Projet de recherche FastCarb

Stockage de CO_2 par carbonatation du béton recyclé

Carbonatation et impact environnemental

www.fastcarb.fr

Laurent Izoret

SFIC

Laury Barnes-Davin, Yvan- Pierre Jacob (Vicat)

Xavier Guillot, Vincent Meyer, Vincent Morin (Lafarge France)

Amaury Cudeville (Clamens) Jena Jeong, Johan Colin (ESTP Paris)

Le béton recyclé, un puits de carbone!

27 Septembre 2022

Paris, La Défense

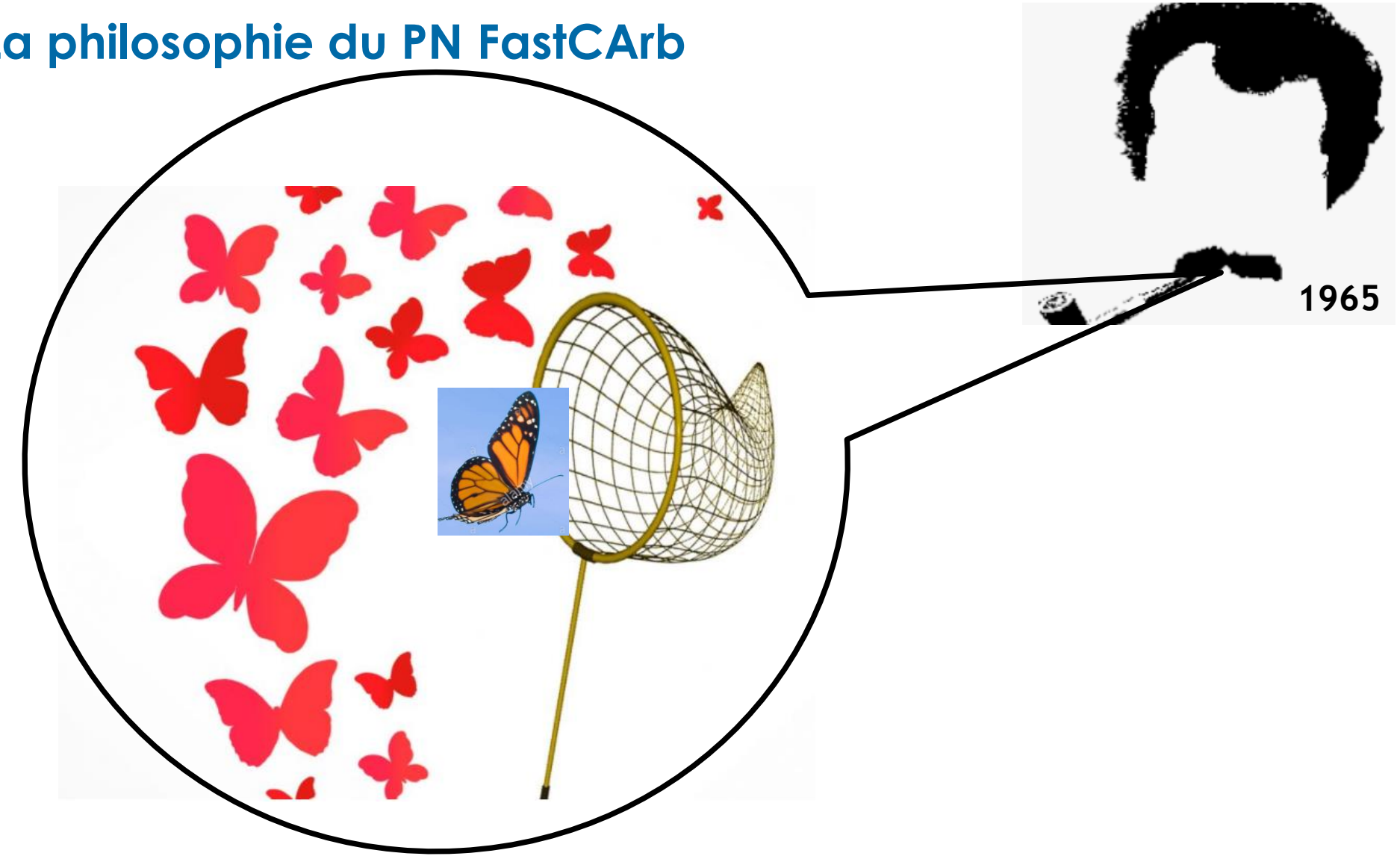
► INTRODUCTION

► LES DIFFERENTS PROCEDES DE CARBONATATION ACCELEREE

- Le tambour rotatif
- Le sécheur à lit fluidisé
- Le conteneur
- Le filtre à gravier

