

## Fonds Suisse pour les Émissions Négatives - comment payer pour le Net Zéro



# Fonds Suisse pour les Émissions Négatives - comment payer pour le Net Zéro

## Livre blanc E4S

2022 / 02

**Auteurs :** Sascha Nick (EPFL) & Philippe Thalmann (EPFL)

De nombreux experts de la plateforme "Politique environnementale fondée sur les données scientifiques" ont apporté leur contribution et examiné les versions préliminaires du rapport. Leurs commentaires et suggestions ont été d'une aide précieuse.

Afin de trouver des solutions aux plus grands défis de la société, E4S encourage les discussions et la diversité des opinions sur des sujets d'importance cruciale. Les points de vue et les opinions exprimés dans les documents publiés par E4S sont ceux de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement la politique ou la position officielle de E4S.

Enterprise for Society (E4S) est une initiative conjointe de l'Université de Lausanne, par l'intermédiaire de sa Faculté de commerce et d'économie (UNIL-HEC), de l'Institute for Management Development (IMD) et de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), sous la direction de son College of Management of Technology, dont la mission est de favoriser la transition vers une économie plus résiliente, durable et inclusive. E4S s'engage à former la prochaine génération de leaders, à inspirer la transformation économique et sociale, et à promouvoir le changement en renforçant les start-ups et en stimulant l'innovation.

Ce projet a été mené dans le cadre d'un partenariat avec la Fondation Leenaards.



# Table des matières

<b>1. Résumé exécutif</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Retrait du carbone, émissions négatives et zéro net</b> .....	<b>6</b>
<b>3. La politique climatique suisse - net zéro, et la voie à suivre</b> .....	<b>7</b>
Après le vote de juin 2021	7
Une décarbonation rapide de la Suisse ?	7
Que se passe-t-il lorsque le budget carbone restant est épuisé ?	7
<b>4. Les arguments en faveur d'un Fonds suisse pour les émissions négatives</b> .....	<b>9</b>
Pourquoi un Fonds suisse pour les émissions négatives est-il nécessaire ?	9
Résultats attendus	9
Externalités et manque d'action climatique	9
Fonds ou mandat pour retirer le carbone de l'atmosphère ?	10
Proposons-nous quelque chose de nouveau ?	10
Obligation de reprise des émissions de carbone	11
La politique climatique suisse future	11
Action climatique suisse et implications géopolitiques	12
<b>5. Proposition de mise en œuvre du Fonds suisse pour les émissions négatives</b> .....	<b>13</b>
Flux financiers et gouvernance	14
Flux de CO <sub>2</sub> et gouvernance	14
Avantages directs et co-bénéfices ; acceptation par les principaux groupes de parties prenantes.	16
<b>6. Modélisation financière et du flux de CO<sub>2</sub> du fonds</b> .....	<b>17</b>
Résultats de base	18
Simulation d'une politique climatique plus ambitieuse	19
Impact de l'aviation	22
<b>7. Démarrage : proposition de fonds pilote</b> .....	<b>23</b>
Objectif du fonds pilote	23
Structure et gouvernance du fonds pilote	23
Projets de retrait du CO <sub>2</sub> - sélection et exemple	24
Acceptation des parties prenantes	25
<b>8. Annexe</b> .....	<b>26</b>
GES à courte et longue durée de vie, et le cas du méthane	26
Scénarios, hypothèses et paramètres modélisés	27
<b>9. Références</b> .....	<b>28</b>

# 1. Résumé exécutif

Dans cet article, nous proposons de créer un fonds pour financer le retrait de toutes les émissions de gaz à effet de serre (GES) du territoire suisse à partir de 2030. Ce fonds permettra d'accélérer la décarbonation et d'atteindre des émissions annuelles nettes nulles vers 2040, puis de retirer progressivement toutes les émissions passées émises dès 2030. Le fonds sera entièrement financé par les émetteurs, sur la base du principe du «pollueur-payeur», sans intervention des contribuables. Les bases de l'analyse sont disponibles dans notre livre blanc E4S de décembre 2021 [«Retrait du carbone, net zéro, et implications pour la Suisse»](#).

**Le Fonds suisse pour les émissions négatives** proposé, décrit en détail dans la [section 5](#), est un fonds public qui sera lancé en 2025 pour atteindre son plein potentiel en 2030, avec l'obligation pour tous les émetteurs territoriaux suisses de payer pour le retrait de «leur» CO<sub>2</sub>. La contribution obligatoire au fonds remplace la taxe sur le CO<sub>2</sub> et le EU ETS existants, et est due chaque trimestre. Les paiements peuvent être regroupés au niveau des grossistes, des détaillants ou des importateurs ; les particuliers ne contribuent généralement pas directement. Le retrait du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère exige du fonds qu'il constitue et mette à l'échelle un portefeuille diversifié de projets biologiques et géologiques appropriés, ce qui prend du temps. Comme les émissions sont initialement élevées et que le retrait ne fait que commencer, le fonds accumulera d'abord des réserves, qui seront utilisées ultérieurement à mesure que les projets de retrait se développeront et que de moins en moins d'émetteurs continueront de cotiser au fonds.

Nous modélisons le fonds avec deux scénarios ([section 6](#)) : le scénario de base adapté de la Stratégie climatique à long terme de la Suisse, et une politique climatique plus ambitieuse. Notre modèle suggère que l'atteinte du net zéro et le respect du budget de 1,5°C seraient efficaces et abordables, à l'échelle de l'économie. Nous proposons également un fonds pilote à l'échelle de 1% du fonds complet, afin de tester toutes les hypothèses, permettant au Fonds suisse pour les émissions négatives de démarrer avec une validation en situation réelle.

Au moment où nous publions ce document, la

guerre en Ukraine donne une nouvelle urgence à la sécurité énergétique, et nécessite de se demander quels régimes et quelles guerres sont financés par les importations européennes de pétrole et de gaz. Nous espérons que ce débat indispensable rendra la défense de l'utilisation continue des combustibles fossiles moralement inacceptable et accélérera la décarbonisation profonde.

Voici les principaux messages que les décideurs politiques et les responsables d'organisations doivent garder à l'esprit :

1. Après le rejet par 51,6 % des électeurs suisses de la loi sur le CO<sub>2</sub> en 2021, la politique climatique suisse est encore moins sur la bonne voie pour tenir les engagements de la Suisse dans le cadre de l'Accord de Paris. La modeste réduction territoriale de 37,5 % par rapport aux émissions de 1990, correspondant à la NDC suisse (Nationally Determined Contribution - l'engagement du pays dans le cadre de l'Accord de Paris, tel que soumis en décembre 2020), est bien inférieure à l'engagement de l'UE (-55 %).
2. Le budget carbone mondial restant de 1,5°C sera épuisé vers 2030. Du point de vue de la responsabilité historique, et compte tenu de ses capacités, la **Suisse doit rapidement atteindre son propre net zéro territorial, retirer toute émission restante à partir de 2030, et aider les pays plus pauvres, financièrement ainsi que par le transfert de connaissances, à atteindre leur propre décarbonation profonde**. Cette aide ne doit pas être comptabilisée dans le net zéro suisse, via l'article 6 de l'Accord de Paris ou autrement.
3. Le retrait du carbone, y compris le captage et le stockage du carbone (CCS) et les technologies à émissions négatives (NET), est un élément important de l'action de la Suisse en faveur du climat, même s'il est limité à environ 10 % des émissions territoriales de 2020, soit 5 Mt de CO<sub>2</sub> par an. Le potentiel du retrait définit implicitement de combien les émissions de gaz à effet de serre doivent diminuer, et fixe un prix du carbone objectif, «technique» et non «politique», créant ainsi un signal fort pour accélérer l'action climatique. Une **action opportune et bien ciblée peut offrir des co-bénéfices importants en matière de biodiversité, faire participer la population locale et accroître**

### **l'acceptation des parties prenantes.**

4. Le **Fonds suisse pour les émissions négatives investira dans un portefeuille de projets de retrait du carbone en Suisse**, en développant les connaissances essentielles, le suivi, la gouvernance, les infrastructures, la sensibilisation et l'acceptation du public, et en apportant des co-bénéfices significatifs en matière de biodiversité en Suisse. Son portefeuille de projets développera le potentiel de retrait de 5 Mt de CO<sub>2</sub> par an, et comprendra à la fois des projets biologiques (restauration de zones humides et d'autres écosystèmes, reboisement, le biochar et la revitalisation des sols) et des projets géologiques.
5. Le Fonds suisse pour les émissions négatives pourrait **aider la Suisse à atteindre le zéro net vers 2040 sur une base annuelle**, soit une décennie plus vite que les objectifs actuels, et à retirer finalement toutes les émissions de GES dépassant le budget de 1,5 °C à partir de 2030.
6. Une décarbonation plus ambitieuse, comme attendue, **réduit** à la fois les paiements annuels au fonds et leur durée, car il y a moins de CO<sub>2</sub> à retirer. Elle réduit également **le coût de retrait par tonne**, ce qui conduit à un coût total de décarbonation de la société beaucoup plus faible.
7. Étant donné que le **fonds permet de retirer efficacement le carbone au moindre coût**, le prix du CO<sub>2</sub> résultant, estimé à 240-290 CHF, reste **trop faible pour inciter à une décarbonation rapide** de la société suisse. D'autres instruments politiques sont nécessaires, notamment la réglementation, l'investissement public et l'action volontaire. Il est essentiel que tous les secteurs se décarbonent profondément et paient pour retirer leurs émissions restantes - des exceptions feraient peser une charge trop lourde sur les autres secteurs.
8. **La proposition de fonds est nouvelle en termes d'ambition, de mise en œuvre et d'impact.** Sur le plan conceptuel, elle s'appuie sur une longue tradition de concepts éprouvés, similaires à de nombreuses initiatives de type «pollueur-payeur» existantes ou proposées. Sur le plan financier, il fonctionne comme un fonds de pension entièrement capitalisé. La nouveauté réside dans la combinaison du budget carbone restant, des incitations à décarboner rapidement, des principes de fonctionnement visant à améliorer la biodiversité locale et la résilience de la production alimentaire, et d'un large engagement de la société.
9. En outre, nous proposons de **valider le fonds à grande échelle en lançant un fonds pilote en 2022**, sur une base volontaire, avec plusieurs organisations publiques et privées à l'avant-garde du climat, atteignant environ 1 % du volume du futur fonds national. Tous les aspects critiques de la mission peuvent être testés : le financement et la modélisation financière, la sélection et le suivi des projets, la gouvernance, le transfert de connaissances, ainsi que le travail de proximité, la sensibilisation et l'acceptation.
10. Conçu de manière appropriée, le **Fonds suisse pour les émissions négatives peut débloquer l'impasse actuelle de l'action climatique, atteindre un niveau net zéro financé par les pollueurs, susciter l'adhésion**, développer le leadership moral et scientifique de la Suisse et, en quelques mois, commencer à apporter des avantages significatifs aux écosystèmes et à la population suisses.

## 2. Retrait du carbone, émissions négatives et zéro net

Notre livre blanc E4S de décembre 2021 intitulé "**Carbon removal, net zero, and implications for Switzerland**" (**Retrait du carbone, zéro émission et implications pour la Suisse**)<sup>1</sup> plaide en faveur du retrait **du carbone**, y compris la capture, l'utilisation et le stockage du carbone (**CCUS**) et les technologies à émissions négatives (**NET**), en tant que partie importante mais modeste de l'action climatique dans les 2-3 décennies critiques dont nous disposons pour stabiliser notre climat et arrêter la perte de biodiversité.

Nous résumons ici les principales conclusions de ce document, qui constituent la base de notre proposition de Fonds suisse pour les émissions négatives :

- Le rapport d'évaluation 6 du GIEC<sup>2</sup> estime le **budget carbone restant à 300-400 Gt CO<sub>2</sub>**, pour rester dans la limite de 1,5°C. La limite des 300 Gt sera atteinte vers 2027-2028, à moins que nous ne réduisions massivement nos émissions presque immédiatement. Cette fenêtre extrêmement courte limite le rôle des technologies encore en R&D, ce qui suggère de mettre l'accent sur les mesures politiques, comportementales et économiques.
- Le réchauffement climatique affecte les humains directement et indirectement, en dégradant les services écosystémiques dont nous dépendons pour notre survie, comme la nourriture, les médicaments, la pollinisation ou le cycle des nutriments. La **protection des services écosystémiques** est l'une des principales raisons de l'action climatique<sup>3,4</sup>. De nombreuses mesures biologiques de retrait du carbone, si elles sont correctement mises en œuvre, peuvent offrir des co-bénéfices importants en matière de biodiversité, même à des échelles relativement réduites.
- Pour la Suisse, compte tenu de sa densité, de ses écosystèmes fragiles, d'un réchauffement plus rapide atteignant déjà 2°C, d'une biomasse disponible limitée et d'émissions relativement élevées provenant du ciment et de l'incinération des déchets, nous soulignons l'importance d'une action climatique basée sur la nature avec des co-bénéfices pour la biodiversité, notamment la restauration des zones humides, les projets de biochar et de carbone dans le sol. En outre,

le CCS avec stockage géologique local devrait être développé pour les cimenteries et les incinérateurs, ainsi qu'un peu de bioénergie avec CCS (BECCS). Le potentiel réaliste en Suisse est d'environ 5 Mt par an, ce qui correspond aux derniers 10% des émissions territoriales. Conçues et contrôlées avec soin, les mesures de retrait du carbone pourraient également renforcer la résilience des écosystèmes fragiles.

