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les mesures de réduction des émissions adoptées jusqu'à présent ne suffisent plus à maîtriser le réchauffement climatique d'origine humaine. C'est là qu'intervient la notion d'émissions négatives : ces solutions techniques apportent une contribution complémentaire en retirant de l'atmosphère et en séquestrant une partie des gaz à effet de serre déjà émis et des gaz difficilement évitables. Le GIEC estime que, selon le scénario, il faudrait retirer de l'atmosphère entre 10

et 1000 milliards de tonnes de CO₂ au cours de ce siècle pour parvenir à un bilan zéro net à l'échelle mondiale. À titre de comparaison, les émissions mondiales de CO₂ s'élèvent actuellement à quelque 37 milliards de tonnes par an.

Qu'est-ce que le zéro net ?

Le zéro net, ou objectif zéro émission nette, signifie que les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ne dépassent pas la capacité des puits naturels (forêts et sols) ou techniques à absorber ces émissions. Cela revient à ne plus rejeter aucun gaz à effet de serre excédentaire dans l'atmosphère – et à ce que l'humanité cesse de réchauffer la planète.

Deux voies pour atteindre l'objectif : la réduction du CO₂ et l'extraction du CO₂

Les modèles climatiques le montrent : les NET sont un complément indispensable pour compenser les émissions résiduelles difficiles à éviter. Mais elles ne remplacent en aucun cas les mesures ambitieuses d'économie de CO₂. Leur potentiel n'est pas assez grand pour cela et leur mise en œuvre implique encore des coûts trop élevés et de trop nombreux facteurs d'incertitude. Pour atteindre les objectifs climatiques et diminuer la teneur en gaz à effet de serre de l'atmosphère, il faut emprunter les deux voies : en priorité, réduire la quantité de gaz à effet de serre rejeté et en complément, recourir aux procédés d'extraction du CO₂ et aux puits de gaz à effet de serre pour les émissions restantes.

La Suisse veut aussi le zéro net

Le Conseil fédéral veut une Suisse climatiquement neutre d'ici 2050. Il entend atteindre cet objectif ambitieux en premier lieu par des mesures de réduction des émissions. Seules les émissions dites résiduelles, c'est-à-dire les émissions de gaz à effet de serre difficiles à éviter (par ex. le protoxyde d'azote issus de l'agriculture et de l'élevage, ou le CO₂ émis par la fabrication du ciment ou par l'incinération des ordures), doivent être compensées par la diminution des gaz à effet de serre. Cela signifie que la quantité de CO₂ retirée de l'atmosphère doit être identique à la quantité émise. Étant donné que chaque tonne de CO₂ émise contribue à peu près de la même manière au réchauffement quel que soit le lieu où elle est produite, la compensation peut avoir lieu n'importe où dans le monde.

Pourquoi une étude TA-SWISS sur les NET ?

Bien que les NET soient susceptibles de contribuer largement à la réalisation des objectifs climatiques, elles ne sont pas encore très répandues. Cela s'explique par le fait qu'une partie de ces procédés n'en sont qu'à leurs débuts, en particulier sur le plan technique : ils n'ont pas tous fait l'objet de recherches approfondies, n'ont pas toujours été testés dans la pratique, sont techniquement complexes, énormément coûteux et ne sont pas encore tous prêts à être utilisés à grande échelle pour le moment. À cela s'ajoutent des interrogations sur la pollution de l'environnement qu'ils risquent de générer et sur le transport du CO₂ vers les sites de stockage – ainsi qu'un besoin supplémentaire très important en énergie (renouvelable).

Fort de ce constat, TA-SWISS a commandé une étude pour informer les milieux politiques et le grand public sur les opportunités, les limites (coûts, faisabilité, durabilité, efficacité climatique) et les risques (aspects environnementaux, effets secondaires sur l'agriculture et la population) de différentes méthodes de captage et de stockage du CO₂. La Fondation souhaite ainsi encourager un débat équilibré et factuel sur la place des NET dans la stratégie climatique de la Suisse. En effet, le débat sociétal et politique doit se pencher sur les questions suivantes : comment et dans quel cadre temporel les NET doivent-elles être développées, quelles variantes technologiques faut-il promouvoir, où et dans quelle combinaison.

L'évaluation des choix technologiques explore les tensions entre les nouveaux développements technologiques, la société et l'environnement. Dans cette optique, l'étude de TA-SWISS fournit une évaluation de cinq NET pertinentes pour la Suisse. À cet effet, les opinions d'un large éventail de parties prenantes ont été enregistrées et visualisées sous forme de tableau d'opinion à l'aide d'une méthodologie d'enquête en ligne développée par l'Université de Zurich et l'Empa, appliquée ici pour la première fois (Landscape of Opinions for Technology Assessment, LOTA). Dans la suite de la procédure, les multiples points de vue des différents groupes d'experts et d'opinion à l'égard des opportunités et des risques des NET ont été consolidés par le biais d'entrevues approfondies et d'ateliers réunissant les parties prenantes. Ces déclarations ont ensuite fait l'objet d'une réflexion sous l'angle systémique et scientifique, trouvant grâce à cette approche transdisciplinaire leur expression dans l'élaboration des recommandations d'action. Des acteurs issus de l'économie, de la science, de l'administration publique et de la société civile ont été interrogés. L'étude complète et détaillée, dont la présente synthèse reprend les points essentiels, a été menée par l'Öko-Institut et l'Empa.



Une série de recommandations d'action

Selon l'étude, pour que les NET contribuent à l'objectif suisse de zéro émission nette de manière socialement et écologiquement acceptable, les recommandations ci-dessous, valables pour toutes les NET, devraient être suivies en Suisse. Si certaines de ces recommandations ont entretemps déjà été mises en œuvre, leur importance justifie de les mentionner ici à nouveau explicitement.

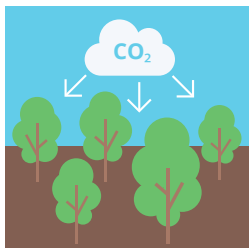
- Des informations factuelles, cohérentes et compréhensibles sur les NET doivent nourrir un débat sociétal impliquant le grand public sur les questions liées à la gestion du développement de ces technologies.
- Une taskforce NET multipartite, dirigée par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), doit assurer la coopération des parties prenantes de l'État et de l'administration (Confédération, cantons, communes) avec les milieux scientifiques et économiques. Il s'agit de mettre en place les bases légales, les infrastructures et les conditions de marché nécessaires à une mise en œuvre rapide et efficace de ces technologies.
- La Confédération doit élaborer une stratégie globale d'utilisation des ressources limitées (comme l'eau, la biomasse ou le sol), définir des objectifs, des priorités, des valeurs limites précises et fixer des directives spécifiques.
- Le financement du développement et de l'implémentation des NET doit être clarifié sans tarder, afin qu'il soit supporté si possible selon le principe du pollueur-payeur par les émetteurs de gaz à effet de serre, par exemple par le biais d'un prix du CO₂ approprié. Les compétences en matière de financement de la recherche, de l'extension et de l'exploitation des réservoirs géologiques doivent également être clarifiées et assurées.
- La durée minimale de fixation du CO₂ (permanence), à partir de laquelle une technologie ou un projet NET est reconnu au sens de la stratégie climatique, devrait être ancrée dans l'ordonnance sur le CO₂ en tant que label de qualité clairement défini et crédible. La permanence du piégeage du CO₂ durant 30 ans, actuellement en discussion, devrait être remise en question et prolongée.