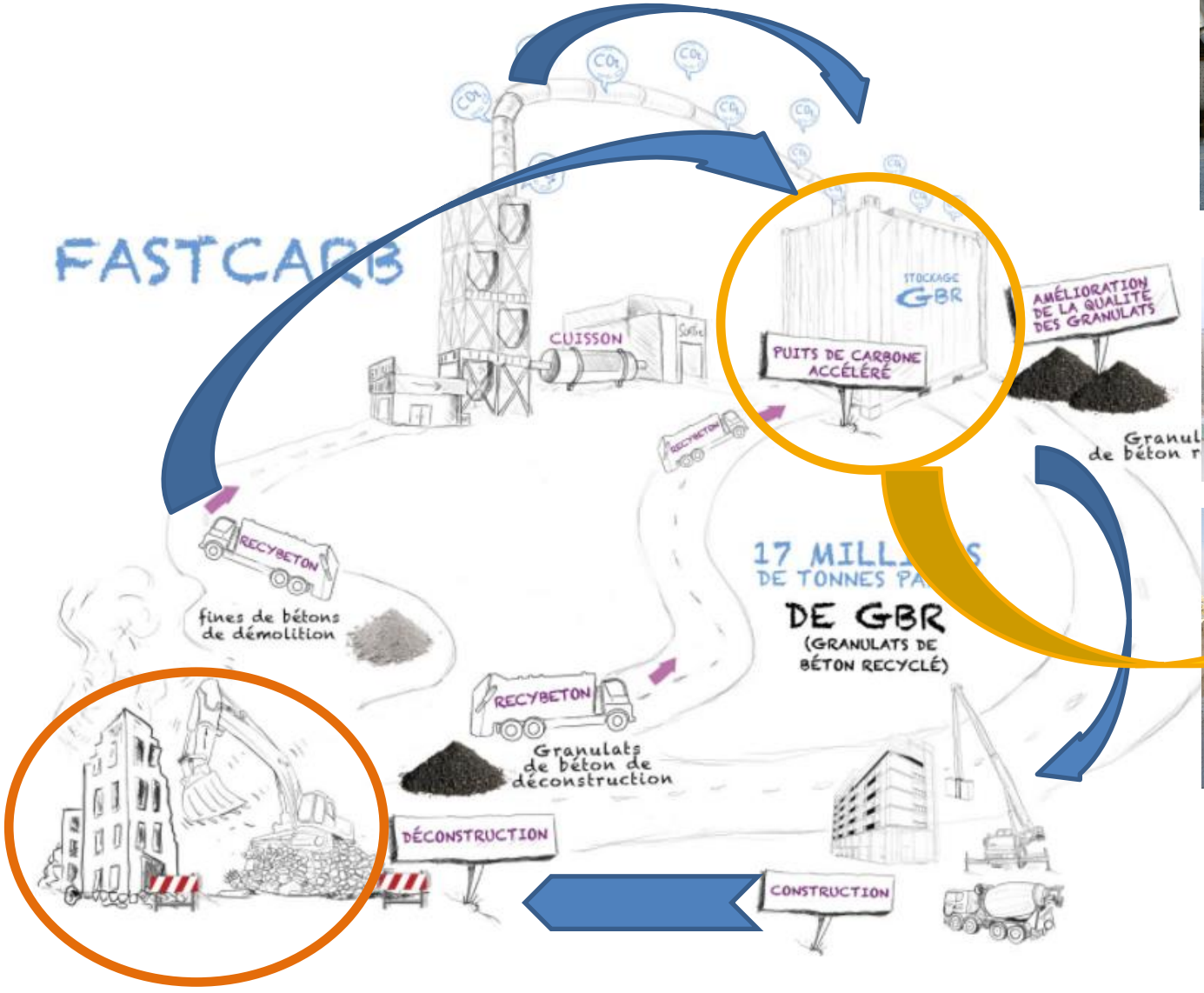
► LES CONCLUSIONS

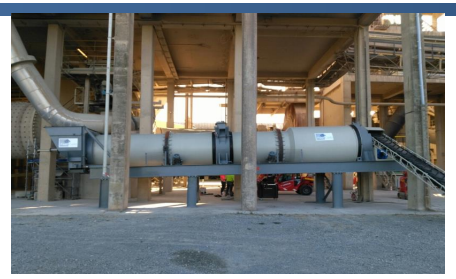
► La philosophie du PN FastCArb

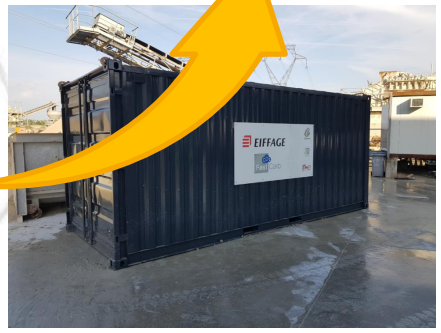


► Introduction

LA MISE EN ŒUVRE DES DÉMONSTRATEURS







Les matériaux à carbonater (sable recyclé et gravillon recyclé) ont été produits à la plateforme de recyclage **aggneo** ® de Saint-Fons

CARBONATATION ACCÉLÉRÉE EN TAMBOUR ROTATIF

Tambour rotatif, Usine Vicat - Créchy (03):

- 11m de long, 2 m de diamètre
- Température des gaz : 40 à 60°C
- Teneur en CO_2 des gaz : 11 à 16%
- HR: 90%
- 4 tours/min pendant 2 min toutes les 15 minutes
- 3 t de GBR carbonatés/heure

► Résultats (1/2)

% H_2O	0/4 avant carbonatation	0/4 après carbonatation	4/16 avant carbonatation	4/16 après carbonatation
Décembre 2019	14,5	13,9	13,6	12,5
Août 2020	12,5	10,7	6	6,5
Optimum labo [1]	5,8		2,6	

	0/4	4/16
% massique CO_2 capté moyen (Décembre 2019)	3,1	0,5

Effet de la teneur en eau:

- Les matériaux livrés avaient une teneur en eau bien plus élevés que l'optimum déterminé en laboratoire
- L'optimisation de cette teneur en eau grâce à un cycle de séchage/réhumidification permettra certainement d'augmenter le nombre de kg de CO2 capté par tonne de GBR

► Résultats (2/2)

%CO2 massique moy.	Sable 0/4	Gravillon 4/16
2019	3,1	0,5
CO2 init. 2019	10,5	13,8
2020	1,6	0
CO2 init. 2020	12,2	14,6
Perte Recarb	1,5	0,5
Gain CO2 init	1,7	0,8

Le potentiel de re-carbonatation est d'autant plus faible que la carbonatation naturelle initiale est forte !

CARBONATATION ACCÉLÉRÉE EN LIT FLUIDISÉ

Lit Fluidisé, Usine LafargeHolcim, Val d'Azergues (69):

- 2 phases pour optimiser le fonctionnement
- réacteur à courants croisés
- piquage des gaz d'usine sur le filtre principal situé en amont de la cheminée
- Teneur en CO2 des gaz ~ 20%
- Température des gaz : 80 à 90°C
- Temps de traitement ~ 1 heure
- Débit: ~ 40 T de GBR carbonatés traités