Nous concluons que l'importance du retrait du carbone va bien au-delà des derniers 5 à 10 % des émissions actuelles, en définissant implicitement les objectifs de suffisance, d'efficacité et d'énergie renouvelable, c'est-à-dire la profondeur et la rapidité avec lesquelles nous devons réduire les émissions pour rester dans le budget carbone de 1,5°C. Le retrait du carbone fixe également un prix objectif, « technique » et non « politique », pour l'émission de CO<sub>2</sub>, créant ainsi un signal fort pour accélérer l'action climatique. Enfin, le retrait du carbone par la nature, correctement conçu et contrôlé, offre des avantages rapides et importants en termes de biodiversité, tout en impliquant la population locale et générale, ce qui est essentiel pour une acceptation plus large.

### 3. La politique climatique suisse - net zéro, et la voie à suivre

#### Après le vote de juin 2021

Le 13 juin 2021, 51,6 % des électeurs suisses ont rejeté la loi sur le CO<sub>2</sub> 2021, qui aurait inscrit dans la loi les objectifs de l'Accord de Paris et la NDC (Contributions déterminées au niveau national) suisse : au moins 50 % de réduction d'ici 2030 et zéro net d'ici 2050. La loi aurait porté le plafond de la taxe CO<sub>2</sub> sur les combustibles de chauffage à 210 francs par tonne, et introduit une taxe sur les billets d'avion de 30 à 120 francs par vol aller, en fonction de la distance et de la classe du billet. La moitié de la taxe sur les billets aurait été redistribuée à la population, profitant financièrement à tous, sauf à une petite minorité de grands voyageurs.

Une analyse du rejet de l'initiative<sup>5</sup> suggère une prise de décision subjective basée sur une connaissance très limitée de la population générale. Par exemple, seuls 10 % des répondants étaient au courant de la redistribution de la taxe sur le CO<sub>2</sub> à la population, qui est en place depuis 2008.

Cela suggère à la fois la nécessité d'engager largement l'ensemble de la société dans l'action climatique, et de rendre les instruments politiques aussi simples que possible.

#### Une décarbonation rapide de la Suisse ?

Huit mois après la votation de juin 2021, la politique climatique suisse n'a pas encore récupéré, et il n'existe toujours pas de cadre juridique permettant d'atteindre les objectifs suisses de l'Accord de Paris, qui soit juridiquement contraignant. La plupart des actions sont concentrées sur la signature d'accords dans le cadre de l'article 6, un mécanisme de coopération internationale de la COP21, permettant aux pays riches de payer d'autres pays pour réduire les émissions à leur place. Nous avons trouvé cette approche profondément problématique<sup>1</sup>, car il n'a pas encore été prouvé qu'il était possible de garantir, à l'échelle, que les réductions soient réelles, permanentes, additionnelles, qu'elles ne soient pas comptabilisées deux fois et qu'elles n'évincent pas les propres efforts de décarbonation des pays hôtes. En date de février 2022, la Suisse a signé des accords<sup>6</sup> avec le Pérou, le Ghana, le Sénégal, la Géorgie, le Vanuatu, la Dominique, la Thaïlande, l'Islande et le Maroc.

Depuis le vote, il ne s'est pas passé grand-chose pour réduire les émissions territoriales suisses, l'objectif

immédiat de la CDN suisse, ni les émissions de consommation plus larges. Il manque même une vision crédible de l'action spécifique de la Suisse en matière de climat, au-delà de l'objectif général «Net zéro en 2050».

Climate Action Tracker a attribué à la Suisse la note globale «insuffisant» dans son dernier examen pour n'avoir pas réussi à accroître son ambition, qui est insuffisante en termes de politiques, d'actions et de part équitable de l'objectif, et très insuffisante en termes de financements en faveur du climat<sup>7,8</sup>.

Du point de vue de la responsabilité historique, et compte tenu de ses capacités, la Suisse doit rapidement atteindre son propre net zéro territorial, retirer les émissions excédentaires au-delà du budget carbone, et aider les pays plus pauvres à se décarboner, financièrement ainsi que par le transfert de connaissances. Cette aide ne devrait pas être comptabilisée dans le net zéro suisse, via l'article 6 ou autrement, pour les raisons mentionnées ci-dessus. Ces considérations s'appliquent à tous les pays à haut revenu.

#### Que se passe-t-il lorsque le budget carbone restant est épuisé ?

Le budget carbone mondial restant pour maintenir le réchauffement climatique dans la limite de 1,5°C avec une probabilité acceptable de 67-83%, défini par le GIEC AR6<sup>2</sup> comme étant de 3-400 Gt CO<sub>2</sub>, sera épuisé vers 2029-2030, sur la base des trajectoires actuelles. Cela signifie que chaque tonne de CO<sub>2</sub> émise par la suite devra être retirée de l'atmosphère. Nous interprétons cela comme une obligation pour la Suisse de retirer toutes ses émissions à partir de 2030. Cela ne signifie pas que la Suisse doit atteindre le zéro net d'ici 2030 sur une base annuelle. En effet, il est possible de commencer à retirer les émissions avant 2030, puis de maintenir un niveau élevé de retrait même quand les émissions continuent de diminuer. Après une période d'émissions nettes négatives de ce type, la Suisse pourrait retirer ses émissions cumulées à partir de 2030 (*Figure 1*).

Cela soulève deux questions essentielles : quand les émissions excédentaires doivent-elles être retirées, et qui doit payer pour ce retrait ?

**Quand** : Le CO<sub>2</sub> mis au-delà du budget carbone

autorisé entraînera un dépassement potentiellement dangereux, avec un réchauffement supérieur à 1,5°C<sup>9</sup>. Cela limite les émissions acceptables aux sentiers à faible dépassement ou sans dépassement, tels que P1 et P2 dans la SR15 du GIEC<sup>4</sup>. **Toute émission «excédentaire» doit être retirée rapidement, avant qu'elle ne s'accumule au-delà de quelques années d'émissions actuelles.** Comme le résume le tableau SPM.2 du sixième rapport d'évaluation du GIEC, 15 années d'émissions actuelles laissées dans l'atmosphère nous amènent à un réchauffement de 2,0°C au lieu de 1,5°C, ce qui représente une différence significative<sup>4</sup>.

**Qui paie ?** Il y a une dimension temporelle et de parties prenantes à cette question, car le retrait du carbone pourrait être payé par :

1. **Les pollueurs d'aujourd'hui**, qui prendraient entièrement en charge leur responsabilité environnementale, comme dans le cas de régimes de dépollution ou de retraite entièrement financés. C'est ce que nous proposons.
2. Les contribuables d'aujourd'hui, ce qui augmenterait l'externalité déjà importante liée à l'énergie fossile, où les pollueurs ne supportent pas le coût de leurs actions, et réduirait encore plus les incitations à la décarbonation.
3. Les pollueurs de demain : similaire au point 1 ci-dessus, mais susceptible de recréer tous les problèmes des régimes de retraite par répartition, à mesure que les profils de pollution changent et que les plus gros pollueurs cessent leur activité (d'autant plus rapidement s'il y a un passif croissant pour la poursuite de l'activité).
4. Les contribuables de demain : outre les arguments relatifs à l'équité («pollueur-payeur» contre «tout le monde paie») et aux externalités énumérées ci-dessus, les contribuables de demain auront la charge supplémentaire de faire face aux effets du changement climatique et à la dégradation des services écosystémiques.



## 4. Les arguments en faveur d'un Fonds suisse pour les émissions négatives

### Pourquoi un Fonds suisse pour les émissions négatives est-il nécessaire ?

Avant d'examiner les détails de notre proposition, définissons ce que nous cherchons à obtenir, pourquoi et comment :

1. Débloquer l'action climatique suisse, en faisant des propositions inédites et audacieuses, suite à la votation de juin 2021.
2. Atteindre la neutralité climatique de la Suisse en 2030, les émissions négatives cumulées couvrant les GES résiduels, ce qui garantit que les émissions territoriales cumulées de la Suisse soient compatibles avec le budget carbone restant.
3. Supprimer les externalités explicites et implicites et faire payer les pollueurs pour le retrait de leurs émissions qui dépassent le budget carbone restant.
4. Faire accepter les NETs, en développant des projets locaux ayant des bénéfices directs pour la population et les écosystèmes.
5. Renforcer les capacités des NETs en Suisse : connaissances et formation, infrastructures, suivi et gouvernance, technologies, meilleures pratiques, résilience des écosystèmes, résilience des systèmes alimentaires, santé publique, nouveaux emplois.
6. Renforcer la crédibilité et le leadership moral de la Suisse au niveau international, en prenant au sérieux la responsabilité climatique.

### Résultats attendus

Le Fonds suisse pour les émissions négatives proposé est conçu pour :

- Retirer davantage de CO<sub>2</sub> chaque année, pour atteindre son plein potentiel d'au moins 5 Mt environ 15 ans après son lancement.
- Développer un stockage géologique suisse capable de stocker >1 Mt de CO<sub>2</sub> par an, ainsi que l'infrastructure de transport et de surveillance associée.
- Restaurer les écosystèmes fragiles, en particulier les zones humides tourbeuses telles que les

tourbières et les marais, à une échelle significative, comparable à leur étendue en 1800.

- Restaurer la santé des sols à une échelle permettant d'améliorer significativement la résilience de la production alimentaire suisse.
- Rendre l'action climatique tangible pour une grande partie de la population suisse.
- Accélérer considérablement le déploiement des mesures relatives à la sobriété, à l'efficacité et à l'énergie propre pour atteindre la décarbonation profonde nécessaire de 90 %, sur la base du prix du carbone qui en résultera ainsi que d'une large prise de conscience.
- Rendre visible aux décideurs politiques et à la population toute lacune en matière de décarbonation profonde, et ouvrir la voie à des instruments politiques supplémentaires pour combler ces lacunes et atteindre le niveau zéro net comme promis.

### Externalités et manque d'action climatique

Pourquoi se concentrer sur le retrait du carbone, si nous savons qu'il s'agit au mieux d'une des 10% de bonnes solutions<sup>1</sup> et non *la* solution à l'action climatique ? Premièrement, pour être efficace, le retrait du carbone nécessite une décarbonation profonde : sobriété, efficacité et énergie propre, réduisant ensemble les émissions de 90 %. Deuxièmement, la raison pour laquelle la sobriété, l'efficacité et l'énergie propre se développent beaucoup trop lentement est l'**externalité de l'énergie fossile abondante et bon marché**, dont les coûts ne sont pas supportés par les pollueurs, mais par les contribuables (soins de santé, investissements publics), les citoyens et en particulier les personnes vulnérables (pollution, bruit, accidents, coûts d'assurance maladie), les générations futures (habitabilité de la Terre, approvisionnement alimentaire futur, responsabilités financières) et les écosystèmes (perte de biodiversité et d'habitat, pollution, changement climatique, dégradation des services écosystémiques).

Pourquoi le retrait du carbone est-il le meilleur point de départ pour éliminer cette externalité ? En bref :

- Le coût du retrait du carbone est le coût moyen d'un portefeuille de projets de retrait, actuels et futurs, chacun avec son coût par tonne, sa quantité, son calendrier et son risque.
- Faire payer ce coût aux pollueurs définit un prix du carbone basé sur un calcul technique, qui n'est pas le résultat d'un compromis politique, donc moins influencé par des intérêts particuliers.
- Même un portefeuille optimal de projets de retrait est coûteux, ce qui entraîne un prix élevé du carbone, et le paiement au fonds qui en résulte créera une forte incitation à décarboner aussi vite que possible.
- La décarbonation rapide et le retrait en temps voulu des émissions de dépassement atténuent considérablement l'externalité de l'énergie fossile abondante et bon marché.

## Fonds ou mandat pour retirer le carbone de l'atmosphère ?

Enfin, pourquoi proposons-nous un fonds, au lieu de simplement rendre obligatoire le retrait immédiat de tout CO<sub>2</sub> émis à partir d'une certaine date ? La raison principale est un décalage dans le temps : les émissions totales sont les plus élevées aujourd'hui, diminuant au moins de moitié en 2030, et d'environ 90 % en 2050, en supposant que les engagements de l'Accord de Paris soient respectés. D'autre part, le retrait du carbone est négligeable aujourd'hui ; les méthodes biologiques et géologiques ont besoin de temps pour se développer, ce qui est une autre raison de commencer rapidement. Aujourd'hui, les coûts de retrait sont très élevés, mais ils diminueront pour chaque méthode au fur et à mesure que nous apprendrons.

Un mandat de retrait différé pour les pollueurs, c'est-à-dire un passif futur, serait-il plus efficace ? C'est possible, mais cela augmenterait le risque de défaillance, voire inciterait à fermer les entreprises ayant un passif important et à le transférer aux contribuables.

Le fonds comble le fossé temporel et élimine en même temps l'incitation à la défaillance.

## Proposons-nous quelque chose de nouveau ?

Oui et non.

Commençons par le «non». Il existe une longue tradition du principe du «pollueur-payeur», qui remonte parfois à Platon<sup>10</sup> et introduit pour la première fois

dans la loi<sup>11</sup> en 1810, sous une forme très limitée. Il est depuis devenu un principe majeur de la responsabilité environnementale dans l'Union européenne<sup>12</sup> et la base des principales lois environnementales américaines : Clean Air Act, Clean Water Act, "Superfund" (nettoyage de sites contaminés par des matières dangereuses). En Suisse, le principe est utilisé à la fois à grande échelle (Fonds de désaffectation des installations nucléaires, depuis 1985, et Fonds de retrait des déchets des centrales nucléaires, depuis 2002) et par la quasi-totalité des communes avec une taxe sur les sacs poubelles, introduite pour la première fois en 1975, et rendue obligatoire par le Tribunal fédéral en 2011.

