



Le béton, sauveur inattendu du climat

Prof. Dr Pietro Lura

Chef du Laboratoire Béton et Asphalte, Empa
Professeur de technologie du béton, EPF Zurich

Dr Mateusz Wyrzykowski

Chef de groupe Technologie du béton, Dépt B&A, Empa

Échange d'expériences 2025, Berne, le 14.05.2025



59,07 % de oui

Am 18. Juni 2023 haben die Schweizer Stimmberechtigten über das Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (indirekter Gegenvorschlag zur Gletscher-Initiative) abgestimmt.

Art. 3

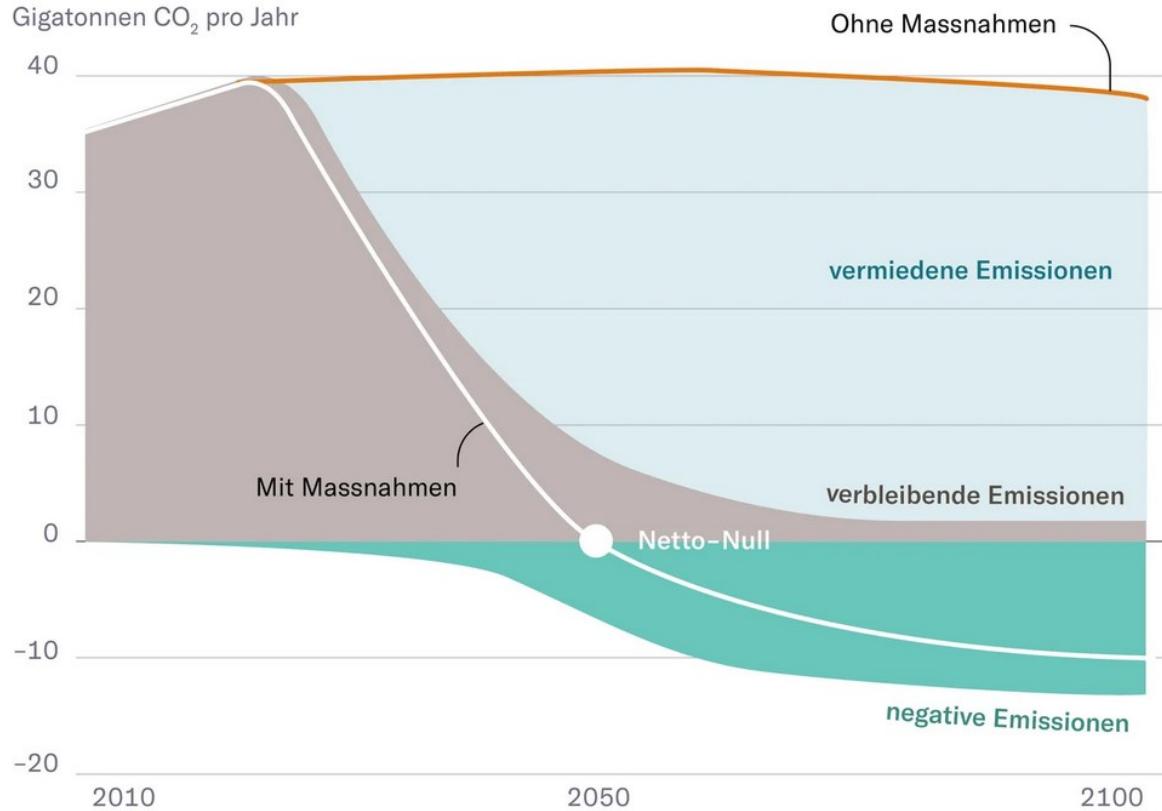
Ziel der Verminderung von Treibhausgasemissionen und der Anwendung von Negativemissionstechnologien

¹ Der Bund sorgt dafür, dass die Wirkung der in der Schweiz anfallenden von Menschen verursachten Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 Null beträgt (Netto-Null-Ziel), indem:

- a. die Treibhausgasemissionen so weit möglich vermindert werden; und
- b. die Wirkung der verbleibenden Treibhausgasemissionen durch die Anwendung von Negativemissionstechnologien in der Schweiz und im Ausland ausgeglichen wird.

² Nach dem Jahr 2050 muss die durch die Anwendung von Negativemissionstechnologien entfernte und gespeicherte Menge an CO₂ die verbleibenden Treibhausgasemissionen übertreffen.

Motivation : émissions évitées vs émissions négatives



Réduire les émissions nettes
Carbon Capture and
Utilization/Storage (**CCS**)

➔ Évitement

Negative emission Technologies
(**NET**)

➔ Extraction de l'atmosphère

- 10-20 Gt CO₂/an

Émissions négatives – Stocker le CO₂ dans les matériaux

Der Bundesrat

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesrat | Bundespräsidium | Departemente | Bundeskanzlei | Bundesrecht | Dokumentation