- Des méthodes de calcul et de recensement transparentes, scientifiquement fondées et faciles à appliquer doivent être définies pour les différentes NET, afin de renforcer leur cadre d'évaluation et d'éviter les doubles comptes.
- Des objectifs distincts doivent être fixés pour la réduction des émissions et pour les émissions négatives. Cela permet de clarifier le rôle des NET en tant qu'option complémentaire pour atteindre l'objectif zéro net et d'éviter une dilution des efforts en matière de réduction des émissions.
- La Suisse doit consolider son rôle de pionnier dans le développement des NET. À cet effet, il faut coordonner les programmes de recherche nationaux et internationaux et mettre à disposition les moyens nécessaires pour combler les lacunes en termes de connaissances.
- L'évaluation scientifique des opportunités et des risques des NET doit être encouragée dans le cadre de laboratoires réels.

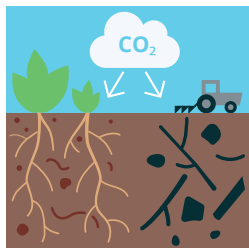
En plus de ces recommandations générales, l'étude « Chancen und Risiken von Methoden zur Entnahme und Speicherung von CO₂ aus der Atmosphäre: Empfehlungen aufgrund der Analyse des Wissensstandes und einer systematischen Befragung von Fachleuten in der Schweiz » présente et discute en détail une liste totalisant 26 recommandations spécifiques pour chacune des NET analysées.

Fiches signalétiques des NET analysées dans l'étude

Les cinq NET en un coup d'œil



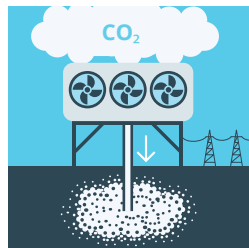
Stockage du CO₂ sous forme de biomasse dans la forêt et utilisation du bois : Les arbres absorbent le CO₂ de l'air et stockent le carbone à long terme dans leur bois. Celui-ci peut être transformé en produits à longue durée de vie.



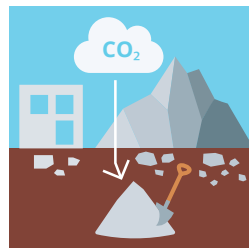
Stockage du CO₂ dans le sol sous forme d'humus ou de charbon végétal : Une gestion ciblée du sol permet d'incorporer et de stocker le carbone en sous-sol, par exemple au moyen de systèmes agroforestiers ou grâce aux approches de l'agriculture de conservation.



Captage du CO₂ à la cheminée (BECCS) : Les plantes transforment le CO₂ en biomasse qui fournit de l'énergie lorsqu'elle est brûlée. Le CO₂ ainsi libéré est capté et stocké sous terre.



Filtrage du CO₂ dans l'air (DACCS) : En lieu et place de plantes, des installations techniques prélèvent du CO₂ dans l'atmosphère et le stockent dans le sous-sol.



Accélération de l'altération du béton de démolition et de la roche : En milieu naturel, les minéraux fixent le carbone en réagissant avec le CO₂. Des moyens techniques permettent d'accélérer ce processus de carbonatation.

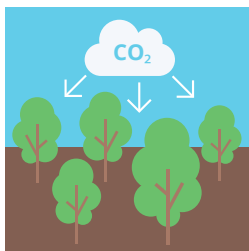
Des opportunités pour l'ensemble des NET ...

- Le recours aux NET peut aider la Suisse à atteindre ses objectifs de protection du climat sans perdre de vue le développement de la prospérité économique.
- La gestion durable des forêts et du sol, l'utilisation du bois et l'utilisation de charbon végétal sont trois procédés qui, outre leur fonction de puits de CO₂, ont le potentiel de favoriser la biodiversité, la qualité des sols, la gestion des eaux ainsi que la résilience face aux sécheresses et aux fortes précipitations.
- Les NET peuvent soutenir l'économie circulaire, par exemple en fixant le CO₂ dans les déchets de béton et en l'intégrant dans de nouveaux matériaux de construction en vue de sa réutilisation.
- La Suisse est actuellement à la pointe du développement et de l'utilisation de différents procédés NET. La progression des NET offre à la recherche et à la place industrielle suisses l'opportunité de renforcer encore cette position.

... et des risques

- Renoncer à explorer le potentiel des NET, à les implémenter et à les mettre à l'échelle par respect du principe de précaution pourrait faire manquer ses objectifs climatiques à la Suisse.
- Des conflits d'intérêts sont susceptibles de surgir, par exemple en ce qui concerne l'utilisation de ressources limitées telles que la biomasse, l'eau, la terre et les énergies renouvelables.
- La portée de l'impact environnemental potentiel des différentes NET demeure incertaine. Et si les données disponibles semblent confirmer la fiabilité du stockage géologique, des inquiétudes subsistent à cet égard.
- Un excès de confiance dans les NET pourrait inciter à négliger les dispositions ambitieuses en matière de protection du climat et les efforts en matière de réduction des émissions.

La forêt comme puits de carbone : gestion forestière et utilisation du bois



Le principe : Les arbres transforment le CO₂ atmosphérique en biomasse par photosynthèse et stockent le carbone (C) dans le bois, les racines et le sol. La capacité de stockage des forêts

suisses se situe entre 1,6 et 4,5 millions de tonnes de CO₂ par an. Mais les forêts n'agissent comme des puits de CO₂ que tant qu'elles sont en phase de croissance, et que la quantité de bois produite est supérieure à celle qui est décomposée, brûlée ou récoltée. Ces trois processus libèrent en effet à nouveau du CO₂.

La foresterie durable permet aux forêts de remplir leurs multiples fonctions (protection, utilité, espace récréatif) tout en contribuant à la réduction des gaz à effet de serre. Les forêts exploitées stockent plus de CO₂ que les forêts laissées à l'état naturel.

Par gestion forestière il faut notamment entendre :

Reboisement : Plantation d'arbres sur des surfaces qui n'étaient pas boisées auparavant.

Friche : Reboisement naturel de pâturages alpins non exploités et augmentation subséquente de la biomasse.

Foresterie/utilisation du bois : Dans une forêt saine, le CO₂ est d'abord stocké dans les arbres pendant quelques décennies. La récolte ciblée du bois permet d'exploiter les forêts de manière durable. Ce concept prévoit une utilisation efficace du bois dans des produits à longue durée de vie en plusieurs étapes (utilisation en cascade). Le carbone est ainsi maintenu hors de l'atmosphère aussi longtemps que possible. Au terme de son cycle de vie, le bois est encore utilisé thermiquement (c'est-à-dire brûlé).



Coûts : entre 1 et 100 US\$/t de CO₂ selon la source (Suisse)



Potentiel NET¹ : si la forêt est exploitée de manière durable et que le bois est utilisé (effet de substitution inclus) env. 3 mio de tonnes de CO₂/an (Suisse).



Niveau de maturité de la technologie : 9-10

¹ Les potentiels indiqués ici pour toutes les NET sont théoriques. Les potentiels qui seront effectivement réalisables dépendent d'aspects techniques, économiques et sociaux.

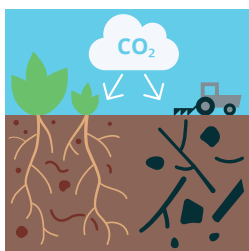
Opportunités

- Promotion de la biodiversité, de la diversité et du rajeunissement naturel de la forêt.
- La source d'énergie de la photosynthèse étant le rayonnement solaire, cette NET ne nécessite, pour les machines forestières et le transport du bois, que de faibles quantités d'énergie fournie par des moyens techniques.
- À long terme, le bilan CO₂ de la forêt suisse peut être optimisé en favorisant l'accroissement du bois et les fonctions écologiques du bois mort. Un élément essentiel à cet égard est l'utilisation en cascade du bois.
- L'utilisation du bois comme matériau de construction permet de stocker le carbone qui y est lié pendant des décennies. Par ailleurs, construire en bois est un moyen de remplacer d'autres matériaux de construction émettant beaucoup de CO₂ comme l'acier ou le béton.

