



HAL
open science

Mission Innovation CCUS experts - Minéralisation du CO₂ en carbonates

Florent Bourgeois

► **To cite this version:**

Florent Bourgeois. Mission Innovation CCUS experts - Minéralisation du CO₂ en carbonates. Journée de restitution du “ Mission Innovation-CCUS experts Workshop ”, Dec 2017, Paris, France. hal-04394872

HAL Id: hal-04394872

<https://hal.science/hal-04394872>

Submitted on 15 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.




Open Archive Toulouse Archive Ouverte

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/20785>

To cite this version:

Bourgeois, Florent  *Mission Innovation CCUS experts - Minéralisation du CO2 en carbonates*. (2017) In: Journée de restitution du « Mission Innovation-CCUS experts Workshop », 19 December 2017 (Paris, France). (Unpublished)

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr



**Journée de restitution du « Mission Innovation-CCUS
experts Workshop »**

19 décembre 2017, IAP, Paris

U3 - Minéralisation du CO₂ en carbonates

Florent Bourgeois
INP-ENSIACET / Laboratoire de Génie Chimique

U3 - Minéralisation du CO₂ en carbonates

Le panel

Mission Innovation



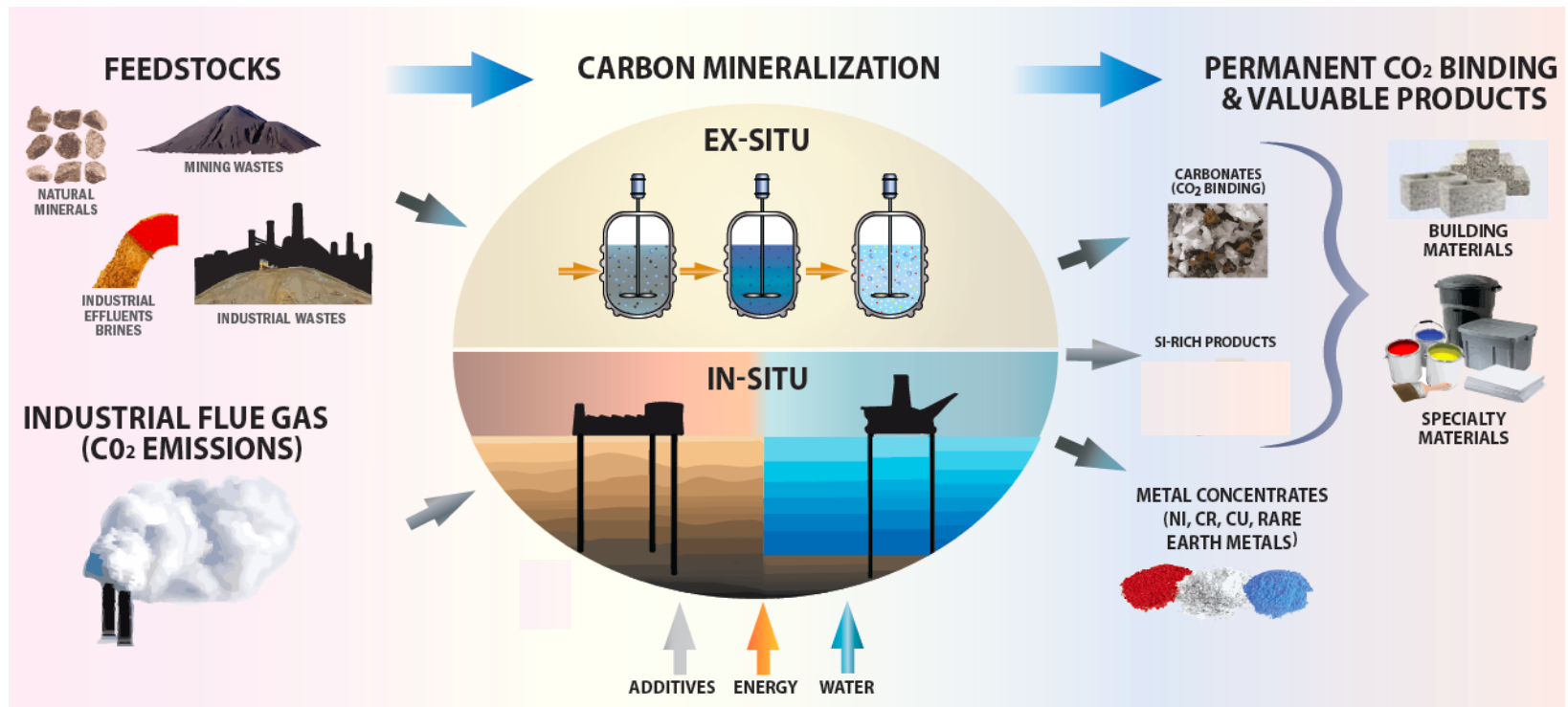
- 15 pays contributeurs à U3 – Minéralisation du CO₂ en carbonates (sur les 23 pays de MI)
- 10 pays représentés à Houston