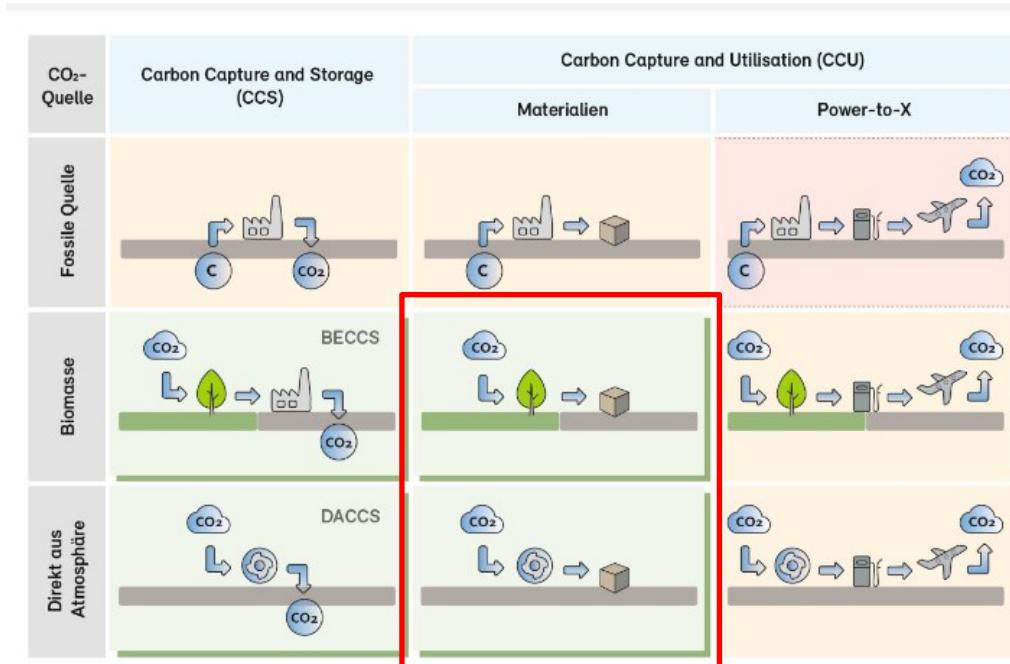
Startseite > Dokumentation > Medienmitteilungen > Klimawandel: Bundesrat verabschiedet Bericht zu negativen CO₂-Emissionen

← Dokumentation

← Zurück zur Übersicht

Klimawandel: Bundesrat verabschiedet Bericht zu negativen CO₂-Emissionen

Bern, 02.09.2020 - Der Bundesrat hat an seiner Sitzung vom 2. September 2020 einen Bericht über die Bedeutung von negativen CO₂-Emissionen für die künftige Schweizer Klimapolitik gutgeheissen. Um CO₂ dauerhaft aus der Atmosphäre zu entfernen (sogenannte negative Emissionen), bedarf es spezieller Technologien, die erst teilweise vorhanden sind. Der Bericht kommt zum Schluss, dass negative Emissionen zur Erreichung der langfristigen Klimaziele unverzichtbar sind. Er empfiehlt dem Bund, bereits heute die Rahmenbedingungen für den starken Ausbau dieser Technologien zur Entnahme und dauerhaften Speicherung von CO₂ zu schaffen. Die Schweiz sei dank ihrer Forschungs- und Innovationskraft so gut aufgestellt, dass sie eine wichtige Rolle bei der Entwicklung dieser Technologien einnehmen kann.



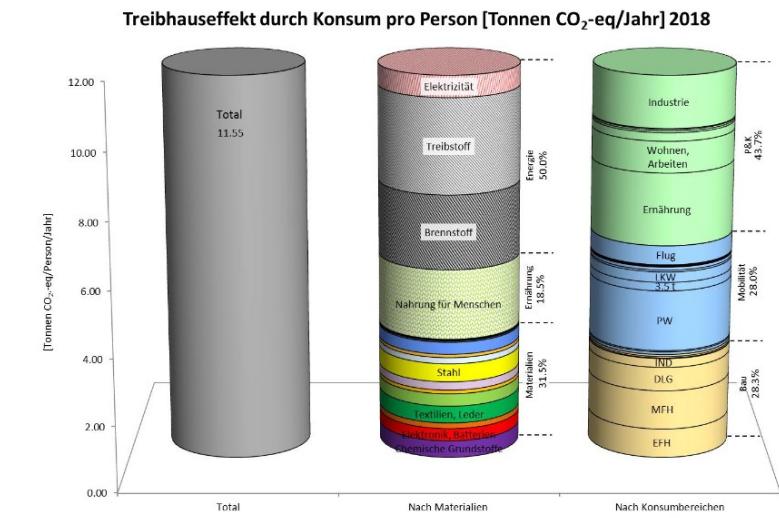
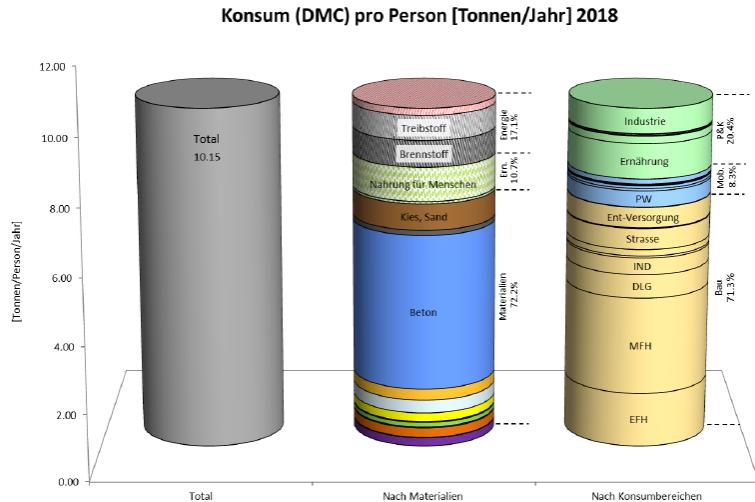
Es wird davon ausgegangen, dass die verwendete Energie klimafreundlich gewonnen wurde.