Risques

- La durée du stockage du carbone dans le bois demeure plus incertaine que celle du stockage du CO₂ dans le sous-sol.
- Changement climatique, incendies de forêt, sécheresse, défrichements ou attaques de parasites peuvent entraîner une nouvelle libération de CO₂.
- Le besoin important de terrain est un obstacle en Suisse : les surfaces pour les reboisements à grande échelle font défaut.
- Le reboisement naturel ou planifié peut entraîner des conflits d'utilisation, p. ex. dans le cas où, afin de préserver les paysages culturels dans les régions de montagne, des sites forestiers potentiels sont maintenus ouverts par pâturage. L'utilisation de terrain pour la foresterie peut également être un obstacle pour les prestations de puits de carbone d'autres NET.

Gestion du sol et charbon végétal



Le principe : Comme les arbres, toutes les plantes transforment le CO₂ en biomasse par photosynthèse et stockent le carbone dans les feuilles, les tiges, les racines et les fruits. Lorsque les plantes meurent, les

organismes du sol décomposent la matière végétale morte et libèrent ainsi du CO₂. Une partie est toutefois transformée en matière organique (humus) et reste dans le sol pendant une période prolongée.

La gestion du sol peut influencer le rapport entre formation et décomposition de l'humus. Lorsque ce dernier se forme, le sol absorbe plus de CO₂ qu'il n'en libère. La durée de rétention du carbone dans l'humus varie de plusieurs décennies à plusieurs siècles, en fonction du type de sol, du type de gestion et des conditions environnementales. Une gestion ciblée du sol permet d'augmenter le stockage de carbone organique sous forme d'humus : par exemple, en travaillant les sols agricoles au minimum, en améliorant la rotation des cultures, en laissant les résidus de récolte dans les champs, en cultivant des plantes à racines profondes ou en transformant les champs en prairies (agriculture de conservation). Les systèmes agroforestiers, soit la combinaison de terres agricoles et d'arbres ou d'arbustes, permettent de développer la biomasse et de stocker le carbone organique dans le sol.

Le CO₂ est également fixé à long terme sous forme de carbone lorsque le charbon végétal – c'est-à-dire la biomasse carbonisée sous forte chaleur et en l'absence d'oxygène (pyrolyse) – est labouré en sous-sol. Le charbon végétal est utilisé comme additif dans les engrais, dans l'élevage, comme matériau, et dans les techniques environnementales et énergétiques. Le carbone qu'il contient ne se libère que très lentement.



Coûts de la gestion du sol : entre 0 et 80 US\$/t de CO₂ selon la source

Coûts de production et d'utilisation du charbon végétal : entre 10 et 135 US\$/t de CO₂ selon la source



Potentiel NET de la gestion du sol : environ 2,7 mio de tonnes de CO₂/an (jusqu'à ce que le sol soit saturé de carbone, c'est-à-dire quelques décennies).

Potentiel NET des systèmes agroforestiers : si 13,3% de la surface agricole utile de la Suisse étaient convertis en systèmes agroforestiers, jusqu'à 13% des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole pourraient être compensés.

Potentiel NET du charbon végétal dans le sol : jusqu'à 2,2 mio de tonnes de CO₂/an



Niveau de maturité de la technologie : gestion du sol et agroforesterie 10, charbon végétal 9

Opportunités

- Amélioration de la formation d'humus, des services écosystémiques et de la qualité du sol.
- Les systèmes agroforestiers peuvent limiter l'érosion du sol, faciliter l'infiltration de l'eau, améliorer les propriétés physiques du sol et servir de tampon contre les événements extrêmes.
- Le charbon végétal fixe le carbone à long terme et peut être utilisé dans diverses industries.

Risques

- Les perturbations naturelles ou d'origine humaine et les changements climatiques peuvent libérer à nouveau le carbone organiquement lié dans les sols.
- L'agroforesterie peut faire baisser les rendements des cultures et augmenter les coûts de production, entraînant de possibles conflits d'utilisation avec la production alimentaire. À l'heure actuelle, il manque encore des études à long terme sur la faisabilité, la productivité et l'amélioration du stockage de CO₂ dans les sols suisses.
- L'épandage de charbon végétal peut être la cause de la pénétration de polluants dans les sols (par ex. des métaux lourds) et de leur accumulation dans la chaîne alimentaire.
- Le charbon végétal entre en concurrence avec d'autres NET en raison de ses besoins en biomasse.

Production de bioénergie avec captage et stockage du CO₂ (BECCS)



Le principe : En poussant, les plantes fixent le CO₂ de l'atmosphère et le transforment en biomasse. Lors de la combustion, de la pyrolyse ou de la gazéification de la biomasse, le CO₂ absorbé s'échappe à nouveau. Dans

les installations bioénergétiques, il est directement séparé des effluents gazeux, retenu dans des couches de terre profondes ou comprimé et transporté par camion-citerne ou pipeline vers un site de stockage à l'étranger. La BECCS (bioenergy with carbon capture and storage) utilise donc la biomasse d'une part à des fins énergétiques (c'est-à-dire transformée en électricité ou chaleur) et, d'autre part, pour générer des émissions négatives par le biais des technologies adéquates.

De grands espoirs sont placés dans la BECCS car cette NET associe le captage et le stockage du CO₂ avec la production d'énergie renouvelable. Elle joue un rôle important dans tous les scénarios du GIEC.

Des installations de démonstration existent déjà pour le captage du CO₂, notamment aux États-Unis et en Grande-Bretagne. L'exploration et l'exploitation de réservoirs géologiques sûrs constituent une

condition préalable importante à leur utilisation. En Suisse, il n'existe actuellement aucun site de stockage pour le CO₂ capté, mais celui-ci pourrait être transporté vers des sites de stockage géologique à l'étranger, par exemple via de (nouveaux) pipelines. En Suisse, la BECCS devrait surtout être utilisée dans les usines d'incinération des ordures ménagères, les cimenteries, les stations d'épuration des eaux usées et les entreprises chimiques.



Coûts : entre 30 et 400 US\$/t de CO₂ selon la source



Potentiel NET de la BECCS : environ 5,1 mio de tonnes de CO₂/an, si toute la biomasse disponible en Suisse est utilisée (dès 2050).



Niveau de maturité de la technologie : 9

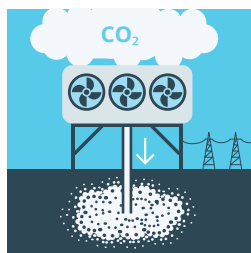
Opportunités

- Théoriquement, le CO₂ peut être stocké sous terre pendant de très longues périodes.
- Le captage du CO₂ à l'échelle industrielle est plus rentable et plus efficace du point de vue énergétique avec la BECCS qu'avec le DACCS car la concentration de CO₂ dans les effluents gazeux est beaucoup plus élevée que dans l'air.
- La méthode BECCS a un potentiel économique car l'utilisation en cascade de la biomasse qui ne convient plus à d'autres fins peut devenir une source de revenus supplémentaires pour l'agriculture et la foresterie.

Risques

- Lorsque la biomasse doit être spécialement produite pour la BECCS, cela peut entraîner des conflits d'utilisation avec la production alimentaire ainsi que des effets négatifs sur la biodiversité (en particulier dans le cas de monocultures de biomasse) en raison des besoins élevés en terres, en eau et en engrais.
- Le transport de la biomasse vers une installation de BECCS, l'énergie et les matériaux nécessaires à son exploitation ainsi que le piégeage géologique du CO₂ impliquent des coûts énergétiques et matériels élevés et pourraient conduire à une dépendance vis-à-vis de pays tiers.
- Des questions restent en suspens concernant la durabilité du stockage du CO₂. Cela pourrait, le cas échéant, donner matière à controverse dans le public.

Captage direct du CO₂ dans l'air et stockage (DACCS)



Le principe : La technologie DACCS (direct air carbon capture and storage) consiste à filtrer mécaniquement le CO₂ de l'atmosphère et à le stocker dans le sous-sol. Dans ce procédé, le CO₂ n'est donc pas absorbé par les plantes,

mais par une installation technique.