			Présent à Houston
Jamie Knight	Coal Innovation NSW	Australie	
Jason P. Mann	Univ. Sydney		
Brian S. Haynes	Univ.Sydney		
Michael Hitch	Univ. NSW		
Timothy K. Oliver	Univ. Newcatle / Mci		x
Eric M. Kennedy	Univ. Newcatle / Mci		x
Dirk Van Mechelen	Orbix NV / Carbstone	Belgique	x
Mieke Quaghebeur	VITO / Carbstone		
Ruben Snellings	VITO / Carbstone		
Peter Nielsen	VITO / Carbstone		
Özlem Cizer	KU Leuven		
Yixin Shao	McGill University	Canada	
Georges Beaudoin	Univ. Laval		x
Louis-César Pasquier	INRS - ÉTÉ		x
Rafael M. Santos	Univ. Guelph		x
Sean Monkman	CarbonCure Technologies		x
Caijun Shi	Hunan Univ.	Chine	x
Tao Wang	Zhejiang Univ.		x
Xiaozhou (Sean) Zhou	GreenOre CleanTech LLC		x
Youngjune (Jason) Park	GIST	Corée	x
Carlos Rodriguez Navarro	Univ. Granada	Espagne	
Mai Uibu	Tallinn Univ. Technology	Estonie	
Ron Wevenhoven	Univ. Turku	Finlande	
Florent Bourgeois	Univ. Toulouse (INPT/LGC)	France	x
Mercedes Maroto Valer	Herio-Watt University	Irlande	
Giulia Costa	Univ. Rome Tor Vergata	Italie	x
Renato Baciocchi	Univ. Rome Tor Vergata		
Alessandra Polettini	Univ. Rome Sapienza		
Raffaella Pomi	Univ. Rome Sapienza		
Marco Mazzotti	ETH Zürich	Suisse	
Pen Chi-Chiang	National Taiwan Univ.	Taiwan	x
Colin D. Hills	Univ. Greenwich / Carbon8	UK	
Bruce Adderley	Univ. Sheffield		x
Greeshma Gadikota	Univ. Wisconsin	USA	x
Valentina Prigiobbe	Stevens Institute of Technology (previously ETH)		x
Lars-Erik Gaertner	The LINDE Group		x
Richard E. Riman	Rutgers Univ.		x
Issam Davianeih	CO ₂ Sciences Inc.		x
Alissa Park	Univ. of Columbia		x

U3 - Minéralisation du CO₂ en carbonates

Introduction

- "Historiquement", la minéralisation du CO₂ était comparée au stockage géologique, en termes de coût de stockage du CO₂ et de CO₂ évité : **Pas de développement ...**



- Ces dernières années, la minéralisation du CO₂ associe systématiquement stockage du CO₂ et production de produits commerciaux, couplant environnement et économie :

Développement en plein essor !