Nous nous appuyons sur un sous-ensemble de cette vaste tradition, à savoir le principe du «pollueur-payeur pour une dépollution ultérieure», dans lequel le paiement n'est pas seulement une incitation financière à moins polluer ou une compensation pour les personnes lésées par la pollution, mais est investi dans la lutte contre la pollution elle-même. Cela rend le Fonds suisse pour les émissions négatives très différent des instruments actuels de la politique climatique suisse. Par exemple, 2/3 de la taxe sur les combustibles de chauffage sont redistribués, et 1/3 sont investis dans des mesures visant à réduire la pollution future, donc aucun argent n'est alloué au retrait du CO<sub>2</sub> sur lequel il est prélevé. De même, le système d'échange de quotas d'émission (SEQE) vise à réduire la quantité totale émise, et aucun paiement n'est dû ni investi dans l'élimination de la pollution lorsque les pollueurs satisfont à leurs exigences.

Le principe du net zéro, selon lequel les émissions de gaz à effet de serre doivent être compensées par des émissions négatives afin que le réchauffement climatique cesse, est le cas d'application idéal du principe «pollueur-payeur pour un nettoyage ultérieur», car les pollueurs, la quantité et le moment des émissions, ainsi que le coût et le moment des émissions négatives peuvent tous être identifiés.

Une proposition très visible visant à retirer les émissions provenant des combustibles fossiles, «l'obligation de reprise du carbone», est examinée dans le chapitre suivant, y compris la manière dont le Fonds suisse pour les émissions négatives peut améliorer plusieurs aspects de cette proposition.

Sur le plan financier, le fonds que nous proposons est très simple et similaire à un régime de retraite par capitalisation.

Alors, proposons-nous quelque chose de nouveau ? Le Fonds suisse pour les émissions négatives apporte

la nouveauté de combiner le budget carbone restant, l'incitation à décarboner rapidement, un ensemble de principes de fonctionnement pour améliorer la biodiversité locale et la résilience des services écosystémiques, y compris la production alimentaire, un large engagement de la société, plus spécifiquement des communautés locales, autour de projets de retrait, et le renforcement des capacités, en particulier la recherche et l'éducation.

Nous pensons que cette combinaison pourrait permettre d'atteindre le niveau net zéro d'une manière efficace, équitable, abordable et socialement acceptable.

## Obligation de reprise des émissions de carbone

Carbon Takeback Obligation<sup>13</sup> (obligation de reprise du carbone) proposée pour la première fois en 2009<sup>14</sup> et largement discutée avant la COP26, obligerait les compagnies pétrolières et gazières à capturer et à stocker le CO<sub>2</sub> provenant de la combustion de leurs produits. L'obligation de «reprise» passerait progressivement de 1 % de leur production en 2023, à 10 % en 2030 et à 100 % en 2050.

Le modèle<sup>15</sup> basé sur un émulateur MESSAGE-GLOBIOM IAM, calcule un prix du carbone équivalent, en multipliant le pourcentage de retrait requis ci-dessus par le coût de retrait par tonne, initialement de 40-60 dollars par tonne (faible pour tenir compte des «possibilités de captage du CO<sub>2</sub> le moins cher et le plus pur»), pour atteindre 200-600 dollars en 2050, car il faudrait recourir à du captage direct dans l'air avec stockage (DACs), ce qui serait coûteux à grande échelle.

Compte tenu du faible pourcentage de retrait, le prix en 2030 n'atteindrait que 6-13 dollars par tonne, ce qui est bien inférieur aux prix actuels du carbone et insuffisant pour créer une incitation significative. Pour encourager une décarbonation précoce, les auteurs proposent<sup>15</sup> «d'appliquer à l'échelle de l'économie des instruments politiques axés sur la demande équivalant à un prix effectif du carbone de 110 dollars par tonne de CO<sub>2</sub>», à partir de 2020, dans le monde entier. Par coïncidence, cela créerait un prix du carbone mondial correspondant exactement au niveau de la taxe suisse sur le CO<sub>2</sub> des combustibles de chauffage.

Outre les inévitables problèmes de gouvernance (l'obligation se situe au niveau de l'entreprise et non du pays, ce qui crée une responsabilité difficile à mettre en œuvre), il faut retirer 10 à 25 Gt de CO<sub>2</sub> par an à

partir de 2050 pour les stocker dans des formations géologiques, principalement grâce au système DACS. C'est presque le double du niveau que nous avons analysé<sup>1</sup> comme irréaliste. Il minimise également l'importance des solutions naturelles (NBS) en raison de leur réversibilité potentielle. Pourtant, les NBS sont particulièrement importantes lorsqu'on considère les implications de l'action climatique sur la biodiversité.

S'appuyant sur une base conceptuelle similaire, la mise en œuvre que nous proposons vise à résoudre les problèmes susmentionnés. Le remplacement de la responsabilité des entreprises par un fonds national (a) inclut tous les pollueurs, et pas seulement les compagnies pétrolières et gazières, (b) développe un portefeuille plus diversifié et plus solide de projets de retrait, (c) crée des co-bénéfices locaux en matière de biodiversité et de résilience alimentaire, (d) supprime l'incitation à la défaillance, (e) sépare le calendrier des paiements et des retraits, et (f) en conjonction avec un mécanisme d'ajustement aux frontières pour le carbone (CBAM), permet aux pays une mise en œuvre à des vitesses différentes.

## La politique climatique suisse future

Comme le montrent les simulations basées sur notre modèle financier, toutes les émissions excédentaires à partir de 2030 peuvent être retirées à un coût de 240-290 CHF par tonne de CO<sub>2</sub>, bien plus abordable que l'élimination des dernières émissions de gaz à effet de serre mais trop faible pour créer à lui seul l'incitation financière à la décarbonation dans une mesure permettant de retirer les émissions restantes. En d'autres termes, **le rapport coût-efficacité du fonds signifie que des politiques supplémentaires sont nécessaires.**

Si la tarification du carbone était le seul instrument utilisé, notre scénario de base inspiré de la stratégie climatique à long terme de la Suisse - qui vise des émissions résiduelles annuelles d'environ une tonne de CO<sub>2</sub>e par habitant - nécessiterait un prix à l'échelle de l'économie d'environ 1000 CHF par tonne de CO<sub>2</sub><sup>15</sup> d'environ 1000 CHF par tonne de CO<sub>2</sub>. L'exclusion de certains secteurs conduirait à des prix encore plus élevés dans les secteurs restants.<sup>17</sup>

Pour conserver le principe du «pollueur payeur de la dépollution», nous avons besoin d'instruments supplémentaires, tels que la réglementation (normes, limites aux importations de combustibles fossiles, utilisation des sols, etc.), les investissements publics (aide à la transition vers des modes de vie à 1,5°C) et les

mesures volontaires. Ces mesures supplémentaires et la baisse du prix du carbone qui en résulte devraient faciliter l'acceptation.

## Action climatique suisse et implications géopolitiques

Nous avons examiné les conditions géopolitiques du déploiement<sup>1</sup> et conclu que si le CCS et le DACS nécessitent une coopération mondiale solide, bien au-delà des accords actuels de la CCNUCC, pour éviter les fuites et fonctionner, les projets biologiques (reboisement, restauration des écosystèmes, carbone du sol, biochar) peuvent être mis en œuvre de manière significative par des pays individuels, en raison de leurs avantages locaux pour les écosystèmes, la résilience de la production alimentaire, les services écosystémiques, l'adaptation au climat, ainsi que les avantages directs pour la population. Dans une moindre mesure, cela est également vrai pour la BECCS en raison de la production d'électricité et de chaleur, si elle est maintenue à petite échelle et basée sur la biomasse excédentaire provenant des forêts, des déchets ou de l'agriculture.

Cela correspond bien aux spécificités suisses et aux types de projets de retrait du carbone que nous recommandons.

Le CCS pourrait jouer un rôle important en Suisse au cours des 20 à 30 prochaines années, mais uniquement dans le cadre d'un accord mondial plus large visant à prévenir les fuites. Cet accord pourrait prendre la forme du CBAM européen, éventuellement étendu par un «club climatique» à d'autres régions pratiquant une tarification similaire du carbone.

Une telle extension au-delà de l'UE est un défi pour plusieurs raisons. Le tableau de bord de la tarification du carbone de la Banque mondiale<sup>18</sup> répertorie 65 initiatives de tarification du carbone dans le monde, nationales ou infranationales, couvrant 21,5 % des émissions mondiales de GES, avec des prix allant de 1 à 137 dollars par tonne (généralement bas en dehors de l'Europe), au 01-2022.

La guerre en Ukraine rend douloureusement évidente la dépendance vis-à-vis d'un petit nombre d'exportateurs de combustibles fossiles. Les importants flux financiers associés créent des problèmes des deux côtés. Le coût annuel illimité de l'importation de combustibles fossiles pour la population suisse est comparable au coût annuel maximal de la décarbonisation. Du côté des bénéficiaires, ces paiements financent souvent des guerres et des violations des droits de l'homme.

Enfin, le Fonds suisse pour les émissions négatives n'est pas directement compatible avec le SEQUE : les grands pollueurs suisses qui réduisent leurs émissions pour limiter leurs contributions au Fonds pourraient vendre les droits d'émission excédentaires aux participants européens, ce qui créerait des fuites de carbone (une baisse des émissions en Suisse entraînerait une hausse des émissions dans l'UE).

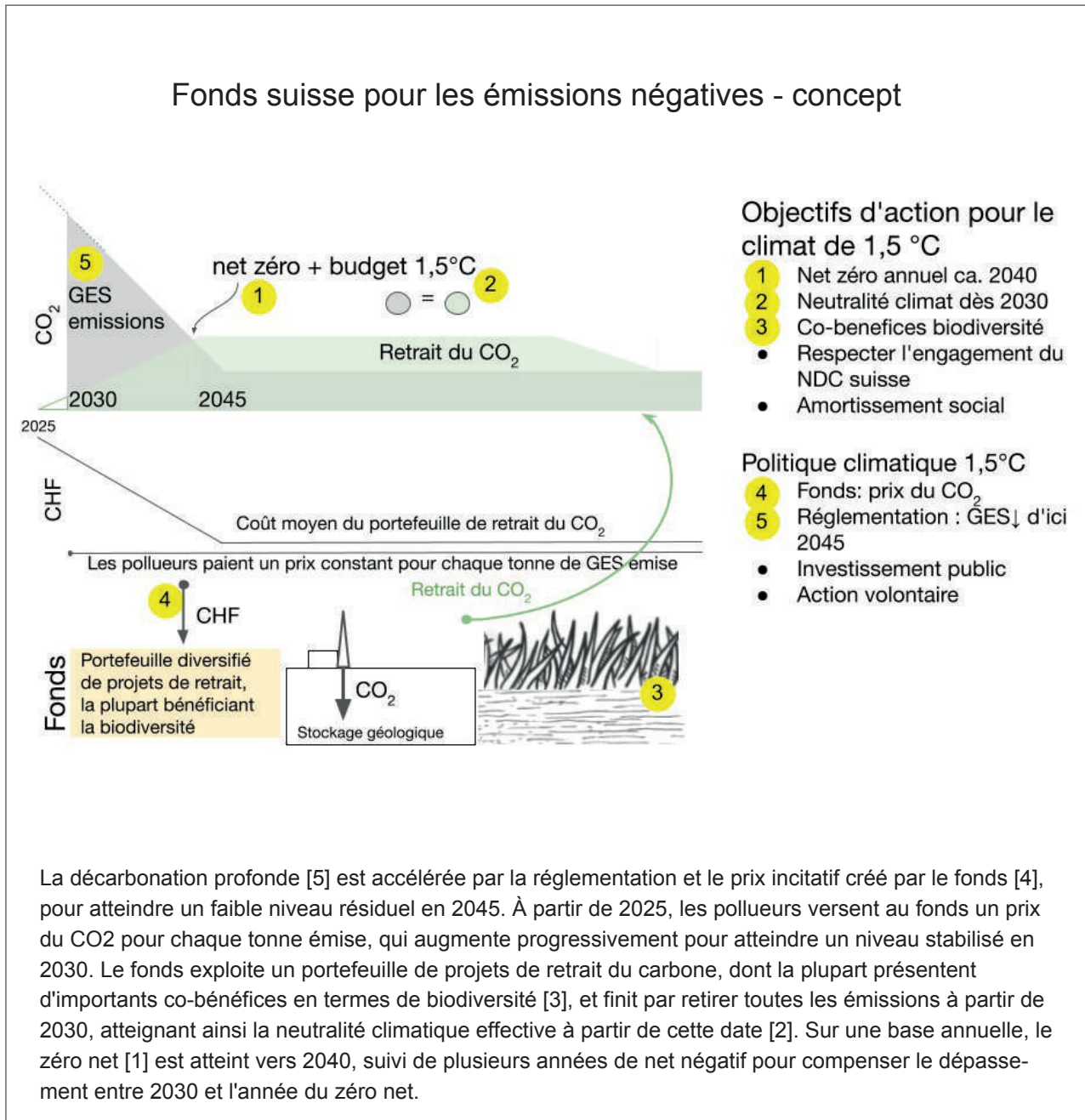
La Suisse devrait-elle créer son propre CBAM vis-à-vis de l'UE ou d'autres pays ? Probablement pas vis-à-vis de l'UE, en raison de l'intensité de carbone relativement faible de l'industrie suisse restante, mais elle devrait certainement rejoindre le CBAM de l'UE vis-à-vis des tiers.