 Negative Emissionen  Klimaneutralität  CO₂-Emissionen

Consommation de matériaux en Suisse

~40 Mt/an Béton → ~46 % de tous les matériaux,
mais...

- ~3,2 % des émissions de CO₂
- ~1,4 % de l'énergie non renouvelable



Approches possibles pour l'extraction du CO₂



Carbone issu de la pyrolyse du méthane
En laboratoire + installation pilote



Approches possibles pour l'extraction du CO₂



Carbone issu de la pyrolyse du méthane
En laboratoire + installation pilote

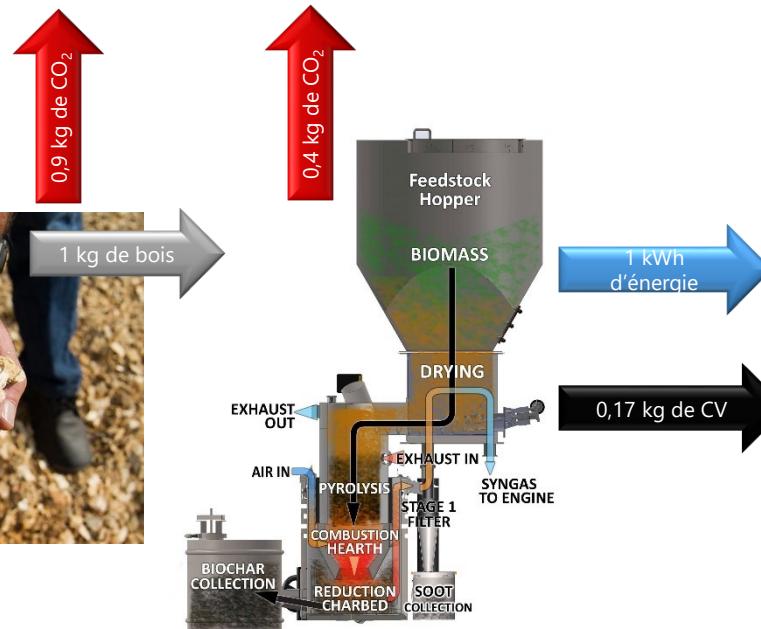


Charbon végétal
disponible dès maintenant +
matériau modèle



Le charbon végétal en tant que technologie d'émission négative (NET)

Materials Science and Technology

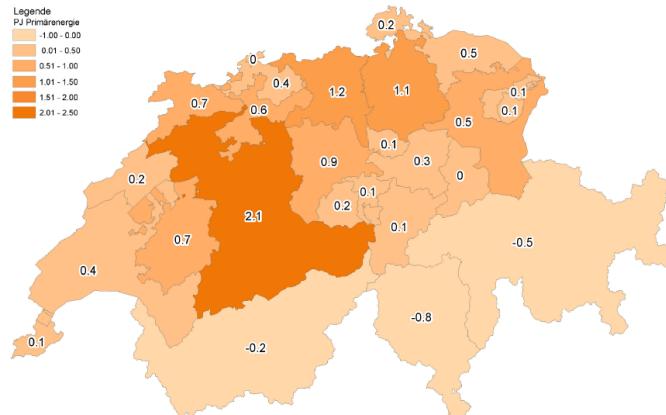


Les NET nécessitent un **stockage à long terme**



Charbon végétal : potentiel de la biomasse en Suisse

- Potentiel de biomasse supplémentaire utilisable : 2,8 Mt/an
 - Potentiel du charbon végétal (Grossegger et al. 2024)
1 Mt/an CV → 1,6 Mt/an puits de CO₂



Thees et al. Biomassenpotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung, WSL 2017

Charbon végétal dans le ciment/béton

- Une partie du ciment est remplacée par du CV (bio) ou le CV est directement intégré (additif) dans le béton
- Plusieurs projets (de recherche) et premiers objets de démonstration dans le monde entier
→ Faisabilité démontrée



« Carat », ©Vicat



Vyrzykowski, Toropovs, Lura



« KLARK », ©Logbau 2022

Pellets de carbone sous forme de granulats légers

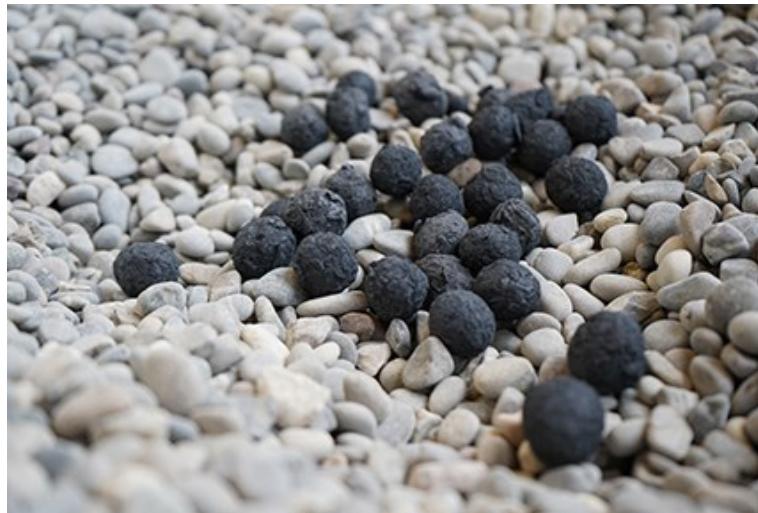
M. Wyrzykowski, N. Toropovs, F. Winnefeld, P. Lura



CO₂ net bilan des pellets : **-1,05 kg de CO₂/kg de pellets** (puits de CO₂!)