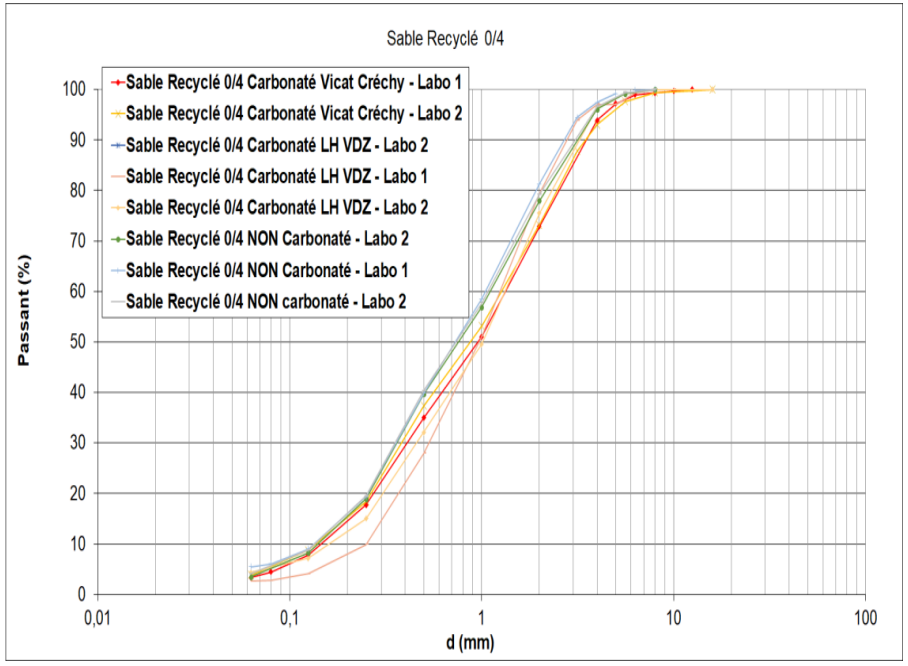
► Résultats

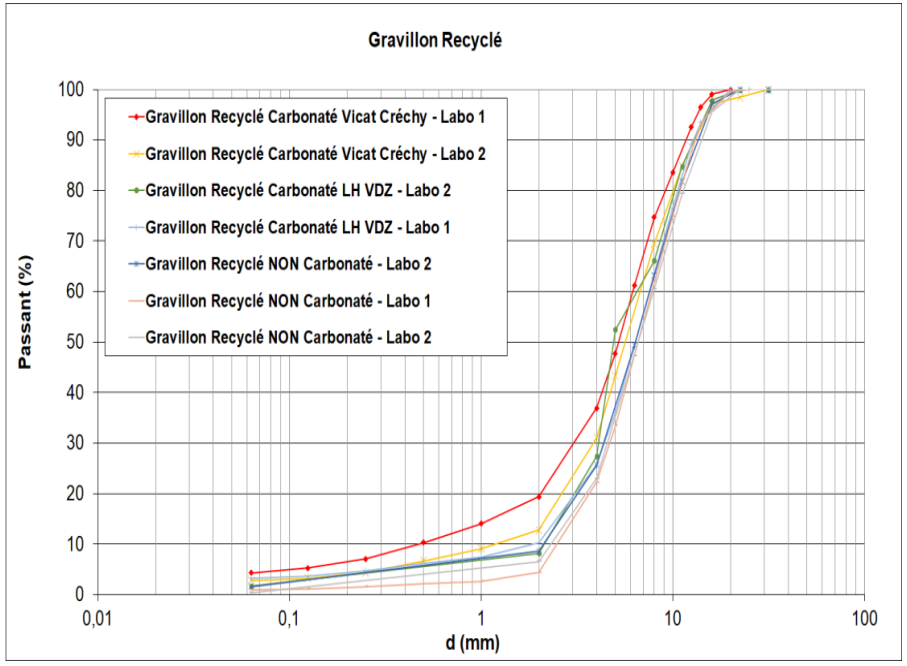
		Lit fluidisé	
		Phase 1	Phase 2
Température des gaz à l'entrée du carbonateur (°C)		60 - 70	80 - 90
Sable recyclé	CO_2 piégé ($kgCO_2/T$)	25 [max 36]	39 [max 49]
	Teneur en eau après carbonatation (%)	21 ,8	6,0
Gravillon recyclé	CO_2 piégé ($kgCO_2/T$)	9 [max 19]	12 [max 32]
	Teneur en eau après carbonatation (%)	8,6	2,0