Une option plus intéressante serait d'établir un Fonds européen pour les émissions négatives basé sur le modèle suisse que nous proposons - car il devient de plus en plus évident que le système d'échange de quotas d'émission de l'UE ne permettra pas de décarboner jusqu'au net zéro, et certainement pas assez rapidement pour respecter le budget carbone 1.5°C. Il ne semble pas y avoir de propositions viables pour financer les émissions nettes négatives dans l'UE, car l'accent est mis sur l'octroi de crédits pour le retrait<sup>19</sup> du CO<sub>2</sub>, ce crédit permettant à un autre pollueur d'émettre ailleurs la quantité retirée.

## 5. Proposition de mise en œuvre du Fonds suisse pour les émissions négatives

Le Fonds suisse pour les émissions négatives propose de collecter et de gérer les paiements anticipés pour les futurs coûts de retrait du carbone, à l'instar de deux fonds suisses existants : le Fonds de désaffectation des installations nucléaires (créé en 1985) et le Fonds de

retrait des déchets des centrales nucléaires (créé en 2002), tous deux basés sur le principe du pollueur-payeur, avec un nouveau calcul et une validation des coûts tous les 5 ans<sup>20</sup>.



**Fig.1:** Description graphique du Fonds suisse pour les émissions négatives, facilitant les objectifs climatiques et faisant partie intégrante de la politique climatique.

## Flux financiers et gouvernance

Dans notre proposition, nous incluons une transition de 5 ans, pendant laquelle toutes les émissions de GES du territoire suisse sont progressivement soumises à un paiement au Fonds suisse pour les émissions négatives, à partir du jour où le fonds démarre, comme défini ci-dessous :

- **Les émetteurs ont le choix entre retirer immédiatement le carbone eux-mêmes ou contribuer au fonds.** «Immédiatement» signifie dans le trimestre de déclaration.
- Les émissions sont déclarées chaque trimestre, le paiement au fonds étant effectué dans les 30 jours suivant la fin du trimestre, à l'instar de la TVA actuelle. Les déclarations seront périodiquement contrôlées.
- GES et PRG (potentiel de réchauffement de la planète) : Tous les GES sont couverts ; les gaz autres que le CO<sub>2</sub> sont convertis en CO<sub>2</sub>e sur la base du PRG à 100 ans pour les gaz à longue durée de vie (>100 ans), et sur la base du PRG\* pour les gaz à courte durée de vie (voir annexe). Les calculs suivent les recommandations du GIEC à partir du 1<sup>er</sup> janvier suivant leur publication.
- Les versements au fonds sont effectués au niveau d'agrégation le plus élevé, généralement par les grossistes, les grands détaillants et les importateurs, ainsi que directement par tous les émetteurs de plus de 100 kt CO<sub>2</sub>e par an. Les directives sectorielles sont publiées par la Confédération et révisées si nécessaire.
- «Territorial» couvre les émissions émises en Suisse. Pour les vols internationaux, la totalité du vol aller est comptabilisée, les vols retour ne le sont pas.
- Montée en puissance des paiements : pour donner aux pollueurs le temps de se préparer et de réduire les émissions autant que possible, il y aura une période de transition de 5 ans, pendant laquelle le prix par tonne augmentera progressivement, à partir de la taxe actuelle sur le CO<sub>2</sub> (120 CHF pour les combustibles de chauffage et de transformation, zéro pour les autres émissions, à partir de 2022), pour atteindre le **prix initial de retrait du carbone, estimé à 250-290 CHF par tonne CO<sub>2</sub>e**, en fonction de la vitesse de décarbonation, à définir dans la loi. Par exemple, au cours du premier trimestre de

la transition, seulement 5% de l'augmentation du prix est appliquée, 10% au deuxième trimestre, et ainsi de suite, pour atteindre 95% au 19<sup>ème</sup> et 100% à partir du 20<sup>ème</sup> trimestre, soit le prix initial de retrait du carbone.

- Le prix par tonne de CO<sub>2</sub>e est calculé par le fonds pour être aussi stable que possible, et révisé si nécessaire. Tout changement de prix est publié au moins 12 mois avant l'application.

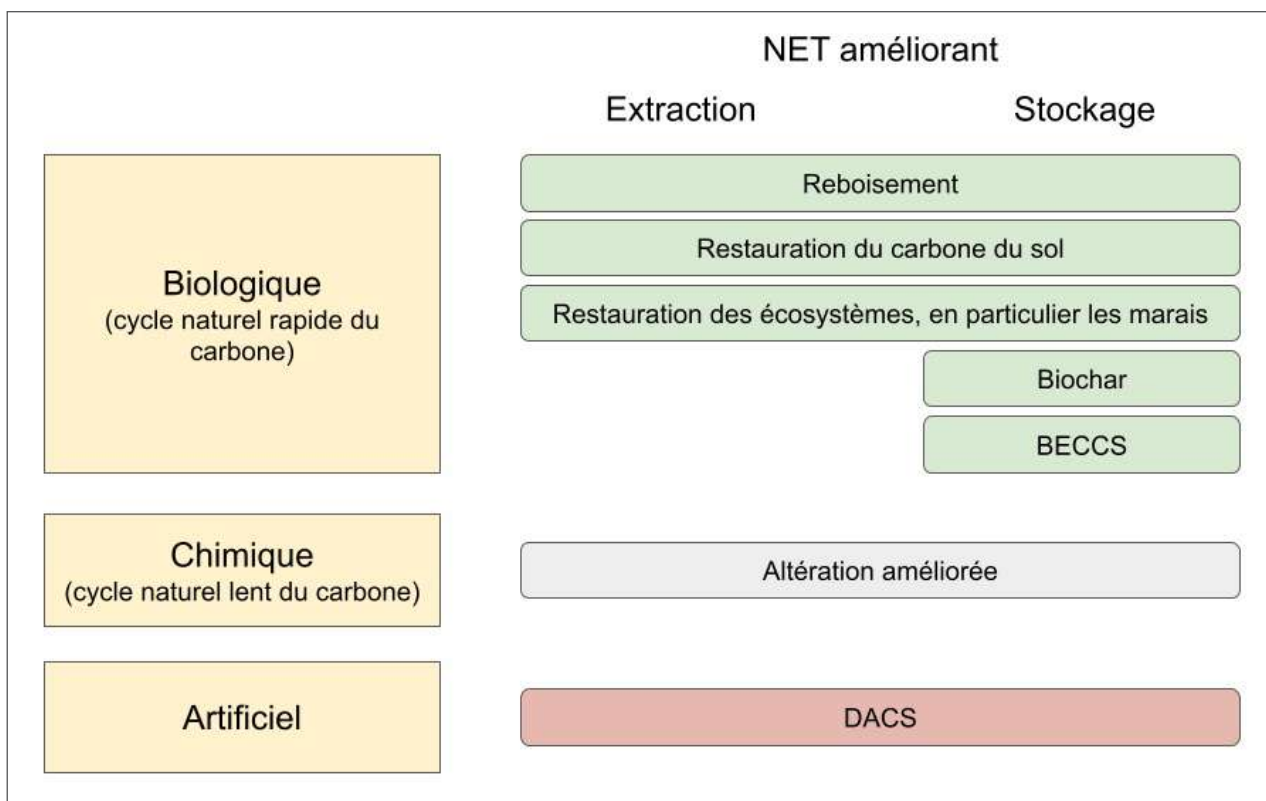
Le fonds développera, exécutera et affinera continuellement son propre modèle financier, afin de gérer les risques inhérents aux méthodes, aux technologies et aux projets individuels, ainsi que les effets de portefeuille et les courbes d'apprentissage. Le fonds constituera et gèrera des réserves suffisantes pour couvrir les risques susmentionnés.

Dans ce document, nous proposons un modèle financier de base comme point de départ ; ce modèle sera affiné par le fonds pilote, permettant au Fonds suisse pour les émissions négatives de démarrer avec un modèle validé dans la pratique.

## Flux de CO<sub>2</sub> et gouvernance

Le Fonds suisse pour les émissions négatives vise à retirer rapidement le carbone pour lequel il a reçu un paiement :

- Seul du CO<sub>2</sub> sera retiré, sur la base du calcul du CO<sub>2</sub>e et du paiement de tous les GES, voir «GES et PRG» ci-dessus.
- La quantité retirée augmentera progressivement, à partir de la première année du fonds, pour atteindre le maximum après 15 ans, et rester stable jusqu'à ce que toutes les émissions excédentaires aient été retirées.
- Tous les retraits se font sur le territoire suisse.
- Un mélange approprié de méthodes, de technologies et d'approches sera couvert, sur la base des avantages actuels et attendus sur 10 et 20 ans en termes de retrait du carbone, de résilience des écosystèmes et d'engagement de la population.



**Fig. 2:** Classification des NET

L'ensemble des projets du portefeuille couvrira une gamme de NET, biologiques et chimiques, suivant la classification<sup>2</sup> que nous reproduisons ci-dessus. Les méthodes sont pour la plupart complémentaires, et le portefeuille sera construit sur la base des critères suivants:

- **Qualité** : le retrait du carbone doit être prouvé, mesurable, additionnel et permanent, c'est-à-dire qu'il en reste plus de 90 % séquestré après 100 ans. Des plans d'urgence sont nécessaires en cas de perte potentielle de la permanence.
- **Quantité** : tout le carbone pour lequel le fonds a reçu un paiement doit être retiré. Cela nécessite d'inclure les contingences, comme ci-dessus pour le financement, inhérentes aux méthodes, aux technologies et aux projets individuels.
- **Calendrier** : le plus rapidement possible. Sur la base de l'expérience du fonds pilote, des objectifs de performance spécifiques seront élaborés.
- **Infrastructures** : une perspective systémique sera suivie, afin de s'assurer que les éléments requis sont en place, en particulier en ce qui concerne le transport, le stockage géologique et la surveillance.
- **Diversification et prix** : un large éventail de méthodes et de technologies sera couvert, à différents niveaux de maturité. Alors que la

plupart des retraits se concentreront sur les méthodes les moins coûteuses, une partie du fonds sera investie dans des méthodes dont le coût est élevé aujourd'hui, mais qui ont une probabilité raisonnable de retirer 1 Mt par an à un prix acceptable dans les 10 ans suivant le début du projet. La première évaluation sera élaborée dans le cadre du fonds pilote et sera continuellement mise à jour par la suite. On s'attend à ce que 80 à 90% du financement annuel se concentre sur des méthodes moins coûteuses et/ou biologiques.

- **Avantages pour la biodiversité** : outre le retrait du carbone, il s'agit du principal critère de sélection des projets. Tout effet négatif important sur les écosystèmes éliminera les projets de l'étude. On s'attend à ce que la plupart des projets de retrait soient biologiques, avec des avantages significatifs pour les écosystèmes.
- **Avantages pour la population locale** : la population locale sera impliquée dès la phase de planification de chaque projet, et les impacts des projets seront systématiquement évalués. Des efforts significatifs seront fournis pour créer des emplois, minimiser les nuisances pour les résidents locaux et générer d'autres co-bénéfices tels que des activités de loisirs.

Engager la société : un effort important de sensibilisation sera inclus dès le début de chaque projet. Les projets seront physiquement accessibles dans la mesure du possible, intégrés dans des programmes éducatifs à tous les niveaux et documentés de la manière la plus ouverte possible. Des visites guidées, des discussions et des lignes d'assistance téléphonique seront proposées. Dans la mesure du possible, la préférence sera donnée aux projets susceptibles d'engager la société.

Bien que le fonds se concentre sur les NET, c'est-à-dire le retrait de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère, nous plaidons en faveur d'une planification et d'une gestion conjointes du CCS et des NET pour les raisons suivantes<sup>1</sup> :

- Connaissances partagées, suivi, gouvernance, instruments politiques,
- Infrastructures et opérations partagées : les incinérateurs de déchets et les usines de ciment en partie brûlent à la fois des combustibles fossiles et de la biomasse ; s'ils sont équipés d'un système de captage et de stockage du carbone, ils incluront automatiquement le NET, et
- Calendrier complémentaire : Le CCS doit être déployé rapidement, mais deviendra moins utile avec la décarbonation ; les installations pourraient alors être utilisées pour le NET.

Avantages directs et co-bénéfiques ; acceptation par les principaux groupes de parties prenantes.

Le bénéfice direct du Fonds suisse pour les émissions négatives est de retirer de l'atmosphère au moins 5 Mt de CO<sub>2</sub> par an, et de rendre ainsi possible un zéro net suisse, après que d'autres types d'action climatique, comme la sobriété, l'efficacité, l'énergie propre et le CCS, aient réduit les émissions de 90 %.

Les co-bénéfices (ou bénéfices indirects) incluent :

- Éliminer l'externalité climatique de l'énergie fossile et permettre la suffisance, l'efficacité et l'énergie propre pour réduire les émissions
- Restaurer les écosystèmes dégradés, protéger et améliorer la résilience des écosystèmes fragiles, renforcer la biodiversité
- Restaurer la santé des sols et améliorer la résilience de la production alimentaire suisse
- Créer de nouveaux emplois payés par le fonds, directement pour le suivi des projets, et

indirectement via le financement des projets au niveau des cantons, des communes, des développeurs de projets, y compris toute la chaîne d'approvisionnement

- Développer des projets communautaires, des espaces pour la population locale
- Améliorer les services écosystémiques culturels (récréation, repos, inspiration, sens de l'identité) et le bien-être<sup>21</sup> pour la société au sens large
- Engendrer une multitude de possibilités locales d'apprentissage pratique sur le climat et la biodiversité, à tous les niveaux d'enseignement.