Propriétés physiques

- Dimension : 4-32 mm
- Densité : 1,0-1,5 g/cm³



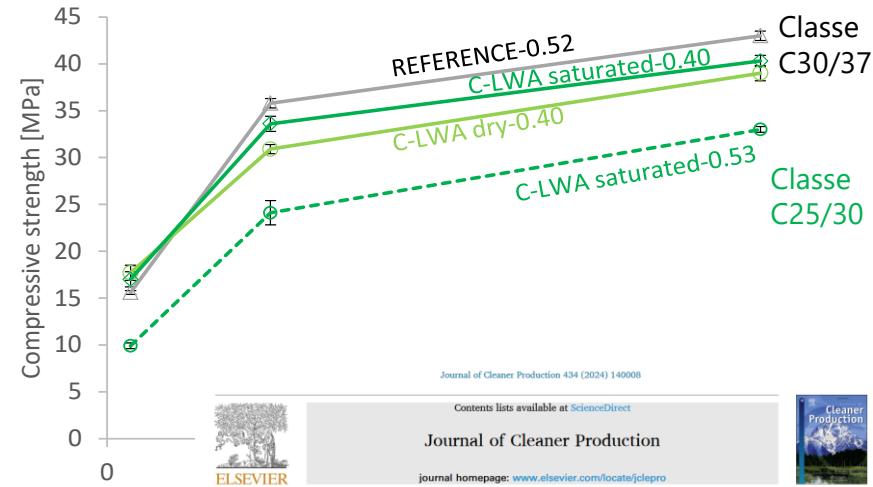
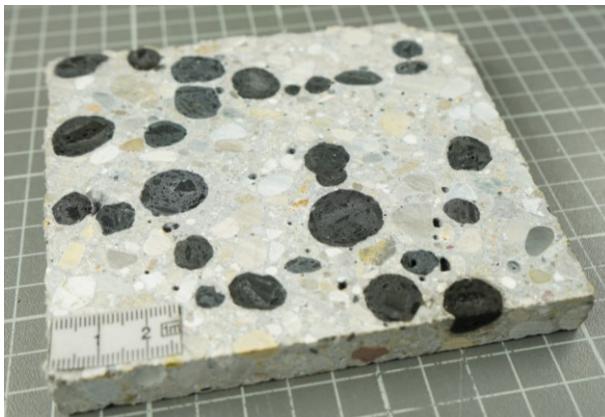
CV+eau+ciment
~(2:2:1)
Pelletisation +
durcissement

Béton zéro émission nette avec C-LWA

- Béton de construction (C30/37), e/z 0,55, teneur en ciment 300 kg³, masse volumique 2400 kg³
- Béton avec C-LWA : C-LWA ~20 % vol. du béton, teneur en C ~3,3 % masse, ρ~2100 kg³
- Bonne durabilité (bâtiment) : XF2-3, XC3-4,

■ Émissions

- Référence : 208 kg CO₂/m³ Béton
- C-LWA : -1 kg CO₂/m³ Béton



Cold-bonded biochar-rich lightweight aggregates for net-zero concrete

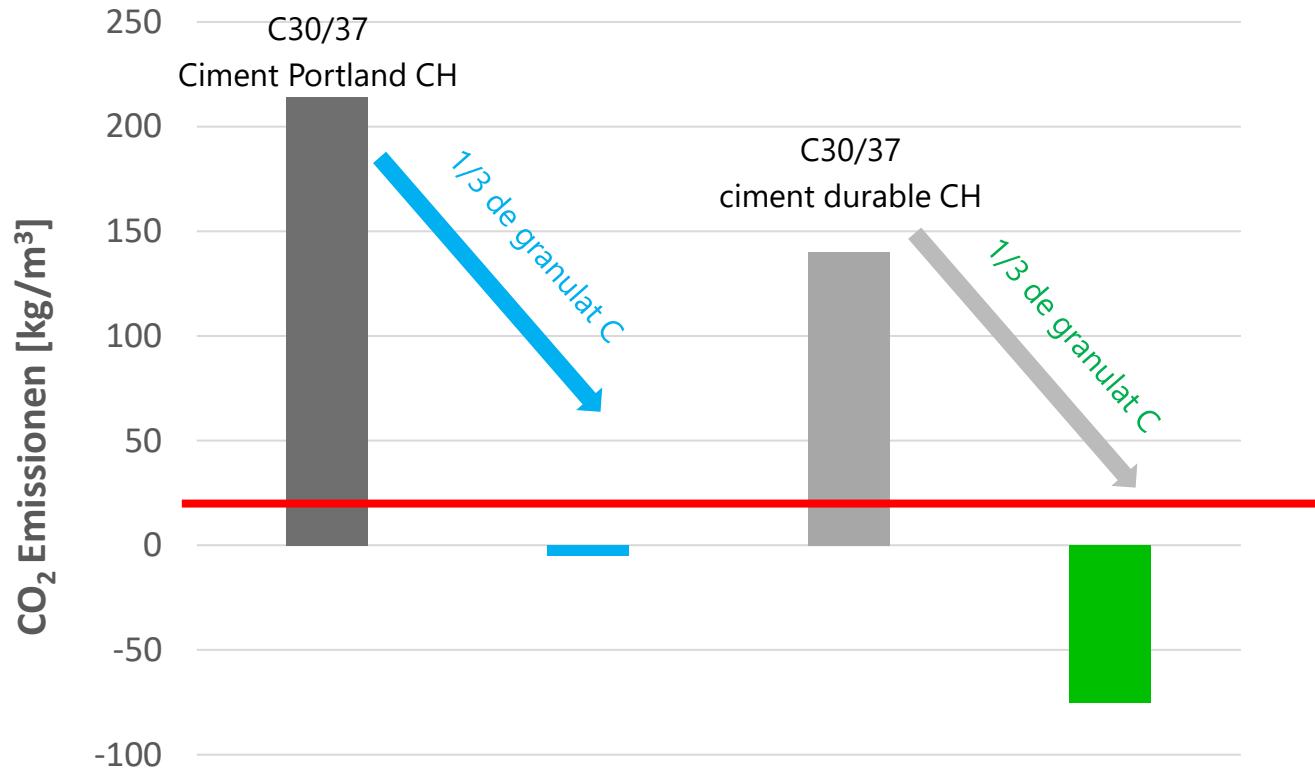
Mateusz Wyrzykowski ^{a,*}, Nikolajs Toropovs ^a, Frank Winnefeld ^a, Pietro Lura ^{a,b}