L'élimination du CO₂ de l'atmosphère permet de compenser des émissions de gaz à effet de serre difficilement évitables ailleurs (par exemple dans l'agriculture) – même, d'après les calculs, celles qui ne contiennent pas de carbone (par exemple le protoxyde d'azote). Le captage du CO₂ dans l'air ambiant se fait à l'aide de liants chimiques (procédés d'absorption et d'adsorption). Le CO₂ pur séparé du liant est ensuite liquéfié, transporté et stocké durablement en profondeur sous terre. Actuellement, les réservoirs géologiques profonds appropriés disponibles se trouvent essentiellement à l'étranger, notamment en Islande ou en Norvège.

La première installation commerciale de DACCS au monde a été inaugurée en 2021 en Islande. Elle a été développée par l'entreprise suisse Climeworks en collaboration avec l'entreprise islandaise Carbfix.

À pleine capacité, ce site devrait extraire de l'air environ 4000 tonnes de CO₂ par an. Pour une utilisation à grande échelle, cette technologie doit encore être perfectionnée.



Coût au stade actuel de développement : selon le procédé, entre 80 et 210 US\$/t de CO₂ (procédé d'absorption) et entre 560 et 730 US\$/t de CO₂ (procédé d'adsorption)

Coûts prévus à long terme : 100 US\$/t de CO₂



Potentiel NET du DACCS : le potentiel géologique total de stockage en Suisse est estimé à quelque 2500 mio de tonnes de CO₂.



Niveau de maturité de la technologie :

7 – 8

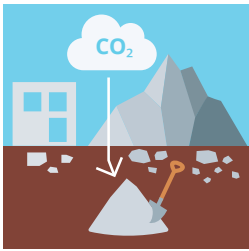
Opportunités

- Sous terre, le CO₂ devrait pouvoir être stocké pendant de très longues périodes. Cette technologie est en outre facile à mettre à l'échelle et n'est pas dépendante de la biomasse.
- Le DACCS n'est pas lié à un site particulier. Afin de minimiser le transport du CO₂ et les coûts globaux, les installations de DACCS peuvent donc être implantées là où se trouvent à la fois des sources d'énergie renouvelables et des gisements géologiques de CO₂.
- Comme la chaleur est la principale source d'énergie nécessaire à cette méthode, les rejets thermiques des processus industriels ou la géothermie peuvent également entrer en ligne de compte, selon le procédé.

Risques

- Coûts élevés et concurrence pour les sources d'énergie renouvelables : comme la proportion de CO₂ dans l'air est faible, les installations doivent filtrer d'énormes quantités d'air. Le captage de CO₂, gourmand en énergie, devient coûteux. De plus, une partie des procédés nécessitent de grandes quantités de produits chimiques et d'eau.
- Selon la méthode utilisée, le piégeage géologique du CO₂ capté présente des risques en termes de durabilité du stockage et pourrait donner matière à controverse dans le public.
- La stratégie climatique à long terme de la Suisse se base sur des scénarios prévoyant l'achat d'émissions négatives à l'étranger. Cela pourrait mener (comme actuellement le cas pour le pétrole et le gaz) à une dépendance infrastructurelle et contractuelle vis-à-vis de pays tiers.

Altération par carbonatation



Le principe : Lors de leur altération, certains minéraux comme les roches silicatées réagissent avec le CO₂ et fixent le carbone. Ce processus chimique appelé carbonatation se déroule très lentement en milieu naturel

mais peut être accéléré par des moyens techniques. Une approche consiste à broyer finement les roches et à les répandre sur de grandes surfaces de sols agricoles ou forestiers.

Le processus d'altération a également lieu dans le béton construit (où il est généralement indésirable car il fait rouiller les poutres en acier dans le béton). Ce phénomène peut lui aussi être fortement accéléré grâce à la technologie. C'est une bonne nouvelle pour le climat : grâce à de nouveaux procédés de carbonatation, le béton de démolition peut réabsorber jusqu'à 33% des gaz à effet de serre libérés lors de sa fabrication. Les débris de béton sont concassés et mis en contact avec du CO₂ pur (provenant par ex. d'installations de BECCS). Il en résulte une poudre de calcaire que l'on utilise comme filler ou granulats pour la fabrication de nouveau béton. Ce procédé permet de réduire l'empreinte carbone de nouveaux produits en béton.

Les entreprises suisses Neustark, zirkulit et Sika développent actuellement de nouveaux procédés pour stocker le CO₂ dans le béton de démolition et de recyclage.



Coûts : pour le béton de démolition, entre 140 et 940 US\$/t de CO₂, selon la source et en tenant compte des coûts d'investissement pour des installations spécifiques ; d'ici 2050, les coûts pourraient se limiter à 75 US\$/t de CO₂ ; pour les roches naturelles, on estime que les coûts se situent entre 70 et 130 US\$/t de CO₂.



Potentiel NET de la carbonatation : jusqu'à 2,5 mio de tonnes de CO₂ en 2050



Niveau de maturité de la technologie : carbonatation 5-6 ; épandage 3

Opportunités

- L'accélération de l'altération du béton de démolition a le potentiel de fixer jusqu'à 33% des émissions de CO₂ émises par la production de ciment.
- La liaison chimique du CO₂ dans le béton de démolition est très stable et promet un stockage de CO₂ de longue durée, potentiellement pendant des siècles.
- Le béton de démolition répandu sur les sols agricoles peut contribuer à réduire les émissions de protoxyde d'azote.

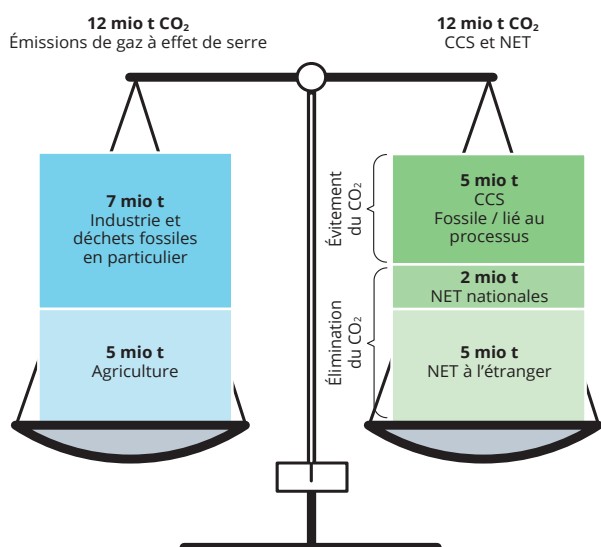
Risques

- L'épandage de béton concassé peut entraîner une accumulation de polluants dans le sol et avoir des effets négatifs sur les plantes et les organismes. De plus, de vastes surfaces sont requises.
- Le concassage de roches et de béton de démolition nécessite une grande quantité d'énergie.
- Il manque encore des études sur la stabilité de la fixation du CO₂ sous forme de carbonate minéral dans les sols.

Les NET, un volet important de la politique climatique en Suisse

En tant que pays alpin, la Suisse est particulièrement touchée par le changement climatique : les températures y augmentent deux fois plus vite que la moyenne mondiale. En 2019, le Conseil fédéral a décidé que la Suisse ne devrait plus produire de gaz à effet de serre d'ici 2050 : à partir de ce moment-là, elle ne pourra plus rejeter dans l'atmosphère que la quantité de CO₂ que peuvent absorber les puits naturels et techniques durables.

Pour atteindre le zéro net, la première mesure à prendre est de réduire autant que possible les émissions produites en Suisse. Le rôle subsidiaire des NET dans la poursuite de cet objectif est de compenser les émissions résiduelles difficilement évitables. Des mesures concrètes doivent aider à mettre ces technologies progressivement en place. Pour le Conseil fédéral, il s'agit non seulement d'une nécessité pour la politique climatique, mais aussi d'une opportunité pour la recherche et la place industrielle suisses.