	Sable Recyclé	Gravillon Recyclé
% massique CO_2 capté	**3,9 [max 4,9]**	**1,2 [max 3,2]**

Détermination du CO_2 piégé en fonction de la teneur en eau :
- Très bon accord entre les résultats obtenus industriellement et ceux déterminés au laboratoire

▶ Résultats





Effet de la carbonatation des sable et gravillon sur la répartition granulométrique:

- le procédé ne modifie que très légèrement la distribution granulométrique des matériaux : pas de phénomène de désintégration des matériaux

▶ Résultats du conteneur « dernier voyage »

Différents essais:

- **Stockage en big bags:** échec
- **Stockage en vrac:** échec
- **Stockage étagé en lit « mince »:** succès

▶ Résultats du conteneur « dernier voyage »

Absorption d'eau	Clamens	Chatenay Lot C	Chatenay Lot C	Chatenay Lot C	Chatenay	Moyenne	E. Type
Réalisation des Mesures	MS/UGE	BM/UGE	Sigma B	Sigma B	Sigma B		
non carbonaté	7,40%	7,10%	9,10%	9,10%	8,30%	8,20%	0,93%
carbonaté	5,30%						
Différentiel	*2,10%*						

Sable Chatenay	Lot C	Lot E
Surface	5,6%	5,90%
Différentiel (Surf-moy)	***2,60%***	***2,30%***
Profondeur	6,8%	7,00%
Différentiel (Prof-moy)	***1,40%***	***1,20%***

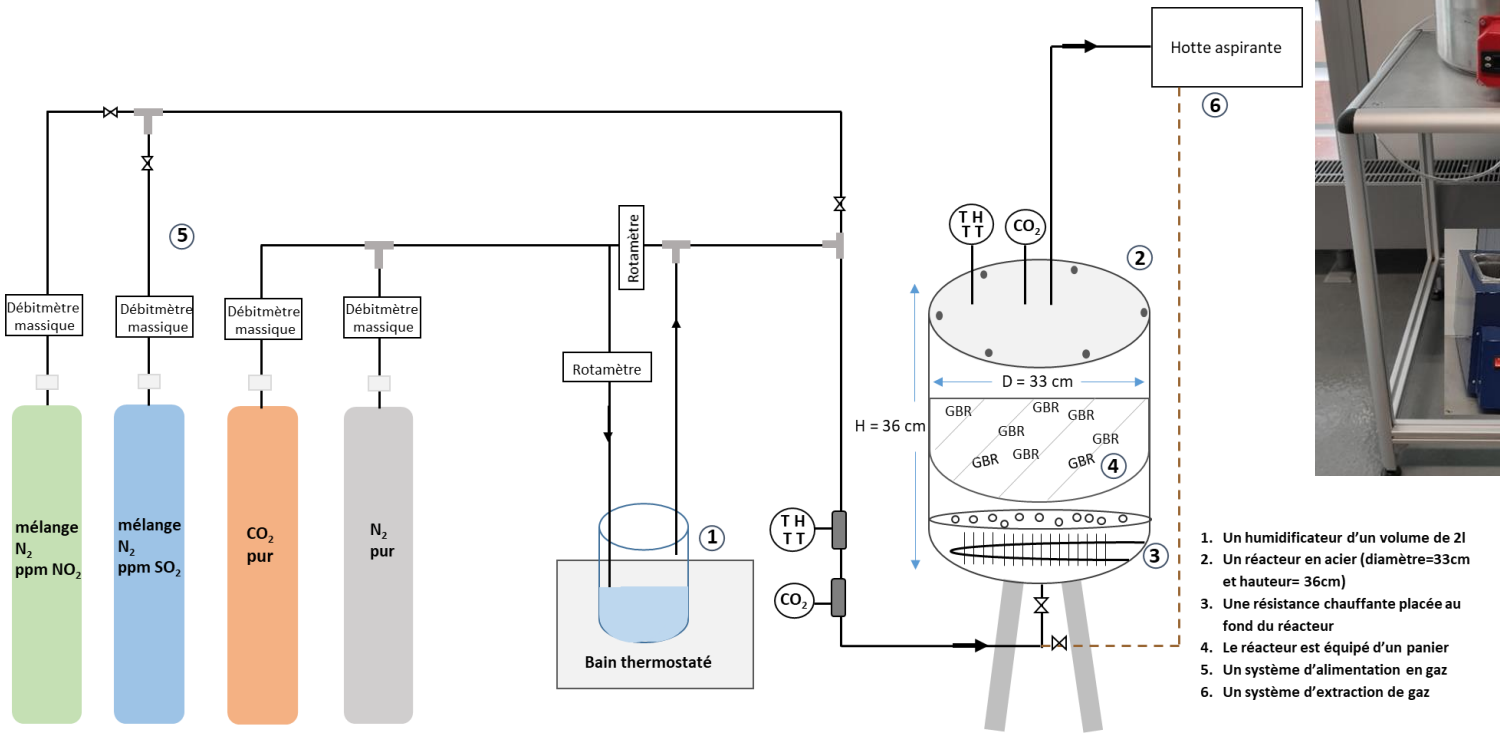
La réduction d'absorption d'eau du sable carbonaté est de l'ordre de 1,5 à 2,5%