^a Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Dübendorf, CH-8600, Switzerland

^b Institute for Building Materials, ETH Zurich, Zurich, CH-8092, Switzerland



Le béton avec un bilan carbone négatif – plus qu'un rêve



Le carbone dans le béton – quels sont les obstacles ? (1)

Permanence du stockage – point de vue

- European Biochar Industry « Position Paper » :
 - Le charbon végétal seul est permanent (si fabriqué à $> 550^{\circ}\text{C}$)...
 - ...et restera ainsi dans le béton (sauf traitement thermique)
- Scénario de fin de vie : le béton contenant du charbon végétal peut être réutilisé, recyclé, downcyclé ou mis en décharge

Il doit encore faire ses preuves sur le plan expérimental !

Le carbone dans le béton – quels sont les obstacles ? (2)

Conformité aux normes

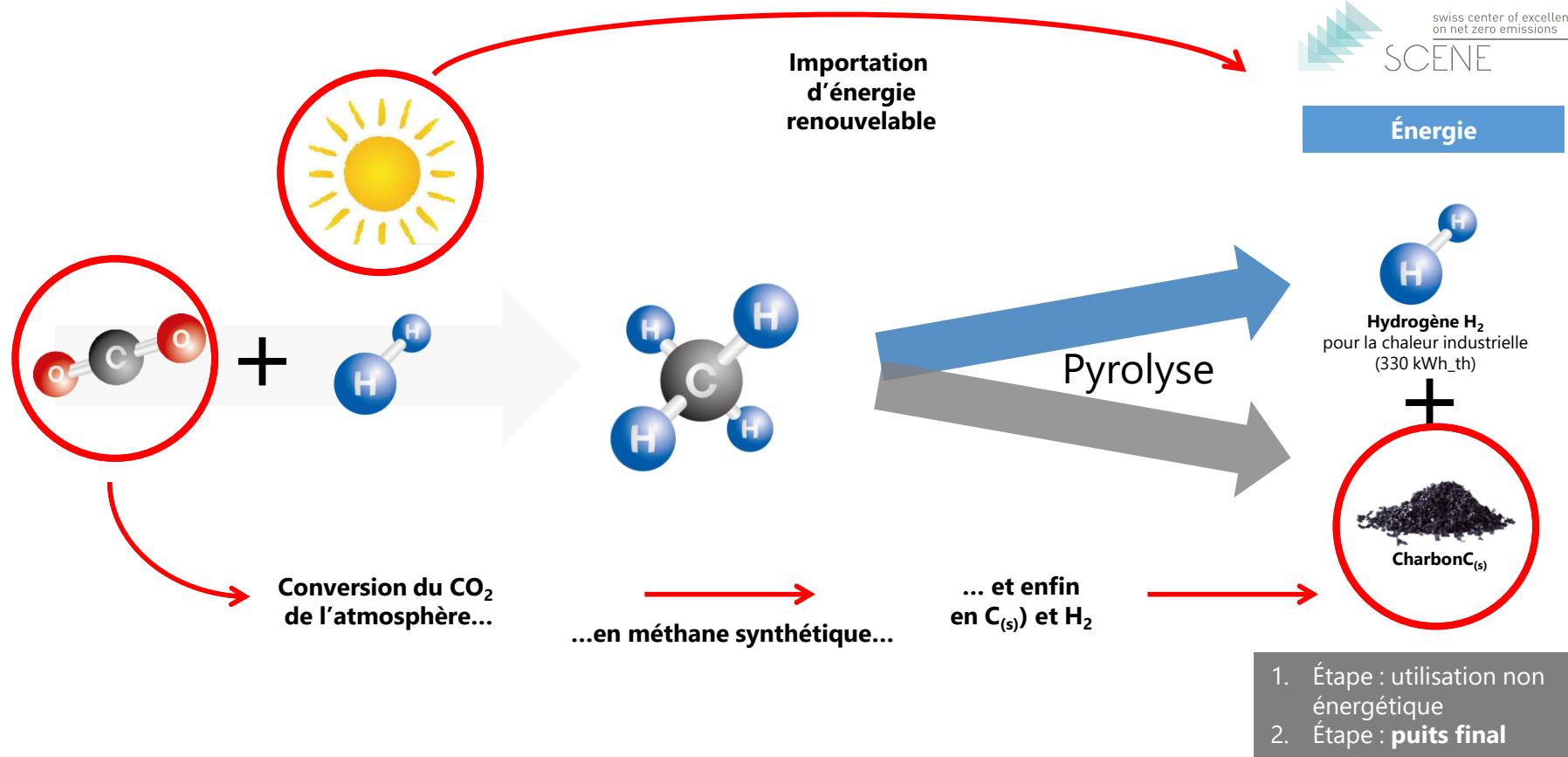
- SIA 215/2 : « *Le carbone élémentaire selon ISO 10694 ne doit pas dépasser 2 % ou doit être déclaré.* »
« *D'autres déchets sont autorisés s'ils respectent les valeurs limites pour les substances dangereuses selon l'OLED, annexe 3, ch. 2, let. c.* »