U3 - Minéralisation du CO₂ en carbonates

Introduction

- "Historiquement", la minéralisation du CO₂ était comparée au stockage géologique, en termes de coût de stockage du CO₂ et de CO₂ évité : **Pas de développement ...**

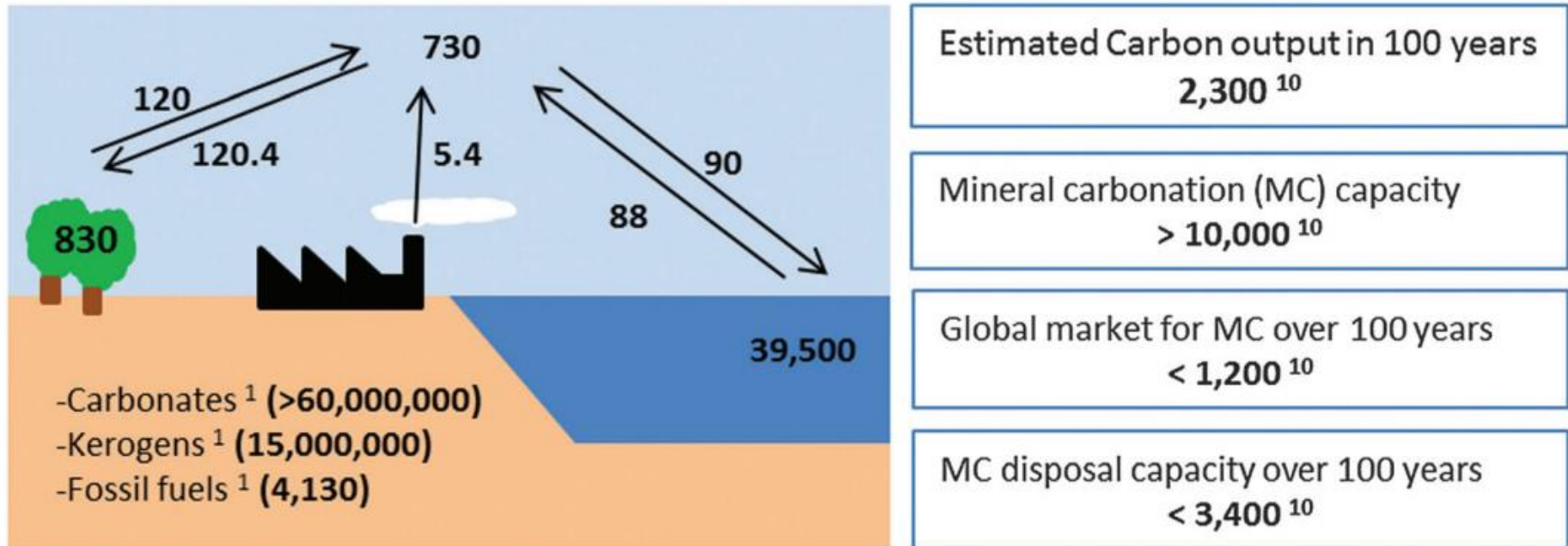


Fig. 1 Global carbon reservoirs (GtC) and net fluxes (GtC per year) (modified from ref. 1, 10 and 17).

Source: A. Sanna et al., A review of mineral carbonation technologies to sequester CO₂, Chem. Soc. Rev., 2014, 43, 8049

U3 - Minéralisation du CO₂ en carbonates

Introduction

Cleantech Forum **San Francisco**
San Francisco | January 23–25, 2017

Carbon-based Products: An overlooked trillion dollar market opportunity?

..... The Roadmap argues that there are some technologies that are commercially-viable and investable today, while others that require further support. Products discussed include building materials, chemical intermediates, fuels and polymers, and these alone could scale into a carbon-based products industry that might represent a market size approaching \$1 trillion by the 2030, and amount a utilization of more than 10% of carbon emissions globally.

Une start-up de carbonatation minérale figure pour la première fois dans le top 100 de 2017 Global Cleantech 100 (CarbonCure, Canada)

- Ces dernières années, la minéralisation du CO₂ associe systématiquement stockage du CO₂ et production de produits commerciaux, couplant environnement et économie :

Développement en plein essor !