D'ici 2050, le Conseil fédéral veut être en mesure d'éliminer de l'air 7 millions de tonnes de CO₂ par an, en Suisse et à l'étranger. Un supplément annuel de 5 millions de tonnes d'émissions de CO₂ provenant de sources fossiles doit être capté directement à la source et stocké durablement – on parle alors de captage et stockage du dioxyde de carbone (carbon capture and storage, CCS). On estime donc à 12 millions de tonnes de CO₂ par an les émissions résiduelles que la Suisse ne pourra pas éviter d'ici 2050 malgré tous ses efforts pour les réduire. À titre de

comparaison, la Suisse a émis un total de 43,4 millions de tonnes de CO₂ en 2020.

En septembre 2022, le Parlement a également adopté un contre-projet indirect à l'initiative sur les glaciers, dont le but principal est d'inscrire dans la loi l'objectif zéro émission nette d'ici 2050. Comme un référendum a été lancé contre cette nouvelle loi, le peuple suisse sera appelé à se prononcer en juin 2023.

Instruments de protection du climat

Sans les NET, il est impossible d'atteindre les objectifs climatiques de l'Accord de Paris. Mais les NET ne doivent pas non plus miner les autres efforts fournis pour le climat : il faut accorder la priorité à la réduction maximale des émissions de gaz à effet de serre par des mesures conventionnelles, comme une utilisation plus mesurée de l'énergie, le remplacement des énergies fossiles par des énergies renouvelables, ou par des mesures techniques visant à augmenter l'efficacité énergétique des processus de production, des bâtiments et des véhicules. Différents mécanismes et systèmes d'incitation contribuent à promouvoir de telles mesures. En simplifiant à l'extrême, il s'agit de renchérir le prix des émissions de gaz à effet de serre afin qu'il soit économiquement plus rentable de privilégier les sources d'énergie alternatives aux combustibles fossiles et d'investir dans des installations et des modes de production plus efficaces sur le plan énergétique.

En Suisse, les principaux outils à cet effet sont les taxes sur le CO₂ prélevées sur les combustibles, les conventions d'objectifs avec les entreprises et les systèmes d'échange de quotas d'émission (SEQE). Dans le cas des SEQE, l'État définit un plafond d'émissions autorisées et attribue aux installations industrielles les plus émettrices de gaz à effet de serre – en partie gratuitement, en partie par le biais de ventes aux enchères – une somme de droits d'émission, décroissante chaque année, qui autorise l'émission d'une certaine quantité de CO₂. Les entreprises qui n'utilisent pas leurs droits d'émission peuvent les revendre à d'autres entreprises moins efficaces. Le fait que ces droits d'émission sont négociés sur le marché permet de fixer un prix pour les émissions de gaz à effet de serre. Le SEQE suisse est lié au SEQE de l'UE.

D'autres projets de compensation en Suisse et à l'étranger permettent aussi de réduire les émissions. Par exemple, les fabricants et importateurs de carburants fossiles sont tenus de compenser une partie des émissions de CO₂ dues au transport en soutenant des projets de protection du climat. Pour atteindre la réduction des gaz à effet de serre visée par ces projets, ces entreprises reçoivent des attestations nationales ou internationales qu'elles peuvent imputer à leur propre objectif de réduction. Depuis 2022, les projets de stockage du CO₂ sont aussi autorisés.

Enfin, la Confédération et différents cantons et communes encouragent les comportements respectueux du climat par une série de programmes et de mesures incitatives. De tels mécanismes ont notamment pour but de recueillir le soutien de la population. En effet, la nouvelle édition de la révision de la loi sur le CO₂ ne prévoit pas de nouvelles taxes. La population ne doit pas avoir l'impression d'être « pénalisée par la politique climatique », a expliqué le Conseil fédéral à ce sujet.

Mission zéro net

Réduction du CO₂



Extraction du CO₂



En quoi les projets NET se distinguent-ils des projets classiques de compensation ?

Réduction du carbone : Pour compenser leurs propres émissions, les pays financent des projets climatiques qui permettent de réduire les émissions dans la même mesure, mais hors de leurs frontières. La quantité de CO₂ déjà émise dans l'atmosphère reste identique.

Élimination du carbone : Pour compenser leurs propres émissions, les pays financent des installations NET qui permettent d'extraire le CO₂ de l'air dans la même mesure, mais hors de leurs frontières. Au final, les émissions de CO₂ sont éliminées de l'atmosphère – à condition toutefois que la consommation d'énergie du procédé NET en question soit couverte par des sources d'énergie renouvelables.

Recommandations pour l'intégration des NET dans la politique climatique suisse

La présente étude met en évidence quelles aides au démarrage et adaptations sont nécessaires pour que les NET puissent déployer tout leur potentiel dans la politique climatique suisse, tout en évitant les risques qui en découlent. Il s'agit notamment de poser un cadre réglementaire, d'élaborer des normes et des valeurs limites, et de fixer des objectifs clairs.

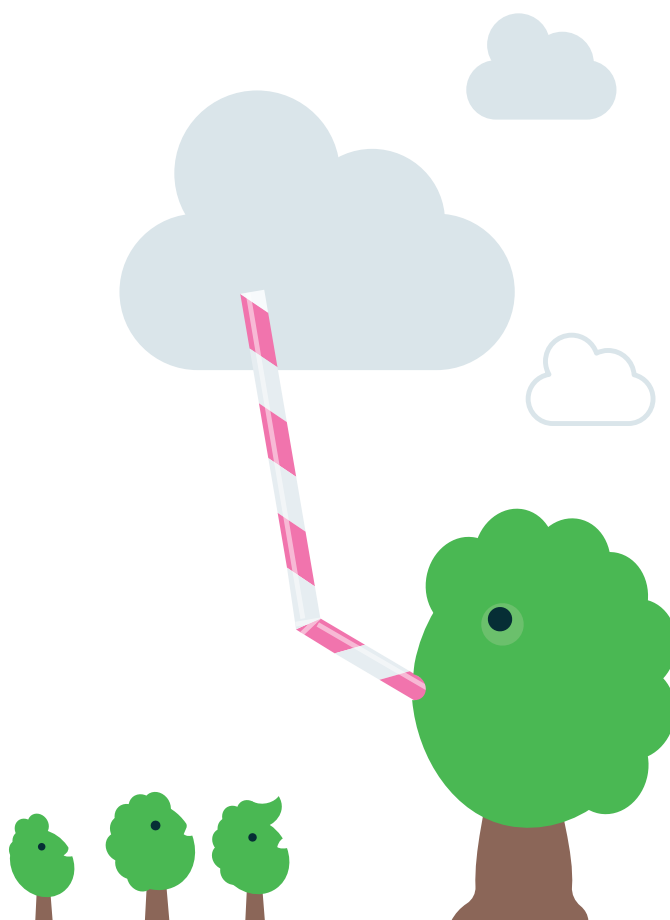
Financer les NET par les taxes sur le CO₂ : Au stade actuel de leur développement, le coût des NET, techniquement complexes, est nettement supérieur aux prix du CO₂ dans le système européen d'échange de quotas d'émission (de 70 à 90 US\$/t de CO₂). L'utilisation des recettes du SEQE, ainsi que des taxes supplémentaires ou plus élevées sur les gaz à effet de serre permettraient de subventionner leur développement et leur implémentation. Cette mesure assurerait aux entreprises comme aux particuliers un revenu fixe pour chaque tonne de CO₂ dont il est prouvé qu'elle est éliminée de l'atmosphère sur une période donnée. Cette subvention pourrait être progressivement réduite au fur et à mesure que la Suisse se rapproche de son objectif de zéro émission nette.