Défis techniques

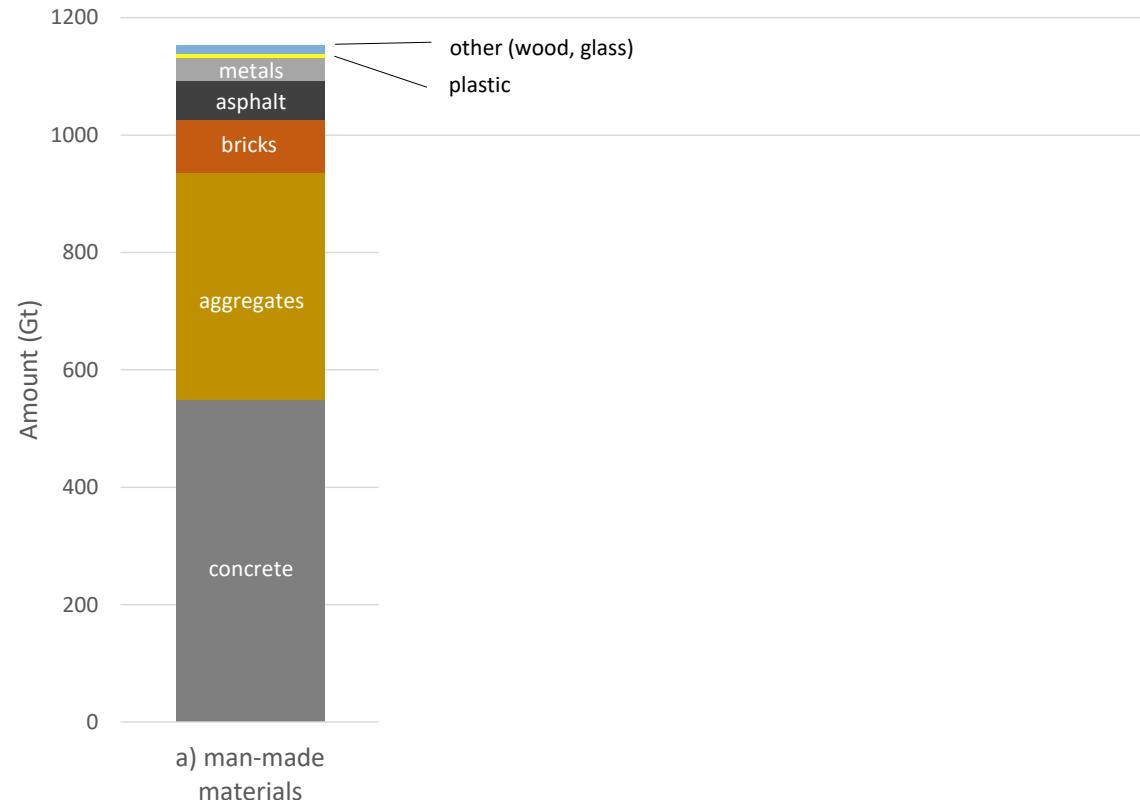
- Variabilité du CV
- Porosité élevée : besoin élevé en eau, le CV absorbe les additifs
- Formation de poussières
- *Voir C-LWA Pellets*