U3 - Minéralisation du CO₂ en carbonates

Introduction

Cleantech Forum **San Francisco**
San Francisco | January 23–25, 2017

Carbon-based Products: An overlooked trillion dollar market opportunity?

..... The Roadmap argues that these technologies that are commercial today, while others are still in the early stages of development. Discussed include intermediate technologies that could scale into commercial production and represent a significant market opportunity and a major source of carbon emission reduction. The Roadmap argues that these technologies that are commercial today, while others are still in the early stages of development. Discussed include intermediate technologies that could scale into commercial production and represent a significant market opportunity and a major source of carbon emission reduction.

Développements commerciaux "early opportunities" portent très largement sur la production de matériaux de construction à base de Ca et de résidus métallurgiques

Une start-up de carbonatation minérale figure pour la première fois dans le top 100 de 2017 Global Cleantech 100 (CarbonCure, Canada)

U3 - Minéralisation du CO₂ en carbonates

Le rapport final, de quoi y parlera-t-on ?

Introduction	A recent market assessment determined that carbonate mineral-based construction materials could reach an annual revenue of \$800 billion to \$1.2 trillion by 2030, and the potential to consume 3-6 gigatons of global CO ₂ emissions (Global CO ₂ Initiative, 2017)
Situation actuelle	Réactifs: oxides MO où M = Ca, Mg et Fe → MCO ₃ Synthèse des principales voies réactionnelles (sèche/aqueuse; Directe/Indirecte; ...)
Sources	Résidus industriels solides alcalins (laitiers d'aciérie, résidus d'incinération ,boues rouges, stériles miniers,...); saumures alcalines; minerais. Sources de CO ₂
Produits	Agrégats et blocs de construction; ciment et béton. Métaux (Récupération Assistée de Métaux - EMR) Carbonates hydratés comme source de C pour les microalgues Stockage d'énergie par cycles de dissolution/précipitation de carbonates
Voies de traitement	Ex-situ / in-situ Systèmes intégrés de production d'énergie et de produits commercialisables
Défis	Prédire la réactivité des systèmes réactionnels complexes vis-à-vis de la carbonatation minérale (PRD1) Performance d'usage des matériaux de construction produits (PRD2) De nouvelles voies: ex. EMR
Pourquoi maintenant ?	Outre les avancées techniques et les idées novatrices, l'accent a été déplacé des crédits carbone aux produits de la minéralisation: les produits doivent couvrir la facture du développement et de la mise en œuvre des processus industriels de carbonatation minérale!

U3 CO₂ conversion to solid carbonates– PRD1

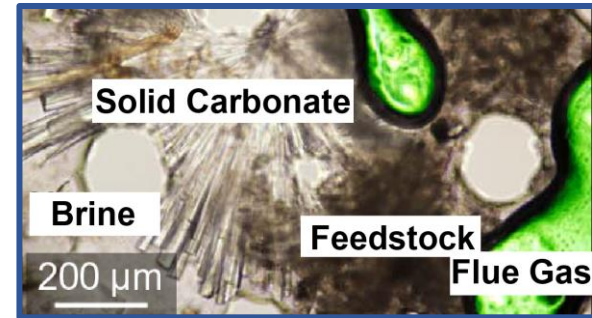
Unlocking carbon mineralization - opportunities from complexity

• Scientific Challenges

- ✓ Carbon mineralization, a slow phenomenon, has been observed to proceed at rates orders of magnitude faster than predicted by conventional models.
- ✓ Predicting the dynamic speciation and product properties of solid feedstock/fluid/CO₂ systems is the key to unlock carbon mineralization and control reaction pathways and rates.

• Research Directions

- ✓ Broad-spectrum collection of thermodynamic and kinetic data associated with carbon mineralization of feedstocks, focusing on reactions and mass transfer at solid-fluid interfaces.
- ✓ Development of broadly available on-line high-resolution investigative tools for local mass transfer measurements and phase characterization.
- ✓ Mechanistic understanding and predictive phenomenological modelling of carbon mineralization processes at the molecular level.