Au-delà d'une communication appropriée<sup>22</sup> fondée sur la simplicité, l'équité et l'efficacité, l'acceptation requiert une certaine familiarité et une perception subjective positive des avantages.<sup>5</sup> **L'engagement de larges pans de la société dans des projets locaux concrets, ainsi que la création et le partage d'avantages multiples, seront des éléments majeurs de l'acceptation.** Par exemple, l'Assemblée britannique sur le climat<sup>23</sup> a jugé préoccupantes les fuites potentielles de CO<sub>2</sub>, les distractions par rapport à la réduction des émissions et les méthodes «moins naturelles» et à forte intensité énergétique, tout en rejetant largement l'énergie fossile avec CCS. S'il n'existe pas d'acceptation comparable pour le retrait du carbone en Suisse, nous pensons que le fonds pilote et ses activités de sensibilisation permettront de la créer.



## 6. Modélisation financière et du flux de CO<sub>2</sub> du fonds

Afin d'estimer les implications financières et le bilan CO<sub>2</sub> du Fonds suisse pour les émissions négatives, nous avons développé un modèle économique simple couvrant les émissions totales de GES du territoire suisse, un volume de retrait de carbone augmentant progressivement puis se stabilisant avec des coûts décroissants, et des retraits totaux égalant exactement toutes les émissions à partir de 2030.

Nous **calculons les émissions de méthane provenant de l'agriculture différemment du multiplicateur de réchauffement sur 100 ans généralement adopté dans la planification et les rapports sur le climat**. L'annexe explique pourquoi et comment, notamment lors de transitions rapides, ce changement reflète mieux l'effet de réchauffement du méthane.

Plus précisément, nous définissons et modélisons les paramètres de base suivants :

- **Le budget carbone mondial restant de 1,5°C est épuisé le 01.01.2030.** La date exacte peut être décalée d'un an environ, car l'estimation du GIEC (300-400 Gt CO<sub>2</sub> en 2021) se réduit.<sup>2</sup> Nous supposons le même calendrier pour la Suisse, qui assumera sa responsabilité historique en aidant financièrement et techniquement les pays défavorisés à atteindre leur propre zéro net. Il aurait peut-être été préférable de réduire le budget carbone restant des pollueurs historiques, mais cela semble hors de portée maintenant.
  - Le fonds paiera pour retirer, le plus rapidement possible, toutes les émissions de GES de la Suisse à partir de cette date.
- **Calendrier :** le fonds est lancé en **2025**, avec une période de transition de 5 ans pendant laquelle le prix du carbone augmente. Les émissions de GES de la Suisse diminuent linéairement à partir d'aujourd'hui pour atteindre un niveau constant d'émissions résiduelles en **2045**.
- **Augmentation des paiements au fonds :** pour donner aux pollueurs le temps de se préparer et de réduire les émissions autant que possible, il y aura une période de transition de 5 ans, pendant laquelle le prix par tonne augmentera progressivement, à partir de la taxe actuelle sur le CO<sub>2</sub> (120 CHF pour les combustibles de chauffage et de transformation, zéro pour les autres émissions, à partir de 2022), pour atteindre le prix initial de retrait du carbone, calculé par notre modèle, en fonction de la vitesse supposée de la décarbonation (à définir dans la loi). Par exemple, au cours du premier trimestre de la transition, seulement 5 % de la hausse des prix est appliquée, 10 % au deuxième trimestre, et ainsi de suite, pour atteindre 95 % au 19e trimestre et 100 % à partir du 20e trimestre, c'est-à-dire le prix initial de retrait du carbone.
  - Remarque : nous avons examiné ce qui se passerait si la taxe CO<sub>2</sub> existante sur le mazout était redirigée vers le fonds, sans obligation de payer pour le retrait de toutes les émissions. Résultat : le zéro net ne pourrait pas être atteint, une responsabilité des contribuables de plusieurs centaines de milliards de francs suisses se présenterait, et une décarbonation lente nécessiterait des émissions négatives bien supérieures à ce qui est possible dans ce laps de temps.
- **Accélération du retrait physique du carbone :** les projets de retrait commencent en **2025**, augmentant de façon linéaire jusqu'à **2040**, puis constante, jusqu'à ce que toutes les émissions excédentaires aient été retirées.
- **Réduction des coûts de retrait :** Le coût moyen de retrait du portefeuille de CO<sub>2</sub> est de **800 CHF** par tonne en 2025, puis tombe progressivement à **350 CHF**, en **2045**, en supposant que les coûts continuent de baisser alors que le volume augmente, et pendant 5 ans par la suite, pour ensuite se stabiliser. Le coût par tonne est intentionnellement élevé, car les émissions négatives requises se situent à l'extrémité supérieure de ce qui est probablement possible - le portefeuille de projets qui en résulte doit inclure des méthodes coûteuses.
  - Commentaire : quel que soit le prix initial, dans un fonds qui fonctionne bien, la nécessité de retirer de grandes quantités de CO<sub>2</sub> élargirait le portefeuille de projets pour inclure des projets moins intéressants, c'est-à-dire ceux dont le coût moyen est

plus élevé, dont la durée de vie est plus courte, qui présentent des risques plus élevés, qui se développent plus rapidement avant que les coûts ne diminuent, etc. et qui entraînent tous des coûts de retrait plus élevés.

- **Taux d'intérêt : 2,5 %**, sur le solde du fonds, qui se constitue progressivement grâce à des contributions supérieures aux décaissements, avant reversement.
- **Les émissions totales de GES** : Ces hypothèses sont entièrement basées sur la stratégie climatique à long terme de la Suisse<sup>24</sup> accélérées de 5 ans, et adaptées à l'aide de la méthodologie GWP\* (voir l'annexe pour davantage de détails). En 2025, nous supposons des émissions totales de GES de **36 Mt CO<sub>2</sub>e** (40,5-4,5, en supposant que le PRG\* du méthane est nul en raison des effets de réduction). Émissions résiduelles après décarbonation profonde (sobriété, efficacité, énergie propre), avant CCS: **9,7 Mt CO<sub>2</sub>e** (11,8-2,1, sur la base du PRP\*). Dans l'hypothèse de 5 Mt retirés par CCS en 2050 (tableau 2, p.50<sup>24</sup>), les NET nécessaires se stabilisent à **4,7 Mt CO<sub>2</sub>e** par an (dont 1,3 Mt de déchets biogènes et 3,4 Mt d'autres méthodes, même source).
- **L'aviation internationale** : La stratégie climatique à long terme de la Suisse<sup>24</sup> inclut les émissions basées sur les ventes de carburant dans les aéroports de Genève et de Zurich, en prévoyant une réduction à zéro en 2050 grâce au passage aux carburants synthétiques. Nous discutons de l'impact de l'aviation séparément mais ne l'incluons pas dans notre modèle - ces émissions sont essentielles pour atteindre le zéro net, mais au-delà des émissions de GES territoriales, et de la portée de notre modèle.

## Résultats de base

Notre modèle indique que les hypothèses ci-dessus nécessitent 10 Mt d'émissions négatives annuelles (Fig. 3). Ce niveau est probablement possible, mais il nécessite une mobilisation importante et impliquerait des coûts de retrait moyens élevés. Le modèle atteint toutefois le **zéro net en 2042** et retire toutes les émissions excédentaires d'ici **2077**, c'est-à-dire celles qui dépassent le budget de 1,5°C.

Ce scénario semble financièrement réalisable : les versements au fonds augmentent jusqu'à atteindre un maximum de 8 milliards de francs suisses en 2030.

Cela représente moins de 1% du PIB suisse, un coût raisonnable pour atteindre le zéro net. Après 2030, le versement annuel tombe rapidement à 1,3 milliard de francs. Le fonds atteint 50 milliards de francs suisses avant de s'épuiser progressivement. Sur toute la durée de vie du fonds, grâce aux intérêts, le versement moyen au fonds est de **279 CHF par tonne de CO<sub>2</sub>e**.

Finalement, nous simulons l'effet des changements de taux d'intérêt : si le taux d'intérêt baisse, le coût par tonne atteint 291 CHF à 2%, et 304 CHF à 1,5%. La sensibilité au taux d'intérêt est faible : 8,9% de changement de coût pour un changement de taux d'intérêt de 1%, ce qui est probablement la limite supérieure de ce que nous pourrions raisonnablement attendre. Cela peut s'expliquer par la différence de temps relativement courte entre les encaissements et les décaissements. Plus précisément, la [figure 4](#) montre que la capitalisation maximale du fonds n'est qu'environ 6 fois la contribution annuelle maximale au fonds.