Carbon Capture and Use

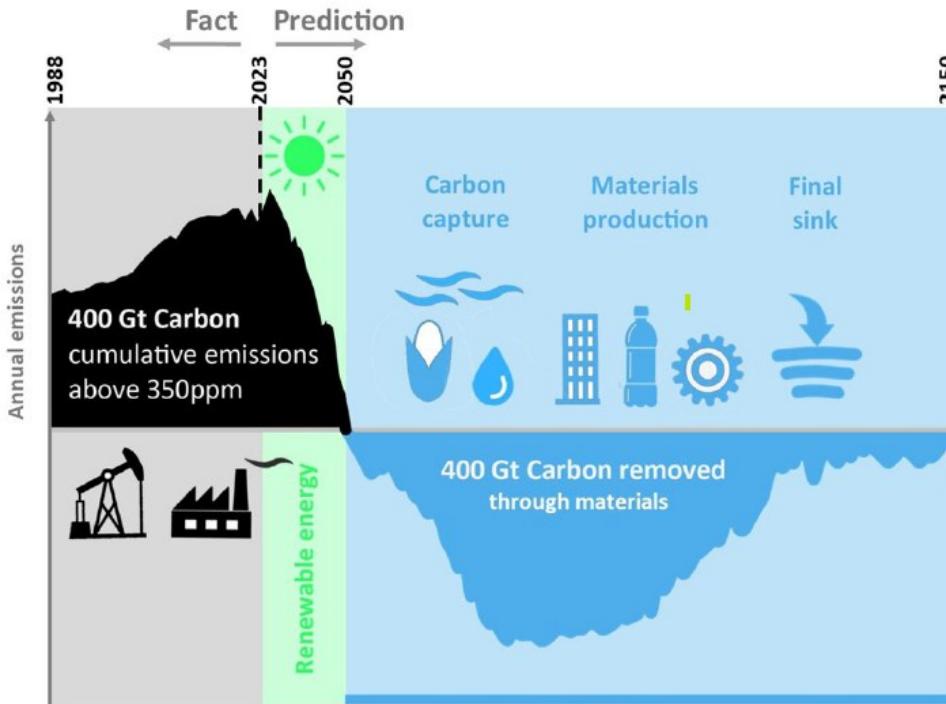
Énergie



Composition des matériaux créés par l'homme



Initiative de l'Empa « Mining the atmosphere » (1)



Resources, Conservation & Recycling 212 (2025) 107968

Contents lists available at ScienceDirect



ELSEVIER

Resources, Conservation & Recycling

journal homepage: www.sciencedirect.com/journal/resources-conservation-and-recycling



Mining the atmosphere: A concrete solution to global warming

Pietro Lura ^{a,b,*}, Ivan Lunati ^a, Harald Desing ^a, Manfred Heuberger ^{a,c}, Christian Bach ^a, Peter Richner ^a

^a Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Dübendorf CH-8600, Switzerland

^b ETH Zurich, Institute for Building Materials, Zurich CH-8092, Switzerland

^c Department of Materials, ETH Zurich, Zurich CH-8092, Switzerland

ARTICLE INFO

Keywords:
Pyrolysis
Solid carbon
Concrete
Aggregates
Renewable energy
Mining the atmosphere