Microfluidics carbon mineralization experiment (after Harrison et al., 2017. Chem. Geol.)

• Impacts

- ✓ Fast-tracked novel market ready net positive energy carbon mineralization processes for permanent CO₂ binding.
- ✓ Provide a ranked list of high potential carbon mineralization feedstocks.
-
- ✓ Provide internally-consistent and validated thermodynamic, transport and kinetic data for carbon mineralization systems.
- ✓ Improved understanding of solid-liquid-CO₂ reaction pathways under a broad range of conditions.

U3 CO₂ conversion to solid carbonates– PRD2

Tailoring carbon mineralization – locking carbon in products

Scientific Challenges

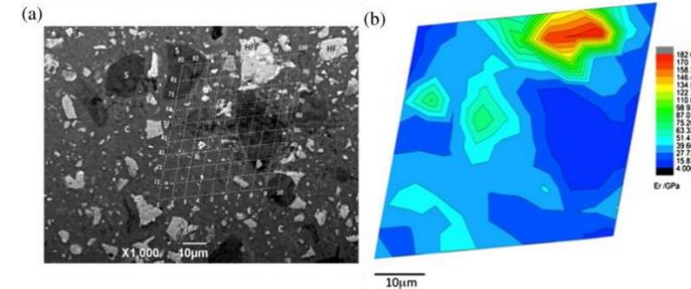
- ✓ To realize the potential of carbon mineralization for the built environment we must predict and control processes to consistently meet product performance criteria.
- ✓ Linking product performance to micro-structure, geochemistry and mineralogy is the key to achieve consistency.

Research Directions

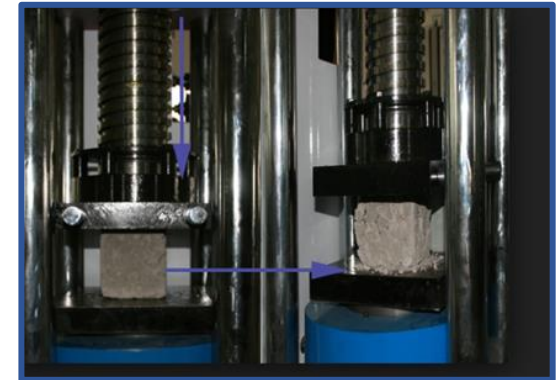
- ✓ Develop and apply real time monitoring of carbon mineralization product properties during reaction.
- ✓ Exploit nano-characterization for deriving insight into solid and aqueous speciation and improve control on bulk physical and chemical properties.
- ✓ Understand and model structure-property-performance relationships.
- ✓ Develop pre/post processing treatments to improve product performance criteria.
- ✓ Predict and control long term durability for applications.

Impacts

- ✓ Reliable cost-effective processes for generating construction materials that meet performance criteria while permanently storing CO₂ on a Gigatonne scale.
- ✓ Insights applicable to the carbonation of industrial waste streams and sub-surface mineral trapping.
- ✓ Provide a better understanding of process conditions on product properties (e.g. strength, leaching and durability).
- ✓ Extract and recover valuable by-products.
- ✓ Tailor products for new applications.



Nano-indentation grid testing
(Mo et al., *Cement and Concrete Research*, 2016)



Carbonated building block performance testing
(Columbia Dept. of Civil Engineering)