Créer un marché des NET : La Confédération doit mettre en place des incitations à l'utilisation d'installations de captage et de stockage de CO₂ dans l'atmosphère (BECCS), par exemple en créant un marché séparé pour l'extraction et le stockage du CO₂.

Poser un cadre d'évaluation et harmoniser les mesures d'imputation : Pour l'ensemble des NET, un processus uniforme de certification et de comptabilisation des émissions négatives doit être défini, et il faut mettre en place des méthodes de surveillance spécifiques pour les différentes NET et pour l'exploitation des installations de DACCS. Le calcul de la capacité de captage du CO₂ de chaque NET, par exemple du béton de démolition carbonaté, doit être fait selon des directives internationales fiables.

Coopérer avec les pays étrangers : Pour réduire l'effet de serre, le lieu où le CO₂ est extrait de l'atmosphère n'a pas d'importance. Or, comme en Suisse certaines ressources naturelles telles que les sols ou les réservoirs géologiques sont limitées, il est judicieux, d'un point de vue pratique et économique, de participer à la construction d'installations de DACCS dans des endroits où les sources d'énergie renouvelables et les réservoirs géologiques de CO₂ sont disponibles en suffisance. Dans l'optique d'une équité climatique globale, de telles coopérations avec l'étranger nécessitent un cadre contractuel au niveau de l'ONU. Ce cadre doit veiller à ce que les charges et les bénéfices soient répartis de manière équitable entre les pays participants et que les projets de protection du climat fassent l'objet de certifications et de décomptes transparents entre les pays.

Supprimer les fausses incitations : Fixer des objectifs distincts pour la réduction des émissions et pour les NET doit garantir que les mesures de limitation des émissions restent prioritaires et que les NET sont utilisées subsidiairement pour absorber, en quantité limitée, les émissions de gaz à effet de serre difficilement évitables provenant principalement de l'agriculture et de certains secteurs industriels.



Utilisation des ressources : interactions et conflits d'objectifs

Comme le montrent les fiches signalétiques (pages 7 – 12), les différentes approches NET ne sont pas équivalentes, que ce soit en termes de stade de développement, de potentiel de puits de CO₂ ou d'opportunités et de risques associés. En effet, si les coûts des NET qui se basent sur la nature – comme la gestion des forêts – sont contrôlables, ces variantes présentent des inconvénients car elles requièrent d'occuper une grande superficie et que l'extraction du CO₂ de l'atmosphère n'est pas durable : lorsque les arbres meurent et que le bois pourrit ou est brûlé, le CO₂ s'échappe à nouveau. En revanche, le carbone est fixé de manière beaucoup plus durable lorsque la biomasse est brûlée dans des installations de BECCS où le CO₂ émis est capturé et stocké profondément sous terre. Mais cette approche high-tech implique des coûts d'infrastructure élevés et requiert également de grandes quantités de biomasse.

Des conflits d'objectifs peuvent donc survenir entre les différentes NET. Il s'agit notamment des situations suivantes :

Concurrence pour le terrain et la biomasse

La gestion des forêts, l'utilisation du bois, la gestion du sol et la méthode BECCS requièrent des terres pour la culture de la biomasse. Celles-ci sont également mobilisées lorsque le carbone sous forme de charbon végétal est labouré en sous-sol ou épandu dans le paysage sous forme de poudre de roche carbonatée. Enfin, les infrastructures industrielles pour les installations de BECCS, de carbonatation, de DACCS et de pipelines de transport du CO₂ nécessitent elles aussi des terres. Les NET peuvent ainsi entrer en concurrence avec la production alimentaire ou avec les objectifs de durabilité d'autres secteurs industriels qui souhaitent remplacer les matériaux à base fossile par des ressources biosourcées. En outre, il est possible que la demande croissante de biomasse de culture entraîne une perte d'habitats et de biodiversité.

Concurrence pour l'eau

Toutes les NET – et notamment la BECCS – dépendent directement ou indirectement d'eau. L'approvisionnement en électricité, l'agriculture et l'industrie sont également tributaires de cette ressource, et ce dans un contexte géographique de plus en plus sec en raison du changement climatique.

Concurrence pour les énergies renouvelables

Le DACCS et l'altération accélérée des roches consomment beaucoup d'énergie. Pour couvrir ces besoins judicieusement, il faudrait des sources renouvelables – mais la concurrence pour l'électricité verte est grande.

Recommandations pour l'utilisation des ressources

Étant donné que différentes parties prenantes dépendent de ressources limitées telles que la biomasse, l'eau, le sol ou les énergies renouvelables, il est nécessaire d'élaborer une stratégie globale cohérente pour leur utilisation, avec des objectifs, des priorités, des valeurs limites et des directives bien définies. Cette stratégie doit déterminer les potentiels et les disponibilités, prendre en compte les évolutions et tendances possibles et clarifier la nécessaire priorisation de l'accès en cas de pénurie de ressources. Au sens large, cela s'applique également aux ressources telles que les matières premières critiques, les finances, la main d'œuvre spécialisée et le savoir-faire nécessaires à la réalisation des objectifs de durabilité de la Suisse.

En outre, un concept et des critères pour les projets d'intérêt national doivent être développés pour permettre d'accélérer les procédures d'autorisation en tenant compte des autres intérêts.

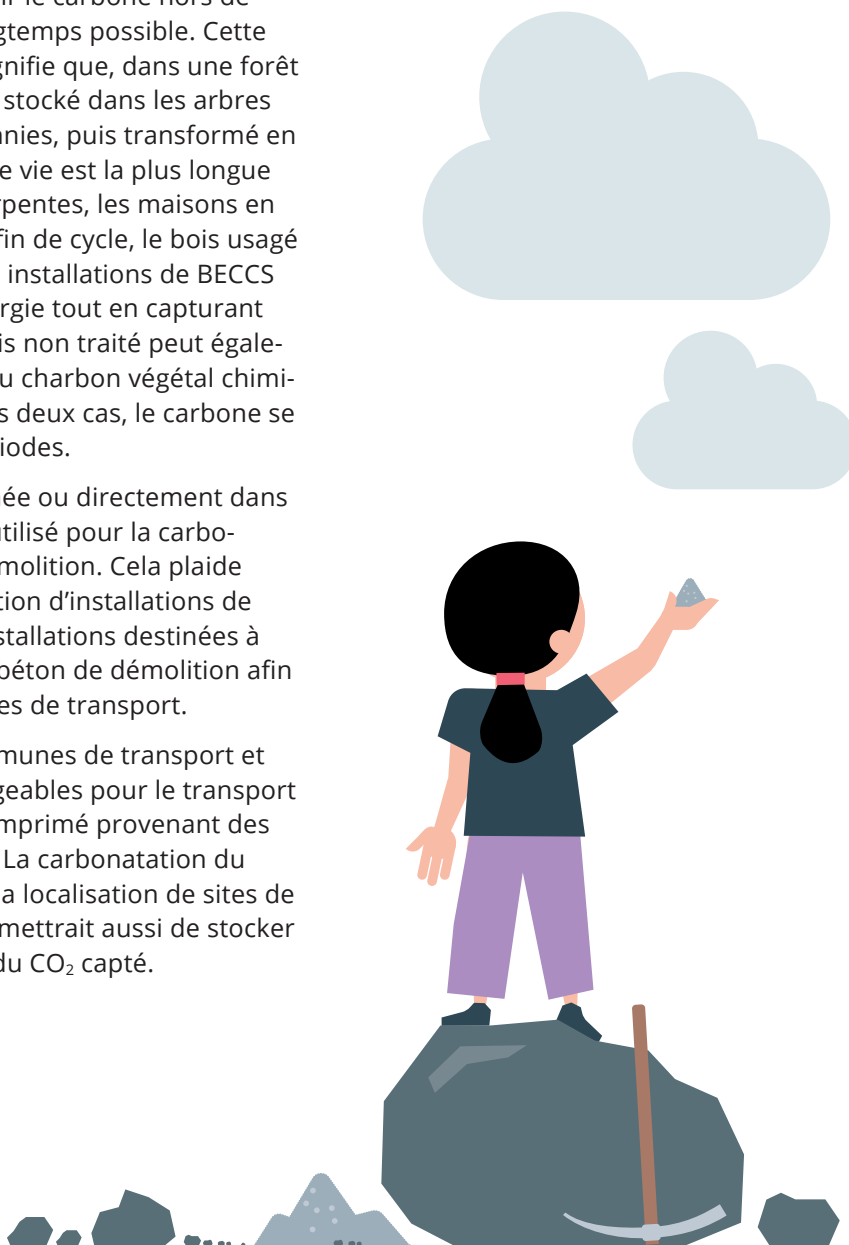
Synergies et cascades d'utilisation

Il existe également toute une série de synergies entre les différentes NET, ou entre les NET et d'autres secteurs industriels, qui peuvent être exploitées au profit de la protection du climat.