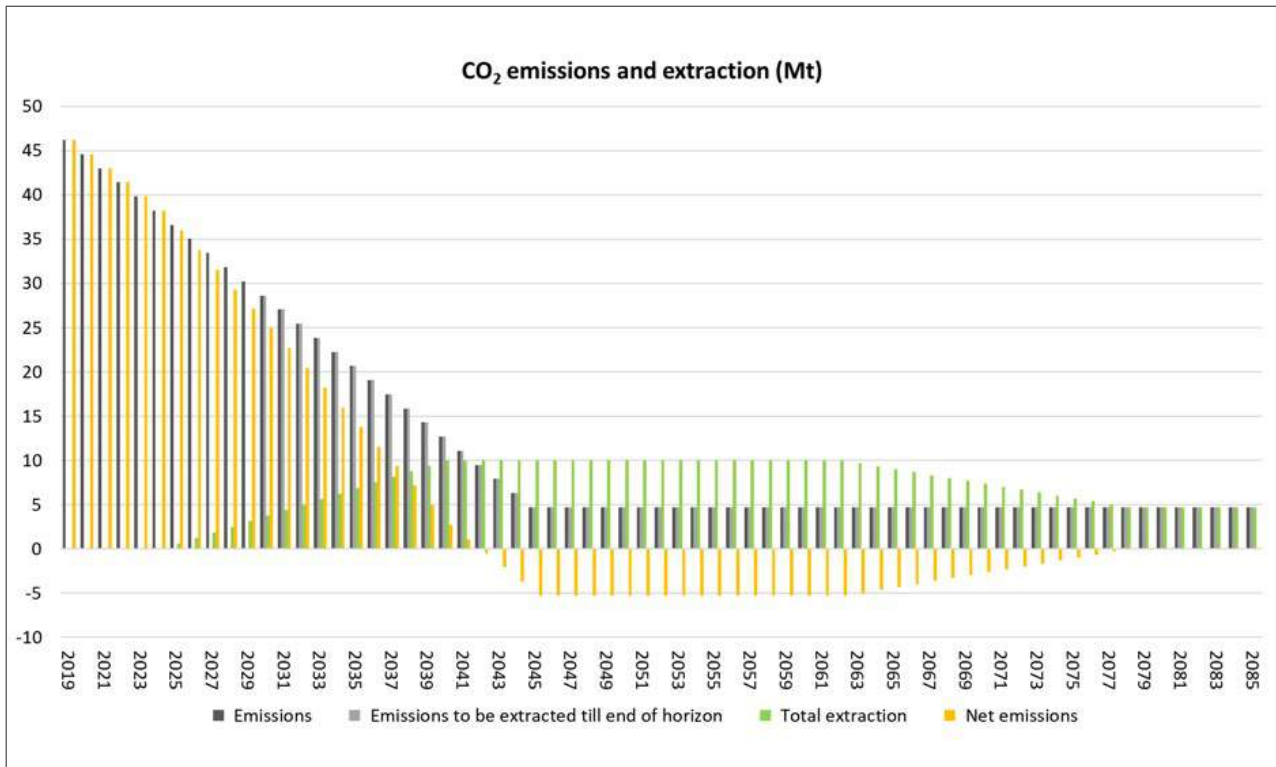


Fig. 3: Simulation des flux de CO<sub>2</sub>, scénario de référence

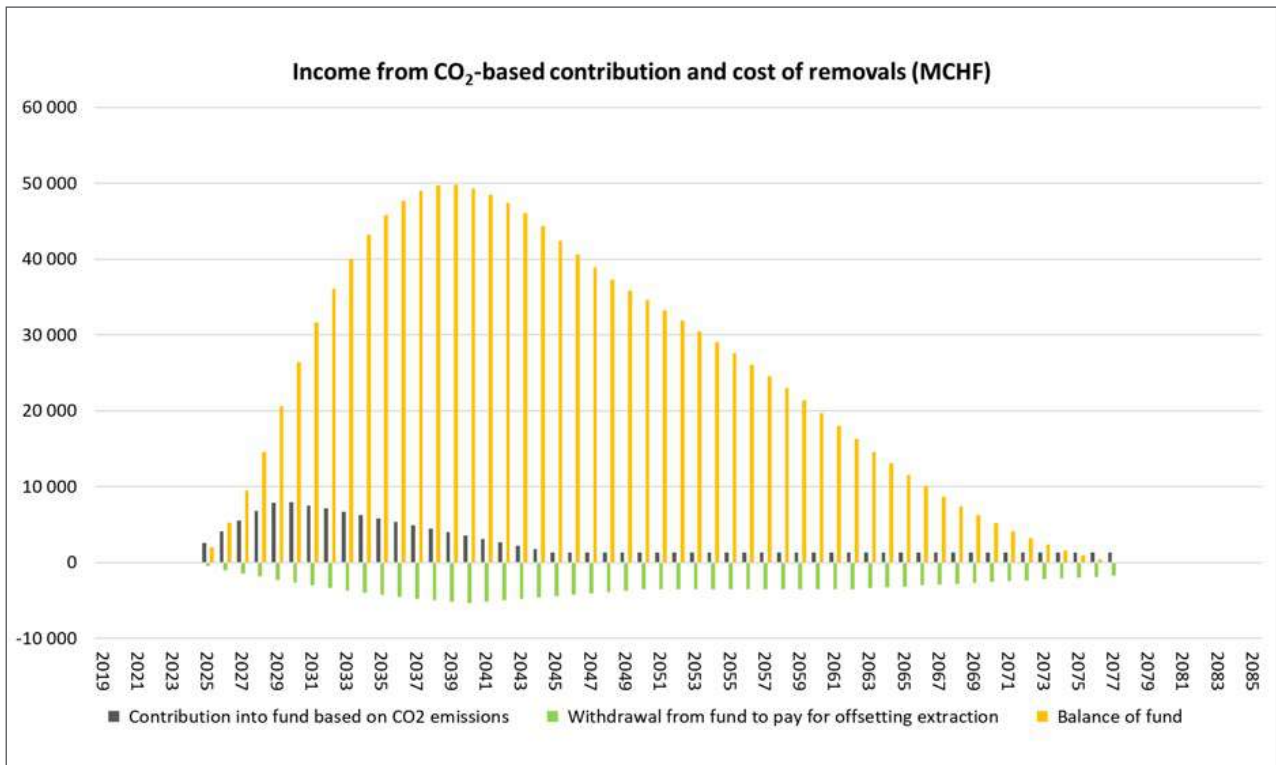


Fig. 4: Simulation des flux financiers, scénario de référence

### Simulation d'une politique climatique plus ambitieuse

Dans le scénario de base, les émissions négatives annuelles requises atteignent 10 millions de tonnes, ce qui est bien supérieur aux 5 millions de tonnes qui

peuvent être atteintes avec un degré de confiance élevé<sup>1</sup> ce qui augmente considérablement les risques et les coûts de l'approche. En outre, le temps nécessaire pour retirer toutes les émissions excédentaires avant d'atteindre le zéro net est très long, près de 50 ans après avoir atteint le zéro net.

Atteindre le zéro net en 2042 et retirer toutes les émissions excédentaires nécessitait déjà des hypothèses ambitieuses, telles que l'accélération de 5 ans du scénario de décarbonation des Perspectives énergétiques 2050+, qui, selon nous, serait facilitée par le prix du carbone plus élevé de 279 CHF par tonne à partir de 2030 (augmenté progressivement de 2025 à 2030), contre 86 CHF en 2035 et 140 CHF en 2040 (PE2050+, Fig.6, p.22<sup>25</sup>).

Dans cette section, nous **remettons en question l'ambition de la Stratégie climatique à long terme de la Suisse** : 11,8 Mt CO<sub>2</sub>e ou 21,9% des émissions de 1990 (54 Mt) sont classées comme «inévitables». Ces émissions ne sont «inévitables» qu'en l'absence d'actions appropriées pour les éviter, par exemple : remettre en question la quantité ou les méthodes de construction, éliminer les plastiques à usage unique, ou adopter de meilleures pratiques en matière d'alimentation et de production alimentaire<sup>26</sup>. À l'opposé des 22% d'émissions «inévitables» suisses, nous considérons le cas de l'Allemagne : moins de 3% de ses émissions de 1990 sont définies comme inévitables, tout en cherchant à réduire «au moins 97%» des émissions anthropiques. Cela figure même dans le projet de loi officiel du gouvernement allemand sur le climat<sup>27</sup> (p.16).

Il existe de nombreuses similitudes entre les deux pays, comme le climat, le régime alimentaire, la densité, la structure de l'économie, la dynamique de la population. Il existe également des différences majeures, comme la réunification de l'Allemagne, la décarbonation rapide après 1990 et, surtout, une économie plus grande et plus intégrée, où les émissions de consommation sont beaucoup plus proches des émissions de production qu'en Suisse. En d'autres termes, une décarbonation de 97 % en Allemagne couvre une fraction beaucoup plus importante de la consommation en raison d'émissions incorporées par habitant plus faibles dans les importations<sup>28</sup>.

En 1990, la population allemande de 79,43 millions d'habitants a émis<sup>29</sup> 1242 Mt de CO<sub>2</sub>e, soit 15,64 t par habitant. Une fois réduites d'au moins 97 %, les émissions devraient être inférieures à 37 Mt. Pour une population de 80 millions d'habitants (estimation moyenne de 2050<sup>30</sup>), la limite supérieure annuelle des émissions est de 465 kg CO<sub>2</sub>e par habitant. L'objectif comparable par habitant de la stratégie climatique à long terme de la Suisse est de 11,8 Mt / 10,257 millions = 1150 kg CO<sub>2</sub>e. L'économie allemande étant

plus intégrée, c'est-à-dire qu'elle importe moins par rapport à sa production, ces chiffres sous-estiment la différence d'ambition.

Notre scénario climatique plus ambitieux prévoit des émissions résiduelles de 11 % (la moitié des 22 %), soit 575 kg de CO<sub>2</sub>e par habitant.

Sur cette base d'une décarbonation plus profonde et plus rapide, nous avons modélisé le scénario suivant :

- Calendrier : le fonds est lancé en **2025**, comme indiqué ci-dessus. Les émissions totales de GES sont réduites d'aujourd'hui à un niveau constant d'émissions résiduelles en **2040**.
- Émissions de GES au cours de la première année du fonds (2025) : **36 Mt CO<sub>2</sub>e**, comme mentionné ci-dessus. En supposant que les émissions résiduelles soient réduites de moitié par rapport au niveau de référence (11,8 Mt/2 ou 11% des émissions de 1990), puis en appliquant le calcul du PRG\*, en supposant la même contribution de tous les secteurs à cette réduction, on soustrait 1,1 Mt. On obtient 5,9-1,1=4,8 Mt de CO<sub>2</sub> à retirer, avant CCS. Dans l'hypothèse de 3 Mt de CCS, le NET nécessaire se stabilise à **1,8 Mt de CO<sub>2</sub>e** par an (y compris les déchets biogéniques et les autres méthodes).
- Coûts identiques à ceux du scénario de référence : Le coût moyen de retrait du portefeuille de CO<sub>2</sub> est de **800 CHF** par tonne en 2025, puis il diminue progressivement pour atteindre **350 CHF**, comme dans le scénario de référence. En raison d'un portefeuille de projets plus petit, le coût moyen pourrait être encore plus bas, car seuls les meilleurs projets doivent être inclus. Une décarbonation plus profonde et plus rapide est obtenue grâce à des instruments de politique publique non monétaires supplémentaires, tels que la réglementation.

Ces modifications améliorent sensiblement le résultat ([Fig. 5](#), [Fig. 6](#)). Le niveau annuel d'émissions négatives peut désormais être **plafonné à 6 Mt**, ce qui rend la mise en œuvre beaucoup moins risquée, permettant de choisir de meilleurs projets, et de réduire le prix moyen à **245 CHF par tonne de CO<sub>2</sub>e** (contre 279 CHF auparavant, mais ce scénario implique davantage de réduction des émissions). Toutes les émissions excédentaires sont retirées d'ici à **2068**, et **le zéro net est atteint en 2038** (au lieu de 2042). En outre, le niveau

requis de CCS est considérablement réduit, ce qui permet de réaliser des économies supplémentaires.

En conclusion, une politique climatique même légèrement plus ambitieuse peut réduire

considérablement les risques et les coûts, raccourcir le dépassement d'une décennie entière et réduire de 40 % l'ampleur de l'ensemble de l'effort requis.

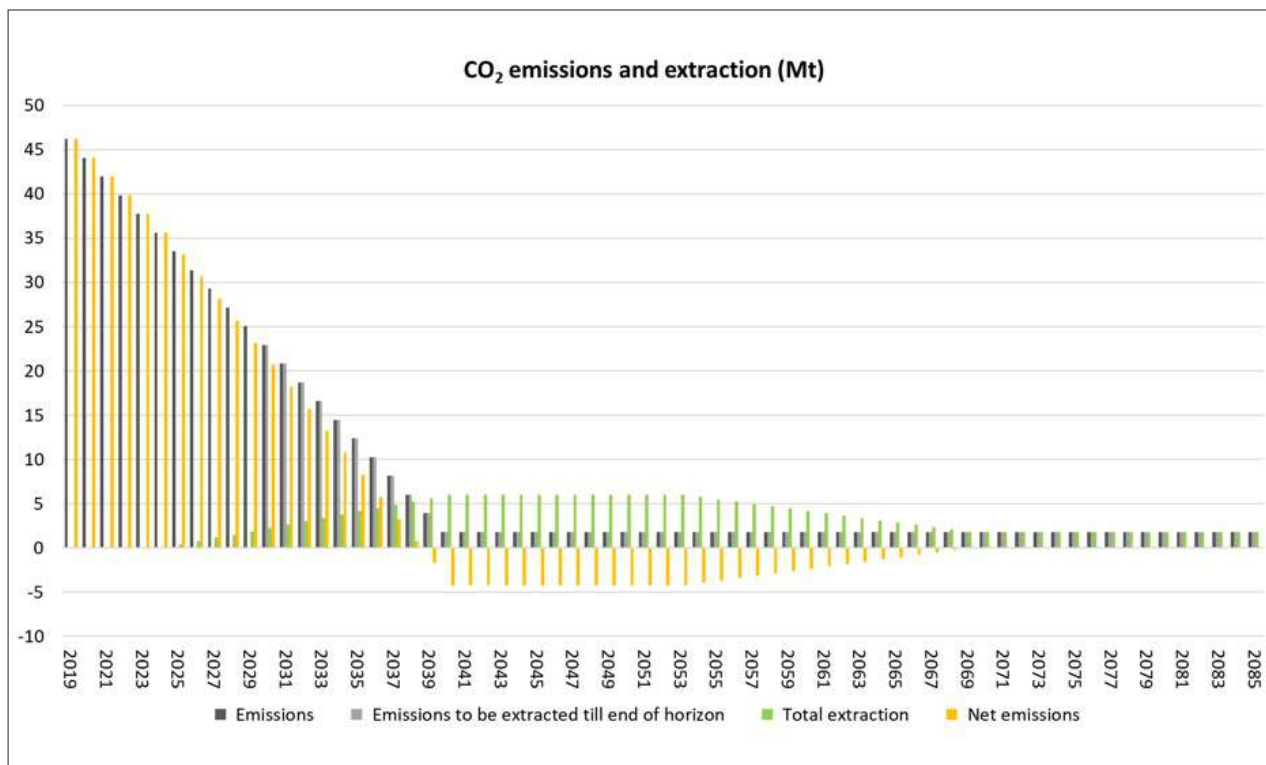


Fig. 5: Simulation des flux de CO<sub>2</sub>, politique climatique plus ambitieuse

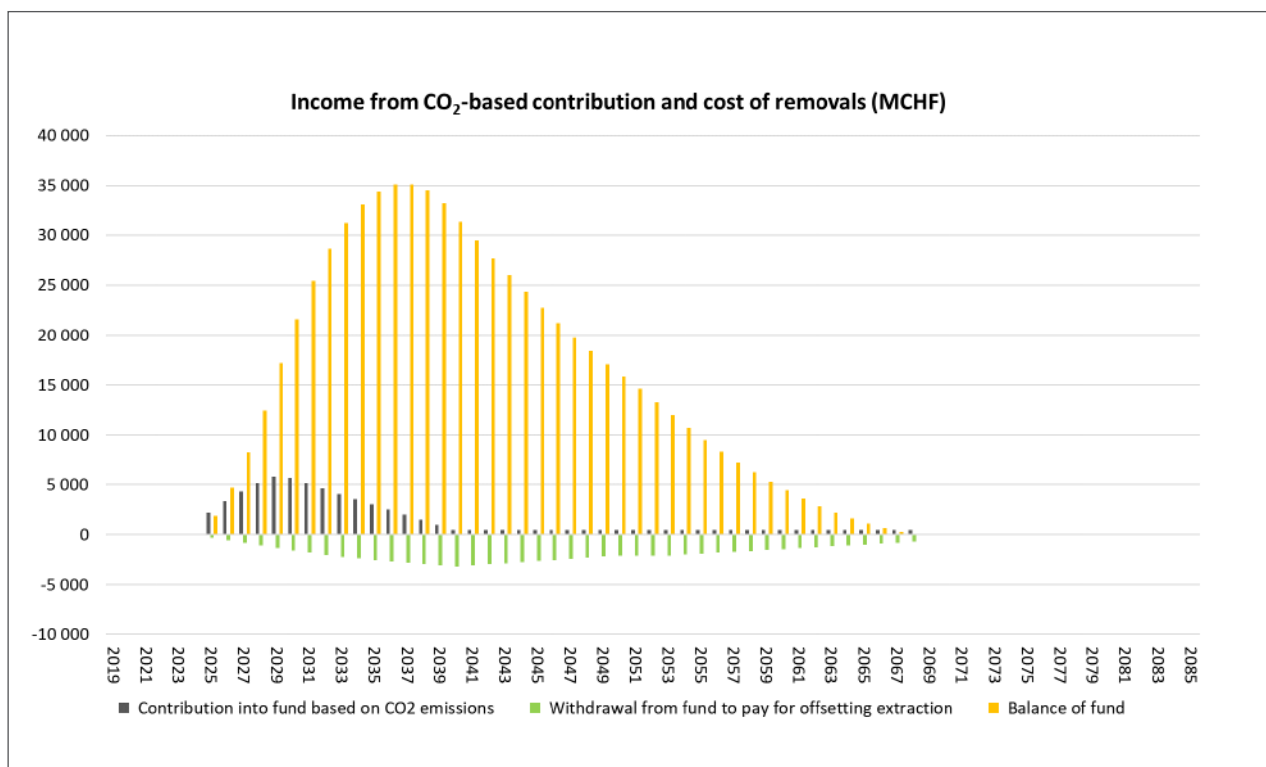


Fig. 6: Simulation des flux financiers, politique climatique plus ambitieuse

D'un point de vue conceptuel, cela valide le modèle. Cependant, en tant que base d'une stratégie climatique nationale, toutes les hypothèses doivent être testées

empiriquement et affinées. C'est précisément pourquoi nous proposons un fonds pilote, qui pourrait être lancé rapidement, réalistiquement avant la fin de l'année 2022.