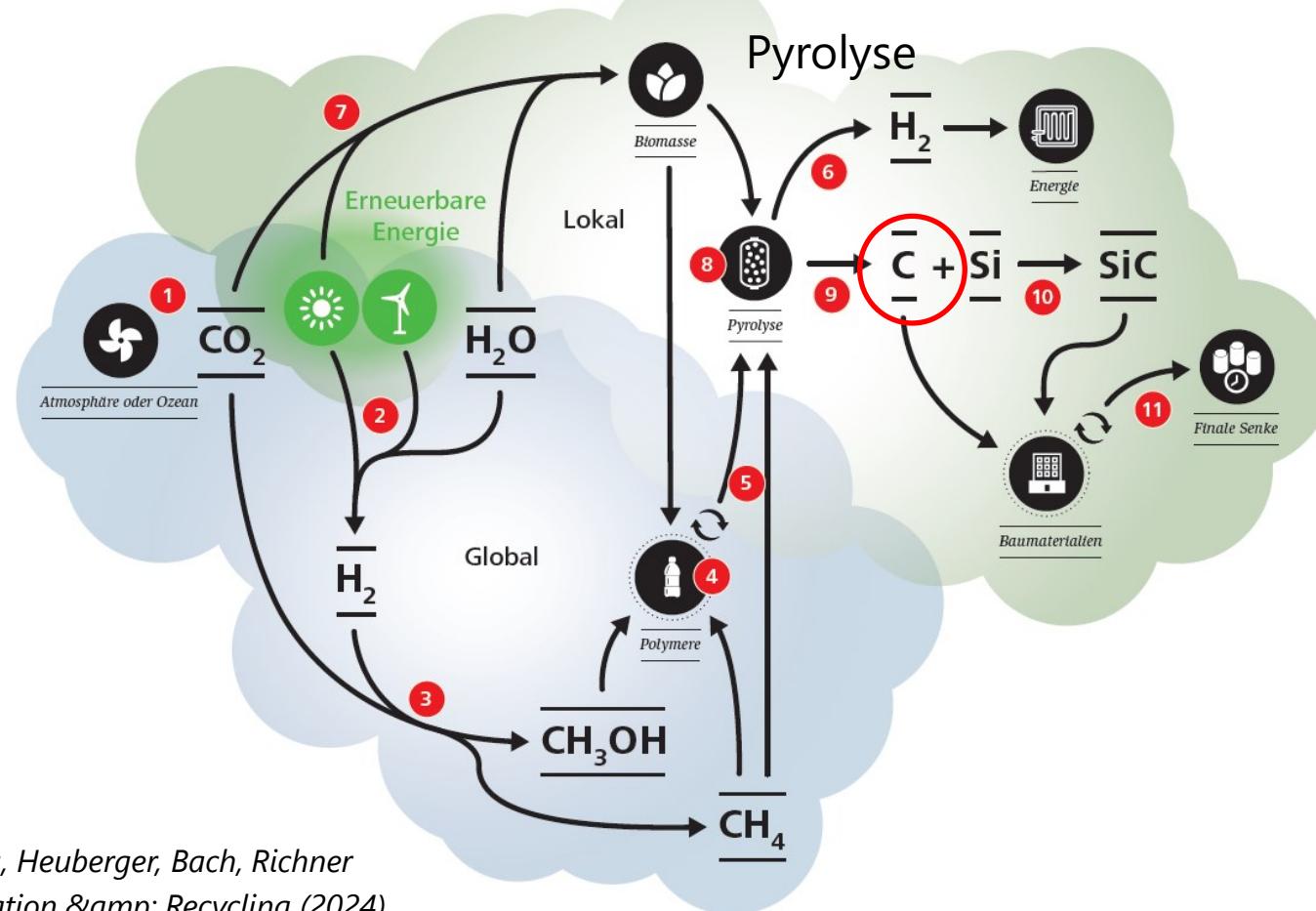
ABSTRACT

To neutralize anthropogenic climate impacts, excess carbon dioxide (CO_2) – about 400 Gt of carbon – needs to be removed from the atmosphere. After the energy transition is accomplished, we propose that excess renewable energy can be used to extract CO_2 from the atmosphere and convert it into methane or methanol, which are further processed into polymers, hydrogen, and solid carbon. End-of-life polymers are pyrolysed and part of the carbon is used to produce silicon carbide. Solid carbon and silicon carbide become then aggregates and fillers for concrete and asphalt. At the end of their lifecycle, landfilled construction materials become the final carbon sink. Up to 12 Gt of carbon could be stored per year, mostly as concrete aggregates. The synthesis of carbon-based materials in cycles of increased chemical reduction has multiple advantages, including long-term stability, high storage density of the carbon, decentralized implementation, and replacement of current CO_2 -emitting materials.

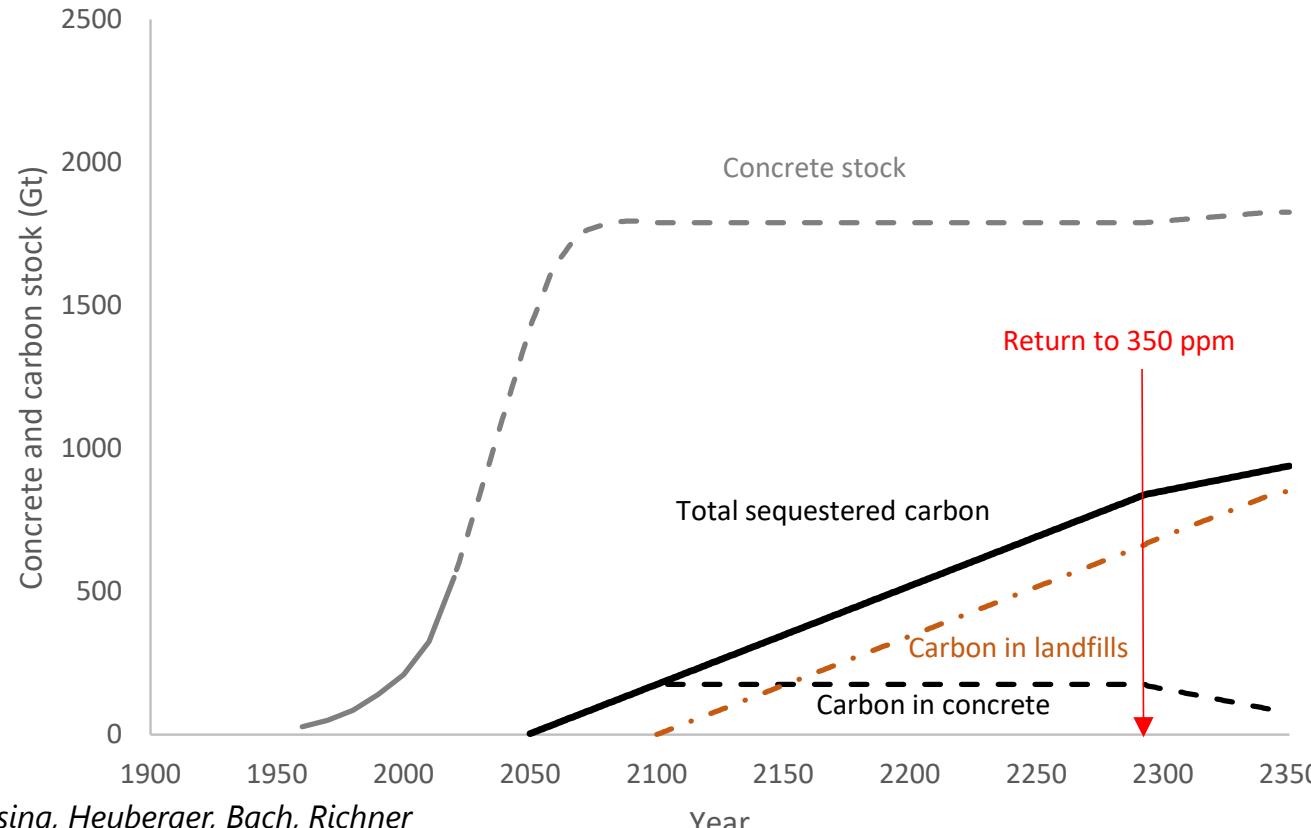
Image : Maladie de Zaumanis

<https://www.empa.ch/web/s604/mining-the-atmosphere>

Initiative de l'Empa « Mining the atmosphere » (2)



Le béton, un puits de carbone permanent





<https://www.empa.ch/web/s604/mining-the-atmosphere>