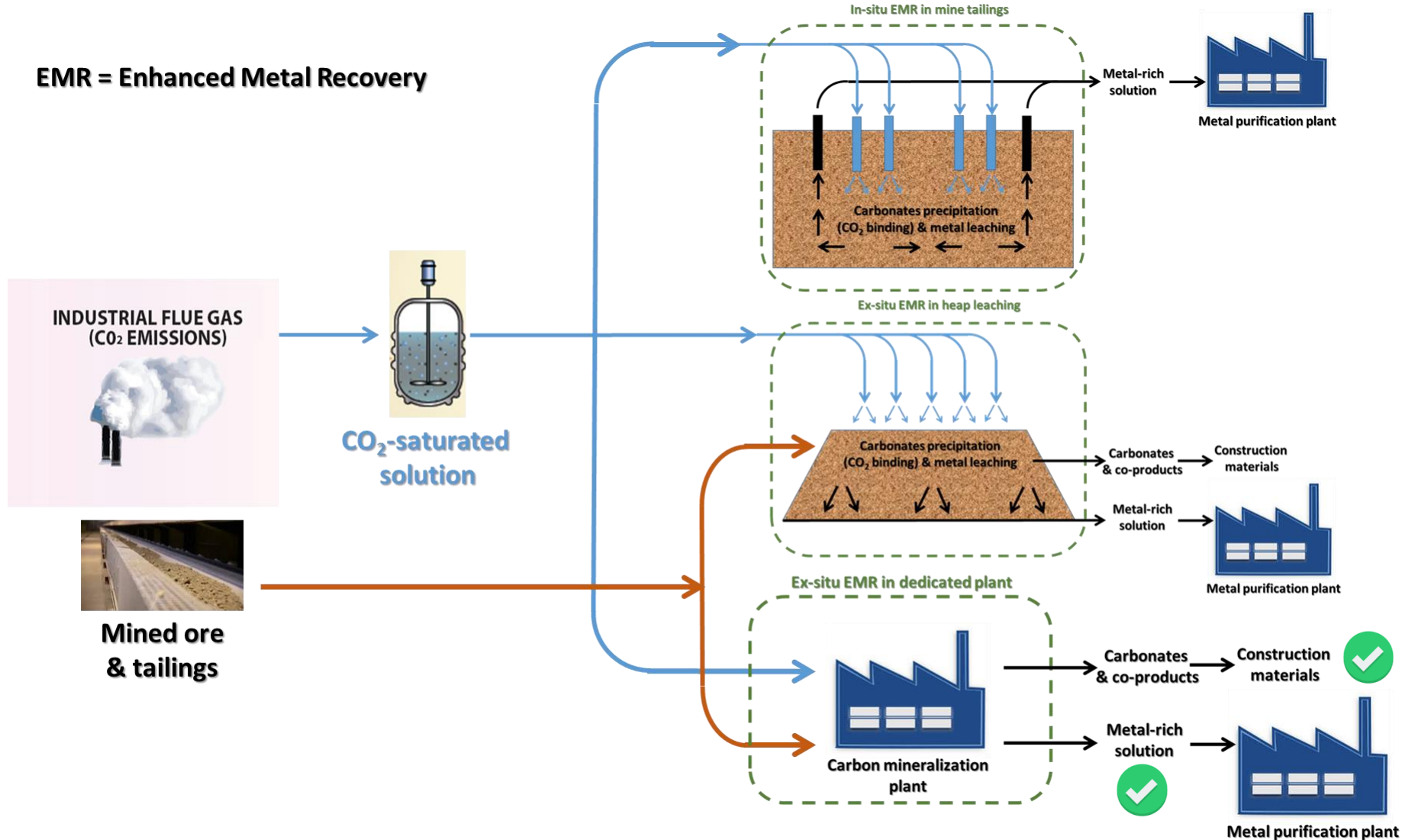


Concrete forest (*The Who's Who in Building & Construction*, Houston Spring 2016 Ed.)