## Impact de l'aviation

En 2019, les émissions de CO<sub>2</sub> de l'aviation suisse internationale et domestique<sup>31</sup>, principalement basées sur les ventes de carburants pour avions aux aéroports de Genève et de Zurich, étaient de 5,8 Mt. L'impact total de l'aviation sur le climat est toutefois mieux mesuré par l'indice de forçage radiatif (RFI), et une analyse complète récente<sup>32</sup> suggère d'utiliser RFI = 3. En recalculant les émissions suisses avec ce RFI, on constate que l'aviation contribue 17,4 de 63,6 Mt (46,2+17,4), soit 27 %, ce qui la place devant le transport terrestre.

Le livre blanc d'E4S<sup>33</sup> «Introduction d'une taxe sur les billets d'avion en Suisse : Effets estimés sur la demande» analyse les projections de croissance et les impacts de différentes taxes sur les billets d'avion sur la demande future. Même les scénarios très optimistes prévoyant des améliorations rapides et durables de l'efficacité énergétique des avions entraînent une aggravation significative des impacts climatiques d'ici 2050, de 36 % dans le meilleur des cas, et dans certains scénarios, l'impact du réchauffement est plus que triplé. Les taxes sur les billets d'avion proposées dans la loi sur le CO<sub>2</sub> de 2021, qui a été rejetée, auraient réduit les émissions de 16 % par rapport au (mauvais) scénario de référence. Une taxe augmentant annuellement (+4,71 % par an) serait plus efficace, réduisant les émissions de 26 à 38 % par rapport à la même référence, ce qui correspondrait toujours à une augmentation absolue.

La stratégie climatique à long terme de la Suisse inclut les émissions du transport aérien et résout ce problème, en prévoyant une réduction à zéro en 2050, en passant aux carburants synthétiques importés, une hypothèse qualifiée dans le même rapport<sup>24</sup> comme «optimiste dans la perspective actuelle» (p.49).

Si cette évolution optimiste ne se concrétise pas, les émissions du transport aérien (y compris RFI=3) doivent être incluses dans le Fonds pour les émissions négatives proposé. Même si les combustibles synthétiques remplacent entièrement les combustibles fossiles, ils produiront toujours des traînées de condensation et des cirrus et, selon la combustion, également des composés de NOx (avec un compromis entre la formation de NOx et la consommation de carburant, c'est-à-dire les émissions de CO<sub>2</sub>) - les deux composants non-CO<sub>2</sub> ayant le plus d'impact<sup>34</sup>. Cela suggère que les **carburants synthétiques continueront à réchauffer le climat à un taux de ⅓ du kérosène.**

Sans mesures ambitieuses supplémentaires, notamment le remplacement complet des vols européens par des trains, et des restrictions sévères sur les vols long-courriers restants, le fonds ne pourra pas retirer les émissions supplémentaires de l'aviation pour atteindre le zéro net suisse.

## 7. Démarrage : proposition de fonds pilote

### Objectif du fonds pilote

La proposition de Fonds suisse pour les émissions négatives représente un changement majeur dans la politique climatique, avec de nombreux **aspects qui doivent être développés en détail : déclaration des émissions de GES, modélisation financière, sélection et suivi des projets de retrait du carbone, gouvernance, transfert de connaissances, ainsi que sensibilisation, information et acceptation**. Il sera également nécessaire de réorganiser entièrement la politique climatique et énergétique existante, et de modifier d'autres domaines politiques (transport, agriculture), lorsque la contribution au Fonds suisse pour les émissions négatives deviendra un prélèvement important sur les émissions de gaz à effet de serre. L'amortissement social et les autres mesures de soutien doivent être adaptés.

Il n'y a pas de difficultés ni même d'incertitudes majeures insurmontables, mais le succès dépendra toujours à 100 % d'une bonne mise en œuvre. L'objectif du **fonds pilote** est de développer, de tester, d'affiner, de valider et de documenter ces aspects, afin de garantir un démarrage en douceur et une bien meilleure acceptation du fonds national à grande échelle. Comme il n'existe pas encore de base juridique pour une participation obligatoire, le fonds pilote doit être attrayant pour une participation volontaire.

### Structure et gouvernance du fonds pilote

Premièrement, le fonds pilote proposé est une initiative privée, basée sur la participation volontaire d'organisations qui choisissent d'être pionnières de l'action climatique et qui souhaitent apprendre et s'engager dans des initiatives de retrait du carbone, gagner du temps pour leur propre transition et signaler leur engagement. Elles doivent encore remplir leurs obligations légales en matière de climat, comme le paiement de la taxe sur le CO<sub>2</sub> sur les combustibles de chauffage ou la participation au SEQE. En tant qu'initiative privée, elle n'a pas besoin de base juridique supplémentaire et pourrait démarrer très rapidement.

Il n'est pas utile de définir un budget de 1,5°C pour le fonds pilote : pour fournir des indications utiles au fonds national, le pilote doit commencer bien avant

2030 ; il n'est pas non plus possible de calculer la responsabilité historique d'une organisation.

En plus de développer les aspects énumérés ci-dessus au profit du futur fonds national, le fonds pilote volontaire doit fournir des avantages immédiats et tangibles à ses organisations participantes («membres»), afin de les motiver à participer :

1. Faciliter la décarbonation profonde interne grâce à un prix du carbone objectif et à l'apprentissage organisationnel.
2. Décarboner plus rapidement leurs propres opérations, ce qui leur permet d'économiser plus d'argent que la contribution directe au fonds pilote.
3. Identifier et développer les opportunités autour de la décarbonation et des émissions négatives :
  - Pour les universités : recherche, enseignement et apprentissage
  - Pour les entreprises : nouveaux produits et services
4. Améliorer la gouvernance et la qualité de vie, devenir un employeur ou une université plus attrayante, établir ou consolider la réputation de leader en matière de climat.
5. Gagner du temps pour se préparer à une décarbonation profonde de la société.

Le fonds pilote sera une fondation avec une supervision indépendante des finances et des projets de retrait du carbone. Il partagerait la plupart des principes avec le Fonds suisse pour les émissions négatives :

- GES et PRG (potentiel de réchauffement de la planète) : Tous les GES sont couverts ; les gaz autres que le CO<sub>2</sub> sont convertis en CO<sub>2</sub>e sur la base du PRG à 100 ans pour les gaz à longue durée de vie, et du PRG\* pour les gaz à courte durée de vie (voir annexe).
- Les émissions sont déclarées par chaque membre à la fin de chaque trimestre et payées dans les 30 jours suivant la déclaration. Les déclarations font l'objet d'un audit indépendant pour vérifier la cohérence de la méthodologie.
- Toutes les émissions territoriales de GES en Suisse sont couvertes, ainsi que les vols internationaux.

- Montée en puissance : pour donner aux membres le temps de se préparer et de réduire les émissions autant que possible, il y aura une période de transition de 5 ans, au cours de laquelle le pourcentage des émissions soumises au paiement au fonds augmentera linéairement tous les trimestres, de 0 à 100%. Par exemple, au cours du premier trimestre de la transition, seuls 5% des émissions effectives devront être payés, 10% au deuxième trimestre, et ainsi de suite, pour atteindre 95% au 19<sup>ème</sup> trimestre et 100% à partir du 20<sup>ème</sup> trimestre.
- Temps de montée en puissance synchronisé ou individuel, à déterminer :
  - Option 1 : à une date donnée, le même pourcentage d'émissions soumises à paiement s'applique à tous les membres ; les adhérents tardifs s'alignent sur les autres membres. Avantages : motivation à adhérer tôt, communication plus claire, résultats plus rapides du fonds pilote qui peuvent être utilisés pour le fonds national.
  - Option 2 : le pourcentage de montée en puissance est calculé par trimestre à partir de la date d'adhésion au fonds pilote, pour chaque membre séparément. Avantage : les affiliés tardifs ne sont pas découragés.
- Le prix stabilisé par tonne de CO<sub>2</sub>e commencera à 250 CHF, et sera révisé si nécessaire.

Le fonds pilote volontaire est légèrement différent du fonds national. Étant donné la petite échelle du fonds pilote, ses projets de retrait du carbone peuvent être développés rapidement, limités uniquement par l'argent et les efforts investis. Par conséquent, le délai de mise en œuvre sera court, généralement de quelques mois. Les organisations participantes paieront le prix total sur un pourcentage croissant de leurs émissions, qui seront ensuite retirées rapidement. Cette configuration permettra d'obtenir des résultats plus rapides, ce qui est essentiel pour préparer le Fonds suisse pour les émissions négatives à grande échelle.

Dès le début, l'accent sera mis sur la manière de comptabiliser et de surveiller les émissions du projet et l'impact sur la biodiversité au fil du temps. En outre,

étant donné le caractère d'apprentissage du fonds pilote et sa petite échelle, un équilibre doit être trouvé entre les dimensions suivantes :

- **Diversification** : trouver un équilibre entre la nécessité d'acquérir une expérience approfondie et celle de couvrir plusieurs méthodes de retrait du carbone (définir un nombre minimal et maximal de types de projets et de projets).
- **Horizon temporel** : équilibrer le faible coût et le potentiel de retrait à court terme avec le coût élevé et le potentiel à plus long terme (définir un pourcentage minimum et maximum d'allocation de fonds par horizon temporel).
- **Retrait du carbone et co-bénéfices** : pour les projets biologiques, ils sont généralement alignés ; les projets géologiques peuvent inclure des compromis (définir le poids des co-bénéfices, critères de retrait pour les projets ayant des effets négatifs).
- **Prévisibilité vs. potentiel d'apprentissage** : équilibrer les projets à faible incertitude avec les projets à potentiel d'apprentissage pour l'enseignement et la recherche (définir le niveau minimum de séquestration et de prévisibilité des coûts pour l'acceptation des projets).
- **Stockage géologique** : si possible, utiliser le fonds pilote pour ouvrir et valider un ou deux sites de stockage géologique en Suisse, ce qui constitue une base indispensable pour environ 5 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> de CCS par an à partir de 2035-40.

## Projets de retrait du CO<sub>2</sub> - sélection et exemple

Compte tenu de la taille initialement réduite du fonds pilote, une sélection minutieuse des premiers projets de retrait du carbone est essentielle.

Il s'agit d'une première estimation de la taille du fonds pilote, en supposant qu'il commence avec 4 organisations membres, émettant 10 kt, 15 kt, 25 kt, 50 kt CO<sub>2</sub>e par an en Suisse, avec une montée en puissance de 5% par trimestre. Les émissions soumises à paiement pour la première année correspondront à  $(5\%+10\%+15\%+20\%)/4 = 12,5\%$  ou 12,5 kt CO<sub>2</sub>e. Au prix de départ estimé de 250 CHF par tonne, le financement total pour la première année serait de 3125 kCHF.



Pour assurer la diversification, un mélange de projets biologiques et géologiques, ainsi que le retrait carbone à court terme et l'apprentissage à plus long terme, ce financement pourrait être réparti comme suit :

- Capture : 80% biologique, 20% chimique
- Stockage : 80% biologique, 20% géologique
- 80% d'enlèvement à court terme, <CHF 250/t, 20% d'apprentissage à long terme, >CHF 250/t
- Max. 10 % de l'investissement annuel (300 000 CHF) sur un seul projet.
- Max. 30% de l'investissement annuel sur un seul type de projet

Chaque projet doit être attrayant en soi, mais il est très avantageux d'assurer un portefeuille équilibré.

A titre d'**exemple hypothétique**, un portefeuille équilibré après un an pourrait comprendre :

- Trois projets de restauration de zones humides, total CHF 800k, CHF 200/t, 4000 t
- Un projet de restauration de la forêt, total 100k CHF, 100 CHF/t, 1000 t
- Un projet de restauration du lit d'une rivière, total de 200 000 CHF, 200 CHF/t, 1000 t
- Cinq projets de biochar et de restauration des sols, CHF 400k, CHF 500/t, 800 t
- Un projet de biochar à faible coût, stockage temporaire en subsurface, 200k CHF, 200 CHF/t, 1000 t
- Un projet d'agroécologie et de restauration des sols, total CHF 100k, CHF 100/t, 1000 t
- Un projet de stockage géologique, première année CHF 300k, CHF 1000/t, 300 t
- Un projet d'altération améliorée, première année CHF 100k, CHF 500/t, 200t

En analysant ce portefeuille hypothétique, nous identifions :

- Total 14 projets, investissement total : CHF 2200k, total CO<sub>2</sub> éliminé : 9300 t, coût moyen : CHF 236/t
- Réserve : CHF 925k (29.6% de 3125k), CO<sub>2</sub> retiré : 74.4%.
- Capture : 82% biologique, 18% chimique

- Stockage : 75% biologique, 25% géologique
- 64% de retrait à court terme, <CHF 250/t, 36% d'apprentissage à long terme, >CHF 250/t
- Les coûts de suivi de chaque projet sont inclus dans le projet.