- Combinée à l'agroforesterie, la gestion des forêts et du sol pourrait optimiser les besoins en terrain pour ces NET.
- La gestion durable des forêts consiste à récolter le bois de manière ciblée, et à l'utiliser en plusieurs étapes de la manière la plus efficace possible afin de maintenir le carbone hors de l'atmosphère le plus longtemps possible. Cette utilisation en cascade signifie que, dans une forêt saine, le CO₂ est d'abord stocké dans les arbres pendant quelques décennies, puis transformé en produits dont la durée de vie est la plus longue possible comme les charpentes, les maisons en bois ou les meubles. En fin de cycle, le bois usagé peut être brûlé dans des installations de BECCS afin de produire de l'énergie tout en capturant et stockant le CO₂. Le bois non traité peut également servir à produire du charbon végétal chimiquement stable. Dans les deux cas, le carbone se fixe pour de longues périodes.
- Le CO₂ capté à la cheminée ou directement dans l'atmosphère peut être utilisé pour la carbonatation du béton de démolition. Cela plaide en faveur de la construction d'installations de captage à proximité d'installations destinées à accélérer l'altération du béton de démolition afin de minimiser les distances de transport.
- Des infrastructures communes de transport et de stockage sont envisageables pour le transport et le stockage du CO₂ comprimé provenant des installations de captage. La carbonatation du béton de démolition ou la localisation de sites de stockage appropriés permettrait aussi de stocker dans le pays une partie du CO₂ capté.

Recommandations pour l'exploitation des synergies

Comme plusieurs NET n'en sont qu'au début de leur commercialisation, il est important d'exploiter systématiquement les synergies afin d'utiliser les ressources disponibles le plus efficacement possible. Cela nécessite une coordination et une planification en amont, auxquelles devraient participer tous les acteurs concernés, à savoir la Confédération, les cantons et l'industrie, par exemple au moyen de tables rondes.



Un complément indispensable, pas un substitut

Pour toutes les NET, il subsiste encore des points d'interrogation techniques, économiques, sociaux et politiques. Il n'est pas encore certain qu'elles puissent apporter la contribution attendue à l'objectif zéro net d'ici 2050. Cela n'est pas seulement dû au fait qu'aucune de ces technologies n'est totalement exempte de risques mais aussi au fait qu'il faut encore définir et implémenter la plupart des systèmes d'incitation, les conditions-cadres et les instruments politiques appropriés.

Recommandations sur le cadre d'implémentation

Selon cette étude, les étapes suivantes sont importantes pour que les NET puissent compenser les émissions difficilement évitables comme souhaité en Suisse :

Comprendre et aborder la question des opportunités et des risques : Pour la plupart des NET, il est nécessaire de poursuivre les recherches afin d'améliorer les procédés, de les rendre moins coûteux et de les mettre à l'échelle. Les connaissances sur les potentiels de captage ou de stockage, les conséquences sur l'environnement, les synergies et la charge financière doivent être systématiquement approfondies. Et les risques doivent être analysés afin qu'une réglementation adéquate (surveillance, valeurs limites, responsabilité, etc.) puisse les minimiser autant que possible.

Promouvoir le développement et la mise en œuvre : Il faut recourir à toute une palette d'instruments politiques (encouragement de la recherche, subventions à l'investissement et à l'exploitation, définition de normes, etc.) pour accélérer l'utilisation des NET. Cela permettra d'améliorer l'apprentissage technologique, de réduire les coûts et de mener les NET à la maturité commerciale à moyen terme. Outre le développement des différentes étapes du processus, il est également important de tester et d'optimiser l'interaction de tous les processus dans l'ensemble de la chaîne, y compris l'infrastructure et la logistique. Cela pourrait notamment passer par un apprentissage par la pratique systématique et participatif (de type learning by doing) dans le cadre de l'utilisation croissante des NET.

Trouver le bon « Swiss Mix » : Aucune des NET étudiées n'est une solution miracle susceptible de compenser toutes les émissions difficilement évitables en Suisse. Toutefois, si leur potentiel d'extraction de l'atmosphère s'avère effectivement exploitable, les besoins de compensation visés devraient pouvoir être couverts par un portefeuille d'options NET qui se complètent entre elles. L'important pour la mise en œuvre est donc de trouver la bonne combinaison de technologies et de pratiques complémentaires et de trouver un « Swiss Mix » qui tienne compte des spécificités nationales.

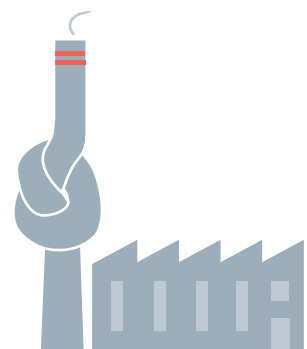
Communiquer et participer : Il convient d'encourager la population à comprendre le rôle que les NET peuvent jouer dans la politique climatique suisse et de mener le débat sociétal sur une base objective. À cet effet, il faut que les connaissances actuelles soient accessibles à un large public et que les personnes concernées soient impliquées dans un dialogue sur le développement et l'utilisation des NET.



Et pour finir

Force est de constater que les NET ne nous épargneront pas les efforts nécessaires pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. La limitation des émissions doit rester la priorité absolue. Qu'il s'agisse de high-tech ou de low-tech, les NET ne sont pas une excuse pour continuer à « faire comme avant ». Trop coûteuses et trop gourmandes en énergie pour cela, elles ne devraient être réservées qu'aux émissions impossibles à éviter. Si l'on vise les objectifs de l'Accord de Paris sur le climat, les NET ne sont donc pas une alternative à la réduction des émissions. En revanche, elles constituent un complément pour ainsi dire indispensable.

Pourquoi indispensable ? Aucune des NET prises en considération n'est dépourvue de risques et d'effets secondaires pour être utilisée sans crainte. Et en même temps, il faut se rendre à l'évidence devant ce constat implacable : comparés aux menaces liées au changement climatique, aucun des risques de ces technologies ne paraît assez important pour déconseiller leur mise en œuvre. Et c'est précisément pour cette raison qu'il est indispensable de soupeser les avantages, les inconvénients, les coûts et les conséquences de ces différents procédés. Il s'agit de se prononcer publiquement sur le rôle que doit jouer une combinaison de NET spécifique à la Suisse dans la politique climatique de notre pays. Il s'agit d'ouvrir le débat au sein de la société sur la quantité d'émissions de gaz à effet de serre que la Suisse veut encore « se permettre » à l'avenir, sur les responsabilités en matière de financement des NET, et sur la suite des mesures à prendre après 2050 si de nouvelles réductions des GES dans l'atmosphère sont nécessaires pour stabiliser le climat.