U3 - Minéralisation du CO₂ en carbonates

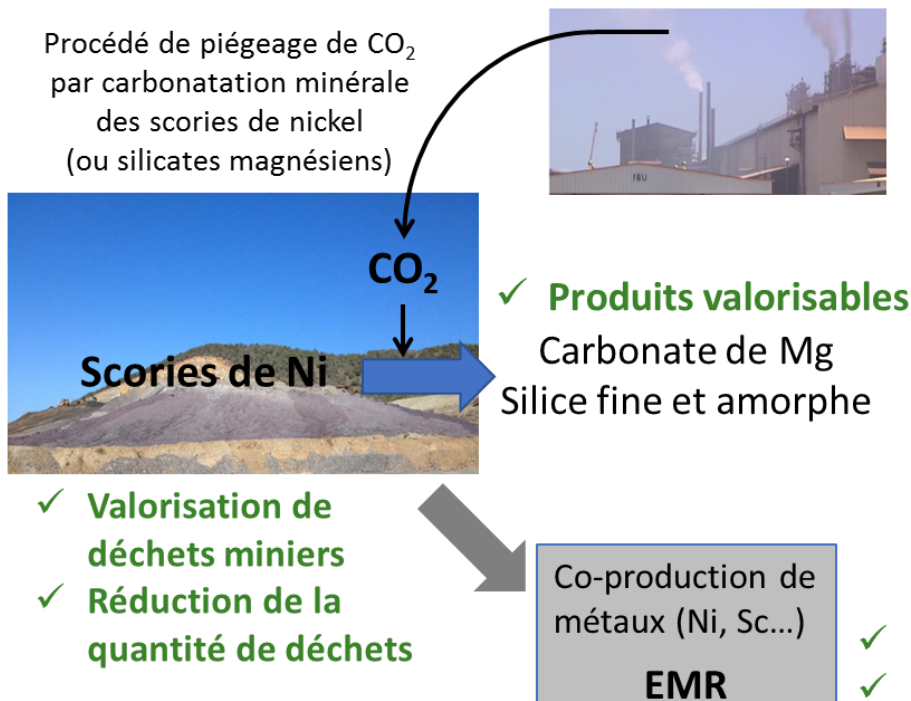
De nouvelles voies

EMR = Enhanced Metal Recovery

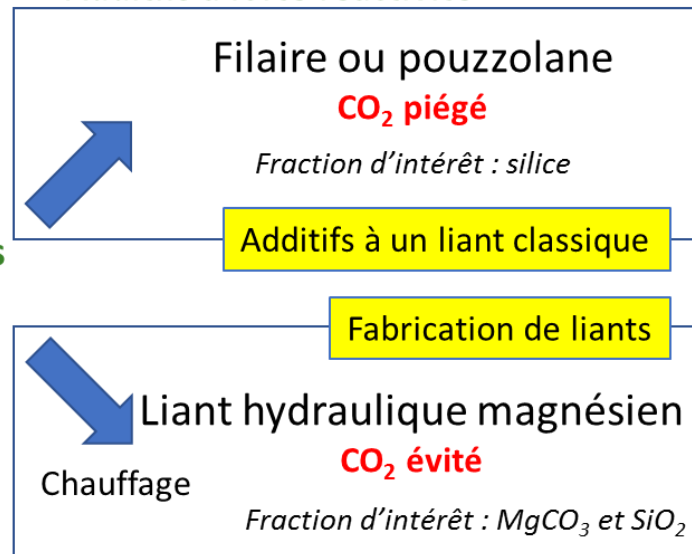


Initiatives nationales

CARBOSCORIES II : Projet ACE N° CS17-3160-00



- ✓ Élimination de CO₂
- ✓ Additifs à forte réactivité

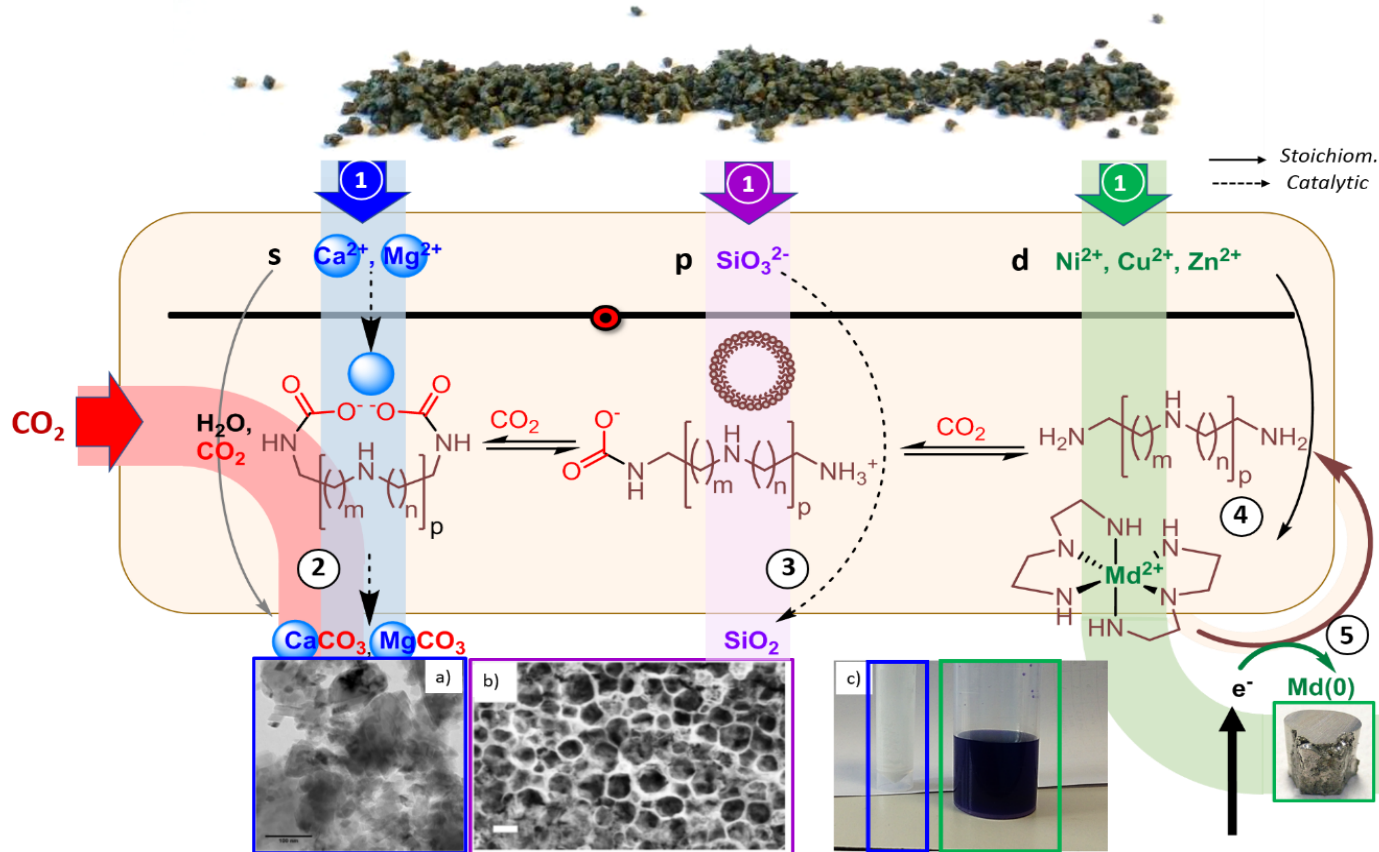


- ✓ Boucle vertueuse de CO₂
- ✓ Préservation des ressources naturelles de carbonates
- ✓ Alternative à empreinte écologique réduite comparée aux liants hydrauliques classiques
- ✓ Production locale de matériaux de construction (industrie cimentière)

CARBOSCORIES 2
un projet ambitieux à fort impact environnemental, industriel et sociétal pour la Nouvelle-Calédonie

Initiatives nationales: CO₂MET (ICBMS/LGC + AAPG ANR 2018)

CO₂MET: A novel CCUS concept for concomitant CO₂ mitigation and metal recovery



Une chimie innovante dans un environnement attritif





Journée de restitution du « Mission Innovation-CCUS experts Workshop »

19 décembre 2017, IAP, Paris

Merci pour votre attention !

Florent Bourgeois
INP-ENSIACET / Laboratoire de Génie Chimique
florent.bourgeois@ensiacet.fr
06.73.13.80.89