## Acceptation des parties prenantes

Compte tenu de la petite taille du fonds pilote, deux groupes principaux de parties prenantes sont essentiels à son acceptation : (1) les étudiants, les employés et les cadres de l'organisation membre, qui doivent cotiser au fonds et prendre des mesures pour réduire leurs émissions, et (2) les populations locales qui doivent soutenir les projets de retrait pour qu'ils réussissent, et qui seront les premiers à bénéficier des projets réussis.

Apprendre à gagner cette acceptation est l'un des résultats les plus importants du fonds pilote. Un excellent point de départ pourrait être les ressources sur l'engagement communautaire du Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe, l'UNDRR et le Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe, ainsi que le livre source Eco-DRR (Ecosystem-based Disaster Risk Reduction) de l'UNEP<sup>35</sup>, en particulier les chapitres sur l'engagement communautaire et l'opérationnalisation de la résilience.

Alternativement, et plus proche de la tradition suisse de démocratie directe, des approches délibératives pourraient être explorées.

## 8. Annexe

### GES à courte et longue durée de vie, et le cas du méthane

Ce chapitre technique explique pourquoi et comment, en particulier lors de transitions rapides, les **émissions de méthane provenant de l'agriculture doivent être considérées différemment du multiplicateur de réchauffement sur 100 ans généralement adopté dans la planification et les rapports sur le climat**. Il constitue la base de notre modélisation.

La politique internationale en matière de climat a universellement adopté l'utilisation du PRG100, qui convertit l'effet climatique des GES autres que le CO<sub>2</sub>, tels que le méthane (CH<sub>4</sub>), l'oxyde nitreux (NO<sub>2</sub>) et les gaz fluorés (gaz F, notamment les HFC et le SF6). Le PRG100 calcule le potentiel de réchauffement planétaire équivalent d'un gaz par rapport au CO<sub>2</sub> sur une période de 100 ans. Cela fonctionne bien dans la pratique pour les gaz à longue durée de vie comme l'oxyde nitreux et la plupart des gaz fluorés, qui restent dans l'air pendant bien plus de 100 ans, dans certains cas bien plus de 10 000 ans.

Cependant, le méthane se comporte très différemment, et la mesure pratique du PRG100 ne rend pas bien compte de son impact sur le climat. Au départ, le méthane contribue au réchauffement de la planète plus de 100 fois plus que le CO<sub>2</sub>, mais au bout d'une décennie, il s'est en grande partie décomposé en CO<sub>2</sub> et en eau.<sup>36</sup> en CO<sub>2</sub> et en eau par oxydation naturelle dans l'atmosphère, principalement dans la troposphère par réaction avec le radical hydroxyle (OH). Par conséquent, le PRG100 du méthane, qui est de 28, ne montre que la contribution «moyenne» au réchauffement, sous-estimant l'effet des changements à court terme et surestimant l'effet à long terme.

Plus précisément, le PRG100 suggère un réchauffement constant et à long terme dû au méthane, alors qu'en réalité l'effet de réchauffement est un pic puissant et de courte durée. Lorsque les émissions de méthane sont constantes, sa concentration n'augmente pas, car l'oxydation naturelle correspond aux émissions. Cependant, une **augmentation des émissions de méthane a un effet de réchauffement important ; à l'inverse, la réduction des émissions annuelles a un effet de refroidissement ponctuel**.

Pour cette raison, l'Académie suisse des sciences (SCNAT) recommande<sup>37</sup> d'utiliser un paramètre adapté, le PRP\*, qui mesure l'effet d'une variation du taux d'émission de méthane, tant pour la déclaration nationale qu'internationale des GES. En attendant un accord international, la comptabilité nationale devrait inclure les deux mesures, le PRG\* et le PRG100. Le GIEC ne fait pas (encore) de recommandation, mais discute de cette question en détail dans le résumé technique du RE6<sup>2</sup> (TS.3.3.3 "Relating Different Forcing Agents").

En outre, la SCNAT recommande d'utiliser le PRG\* pour calculer les émissions négatives requises, ce qui, dans le cas de la **Suisse, dont les émissions de méthane diminuent lentement, réduit considérablement les NET nécessaires pour compenser le méthane**.

Nous suivons la méthodologie recommandée par la SCNAT :  $CO_2e^* = (105 * \Delta Em) + (7 * Em)$ , où Em sont les émissions actuelles de méthane et  $\Delta Em$  est la variation absolue des émissions de méthane sur 20 ans.

Pour le méthane de l'agriculture suisse, sur la base de la période 1999-2019<sup>31</sup>, lorsque les émissions ont légèrement diminué de 160 à 155 kt CH<sub>4</sub>,  $\Delta Em$  est de -5 kt CH<sub>4</sub>, les émissions équivalentes de CO<sub>2</sub> en utilisant le PRG\* sont de  $105*(-5)+7*155 = 560$  kt CO<sub>2e</sub>, soit nettement moins que les  $155*28 = 4340$  kt CO<sub>2e</sub> obtenues en utilisant le PRG100

Dans le but d'atteindre le zéro net en 2050, nous supposons que la majeure partie de la réduction ponctuelle par étapes des émissions de méthane se produit bien avant cette année, de sorte que nous ne conservons que la composante à long terme du PRG\* :  $CO_2e^* \approx 7 * Em$ . Sur la base de la stratégie climatique à long terme de la Suisse<sup>24</sup>, Em pour l'agriculture correspond à une réduction de 40% par rapport au niveau de 1990, soit 173 kt, ou 104 kt CH<sub>4</sub>. Cela signifie que les émissions totales de l'agriculture suisse en 2050, en utilisant le PRG\*, atteignent **2,5 Mt CO<sub>2e</sub>**, au lieu de 4,6 Mt, soit une réduction du besoin annuel de NET de 2,1 Mt, de 6,8 à 4,7 Mt. C'est ce chiffre que nous utiliserons dans notre modèle pour calculer les émissions négatives requises.

## Scénarios, hypothèses et paramètres modélisés

	<b>Base de référence adaptée de la Stratégie climatique à long terme de la Suisse</b>	<b>Une politique climatique plus ambitieuse</b>
<b>HYPOTHÈSES</b>		
Lancement du fonds	2025	2025
Les émissions diminuent jusqu'à	2045	2040
Montée en puissance du prix du CO <sub>2</sub> jusqu'à	2030	2030
2025 Coût NET	800 CHF	800 CHF
2040 Coût NET	350 CHF	350 CHF
Taux d'intérêt	2.5%	2.5%
Émissions de GES en 2025	36 Mt CO <sub>2</sub> e	36 Mt CO <sub>2</sub> e
Émissions de GES en 2045	9,7 Mt CO <sub>2</sub> e	4,8 Mt CO <sub>2</sub> e (à partir de 2040)
2045 GES après CCS	4,7 Mt CO <sub>2</sub> e	1,8 Mt CO <sub>2</sub> e (à partir de 2040)
<b>RÉSULTATS</b>		
Zéro net atteint en	2042	2039
L'excès de CO <sub>2</sub> est retiré en	2077	2068
Prix du CO <sub>2</sub> par tonne	CHF 279	CHF 245
Pic NET p.a.	10 Mt de CO <sub>2</sub>	6 Mt de CO <sub>2</sub>
Païement annuel maximal au fonds	7,99 milliards de CHF	5,75 milliards de CHF

## 9. Références

1. Nick, S. & Thalmann, P. *Carbon removal, net zero, and implications for Switzerland. E4S Enterprise for Society*. (2021).
2. IPCC AR6 SPM Climate Change 2021: The Physical Science Basis. in *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds. Masson-Delmotte, V. et al.) (Cambridge University Press, 2021).
3. WWF (2020) *Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss*. Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Switzerland.
4. IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
5. Stadelmann, I. Das Nein zum CO<sub>2</sub>-Gesetz war kein Nein zu Lenkungsabgaben. *ProClim Flash* 75 (2021).
6. Agreements for the implementation of Article 6 of the Paris Agreement, Federal Office for the Environment FOEN. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/themen/thema-klima/klimawandel-stoppen-und-folgen-meistern/klima--internationales/staatsvertraege-umsetzung-klimauebereinkommen-von-paris-artikel6.html>.
7. *Climate Action Tracker | Warming Projections Global Update - November 2021*.
8. Climate Action Tracker: Switzerland. <https://climateactiontracker.org/countries/switzerland>.
9. *IIASA Policy Brief #30, October 2021*.
10. Luppi, B., Parisi, F. & Rajagopalan, S. The rise and fall of the polluter-pays principle in developing countries. *International Review of Law and Economics* **32**, 135–144 (2012).
11. Fressoz, J.-B. Le décret de 1810 : la libéralisation des « choses environnantes ». *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* **62**, 16–22 (2011).
12. Liability - Legislation - Environment - European Commission. <https://ec.europa.eu/environment/legal/liability/>.
13. About *Carbon Takeback* - Stopping fossil fuels from causing global warming. *Carbon Takeback* <https://carbontakeback.org/about/> (2020).
14. Allen, M. R., Frame, D. J. & Mason, C. F. The case for mandatory sequestration. *Nature Geosci* **2**, 813–814 (2009).
15. Jenkins, S., Mitchell-Larson, E., Ives, M. C., Haszeldine, S. & Allen, M. Upstream decarbonization through a carbon takeback obligation: An affordable backstop climate policy. *Joule* **5**, 2777–2796 (2021).
16. Landis, F., Marcucci, A., Rausch, S., Kannan, R. & Bretschger, L. Multi-model comparison of Swiss decarbonization scenarios. *Swiss Journal of Economics and Statistics* **155**, 12 (2019).
17. Thalmann, P. & Vielle, M. Lowering CO<sub>2</sub> emissions in the Swiss transport sector. *Swiss Journal of Economics and Statistics* **155**, 10 (2019).

18. Carbon Pricing Dashboard, The World Bank. <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>.
19. *Setting the context for an EU policy framework for negative emissions, CEPS Scoping Paper*. <https://www.ceps.eu/ceps-publications/setting-the-context-for-an-eu-policy-framework-for-negative-emissions/> (2021).
20. *Faktenblatt Oktober 2019 Nuklearforum Schweiz / swissnuclear: Finanzierung von Stilllegung und Entsorgung gesichert*.
21. Pedersen, E., Weisner, S. E. B. & Johansson, M. Wetland areas' direct contributions to residents' well-being entitle them to high cultural ecosystem values. *Science of The Total Environment* **646**, 1315–1326 (2019).
22. *Partnership for Market Readiness (PMR), Carbon Pricing Leadership Coalition (CPLC), 2018. Guide to Communicating Carbon Pricing*.
23. *Report - The Path to Net Zero - Climate Assembly UK*. <https://www.climateassembly.uk/report/www.climateassembly.uk/report/> (2020).
24. *Switzerland's Long-Term Climate Strategy Long-term low greenhouse gas emission development strategies (LT-LEDS) The Federal Council*. (2021).
25. *Energieperspektiven 2050+, Kurzbericht, Prognos AG / TEP Energy GmbH / INFRAS AG, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)*. (2020).
26. Willett, W. *et al.* Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* **393**, 447–492 (2019).
27. *Gesetzesentwurf der Bundesregierung Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes, 2021*.
28. Ritchie, H. & Roser, M. CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. *Our World in Data* (2020).
29. *Umweltbundesamt Deutschland, Data > Environmental Indicators > Indicator: Greenhouse gas emissions > Emission of greenhouse gases covered by the UN Framework Convention on Climate*. Umweltbundesamt <https://www.umweltbundesamt.de/en/data/environmental-indicators/indicator-greenhouse-gas-emissions> (2022).
30. Statistisches Bundesamt Deutschland - GENESIS-Online - Vorausberechneter Bevölkerungsstand: Deutschland, Stichtag, Varianten der Bevölkerungsvorausberechnung. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/>
31. *Greenhouse gas inventory of Switzerland, Inventory data and documentation submitted under the UNFCCC in 2021 (covering the years 1990-2019). Submission of April 2021*.
32. *Neu U (2021) The impact of emissions from aviation on the climate. Swiss Academies Communications 16 (3)*. <https://scnat.ch/en/id/cSx4y>.
33. *Thalmann, P., Cocker, F., Abraham, P.C., Brühlhart, M., Orgland, N., Rohner, D. and Yaziji, M., 2021. Introducing an Air Ticket Tax in Switzerland: Estimated Effects on Demand. E4S Center*.
34. Lee, D. S. *et al.* The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment* **244**, 117834 (2021).
35. *Sudmeier-Rieux, K., Nehren, U., Sandholz, S. and Doswald, N. (2019) Disasters and Ecosystems, Resilience in a Changing Climate - Source Book. Geneva: UNEP and Cologne: TH Köln - University of Applied Sciences*.

36. *Jardine, C.N., Boardman, B., Osman, A., Vowles, J. and Palmer, J., 2004. Methane UK. The environmental change institute.*
37. *Swiss Academy of Sciences (SCNAT): Klimawirkung und CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen von kurzlebigen Substanzen, forthcoming.*