Membres du groupe d'accompagnement

- Dr Stefan Vannoni, économiste, CEO cemsuisse, président du groupe d'accompagnement, membre du Comité directeur de TA-SWISS
- Dr David Altwegg, économiste et ingénieur, membre du Comité directeur de TA-SWISS
- Dr Andreas Bachmann, éthicien et philosophe, secrétariat du Comité d'Éthique, Office fédéral de l'environnement (OFEV)
- Prof. Pascal Boivin, agronome, HEPIA
- Prof. Alfredo Bondolfi, Université de Genève, membre du Comité directeur de TA-SWISS
- Prof. Jacques Dubochet, biophysicien, prix Nobel de chimie, Université de Lausanne, membre du Comité directeur de TA-SWISS
- Dr Samuel Eberenz, expert en risques météorologiques et climatiques, Fondation Risiko-Dialog
- Floris Heim, expert en étude d'impact sur l'environnement, Office des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air, canton de Zurich
- Dre Sonja Keel, ingénieure en environnement, Agroscope
- Dre Selma L'Orange Seigo, psychologue de l'environnement et politicienne
- Dr Urs Neu, météorologue, directeur suppléant ProClim
- Dr Otto Schäfer, biologiste et écothéologiste
- Dr Daniel Sutter, chimiste, Climeworks
- Adèle Thorens, éthicienne, conseillère et membre du Conseil des États
- Dre Esther Thürig, scientifique, chef de groupe Ressources et gestion forestières, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage
- Dre Sophie Wenger Hintz, chimiste, Politique climatique NET, Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Direction de projet TA-SWISS

- Dre Elisabeth Ehrensperger, directrice
- Dre Bénédicte Bonnet-Eymard, responsable de projet

Impressum

Capter le CO₂ dans l'air et le stocker

Synthèse de l'étude «Chancen und Risiken von Methoden zur Entnahme und Speicherung von CO₂ aus der Atmosphäre: Empfehlungen aufgrund der Analyse des Wissensstandes und einer systematischen Befragung von Fachleuten in der Schweiz»

TA-SWISS, Berne 2023

TA 80A/2023

Autrice : Christine D'Anna-Huber, cdh Wissenschaft im Text, Paradiso

Traduction : Alexandra de Bourbon, pro-verbial sàrl, Zurich

Production : Bénédicte Bonnet-Eymard et Fabian Schluep, TA-SWISS, Berne

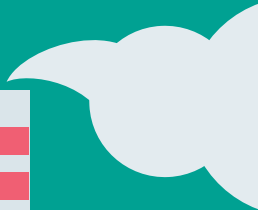
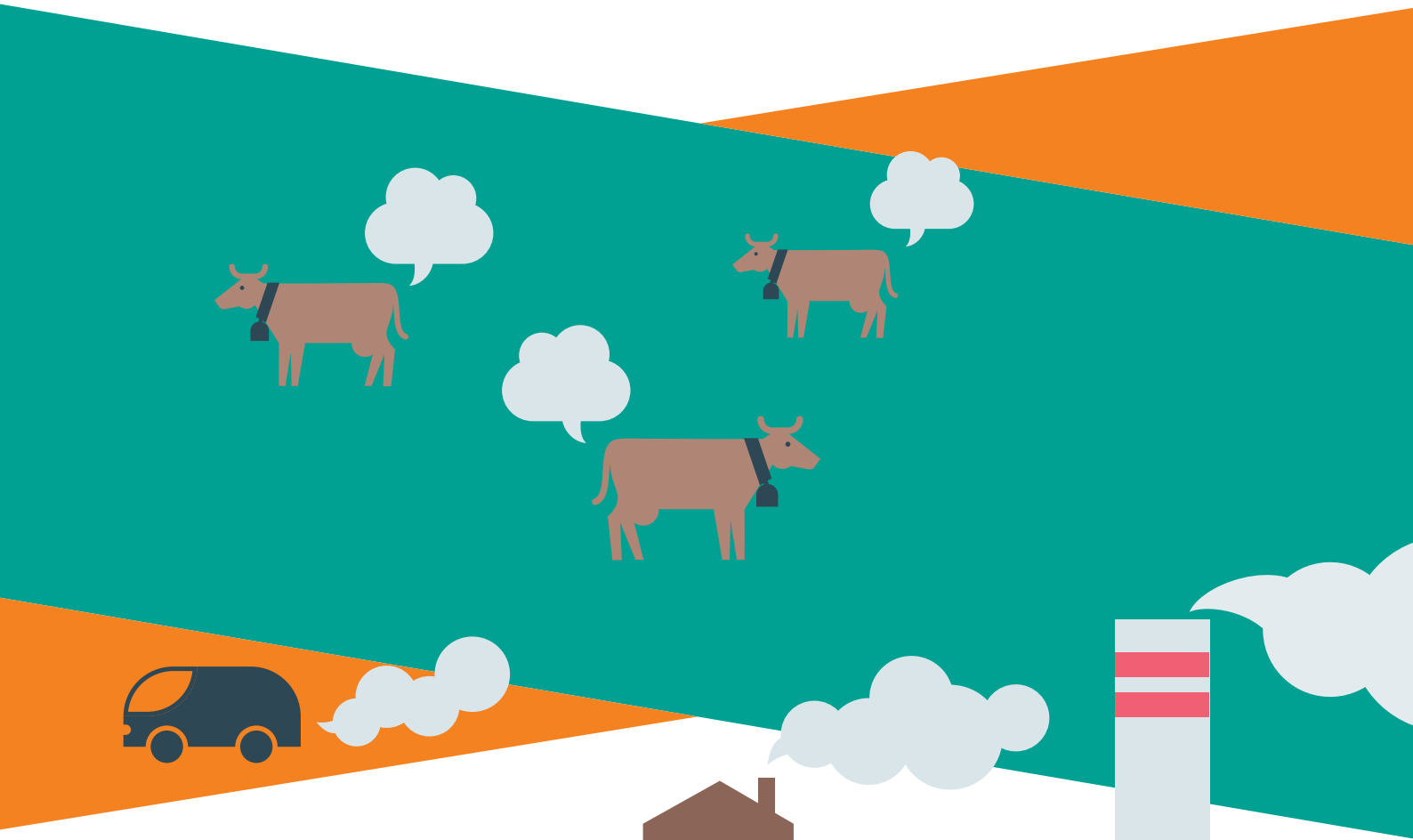
Conception et illustrations : Hannes Saxer, Berne

Impression : Jordi AG – Das Medienhaus, Belp

TA-SWISS – Fondation pour l'évaluation des choix technologiques

Souvent susceptibles d'avoir une influence décisive sur la qualité de vie des gens, les nouvelles technologies peuvent en même temps comporter des risques nouveaux, qu'il est parfois difficile de percevoir d'emblée. La Fondation pour l'évaluation des choix technologiques TA-SWISS s'intéresse aux avantages et aux risques potentiels des nouvelles technologies qui se développent dans les domaines « biotechnologie et médecine », « numérisation et société » et « énergie et environnement ». Ses études s'adressent tant aux décideurs du monde politique et économique qu'à l'opinion publique. TA-SWISS s'attache, en outre, à favoriser par des méthodes participatives, l'échange d'informations et d'opinions entre les spécialistes du monde scientifique, économique et politique et la population. TA-SWISS se doit, dans toutes ses projets sur les avantages et les risques potentiels des nouvelles technologies, de fournir des informations aussi factuelles, indépendantes et étayées que possible. Il y parvient en mettant chaque fois sur pied un groupe d'accompagnement composé d'experts choisis de manière à ce que leurs compétences respectives couvrent ensemble la plupart des aspects du sujet à traiter.

La fondation TA-SWISS est un centre de compétence des Académies suisses des sciences.



TA-SWISS
Fondation pour l'évaluation
des choix technologiques
Brunngasse 36
CH-3011 Berne
info@ta-swiss.ch
www.ta-swiss.ch

membre des
 académies suisses
des sciences