CO_2 stocké	Sable 3/6	Lot C surface	Lot U surface
Mesure ATG	M. Sereng	M. Sereng	M. Sereng
kg/t (*)	28,2	58,4	52,2
%	2,8	5,8	5,2

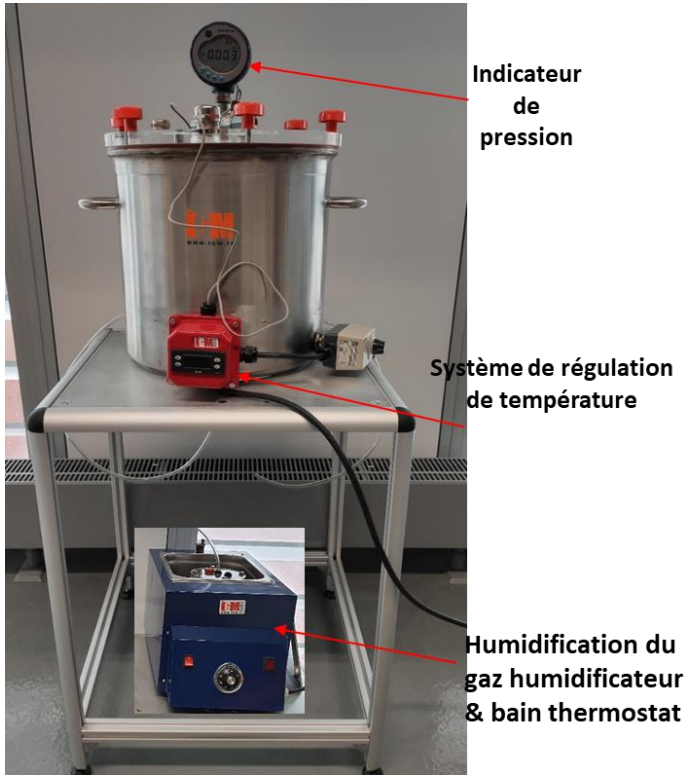
(*) moyenne de trois mesures

CARBONATATION ACCÉLÉRÉE EN FILTRE À GRAVIER (STATIQUE)

- ✓ *Carbonatation d'un lit de GBR ~ 10 et 15 kg !*
- ✓ *Gaz mixte : CO2+NO2+SO2*
- ✓ *Température + humidité relative*



1. Un humidificateur d'un volume de 2l
2. Un réacteur en acier (diamètre=33cm et hauteur= 36cm)
3. Une résistance chauffante placée au fond du réacteur
4. Le réacteur est équipé d'un panier
5. Un système d'alimentation en gaz
6. Un système d'extraction de gaz



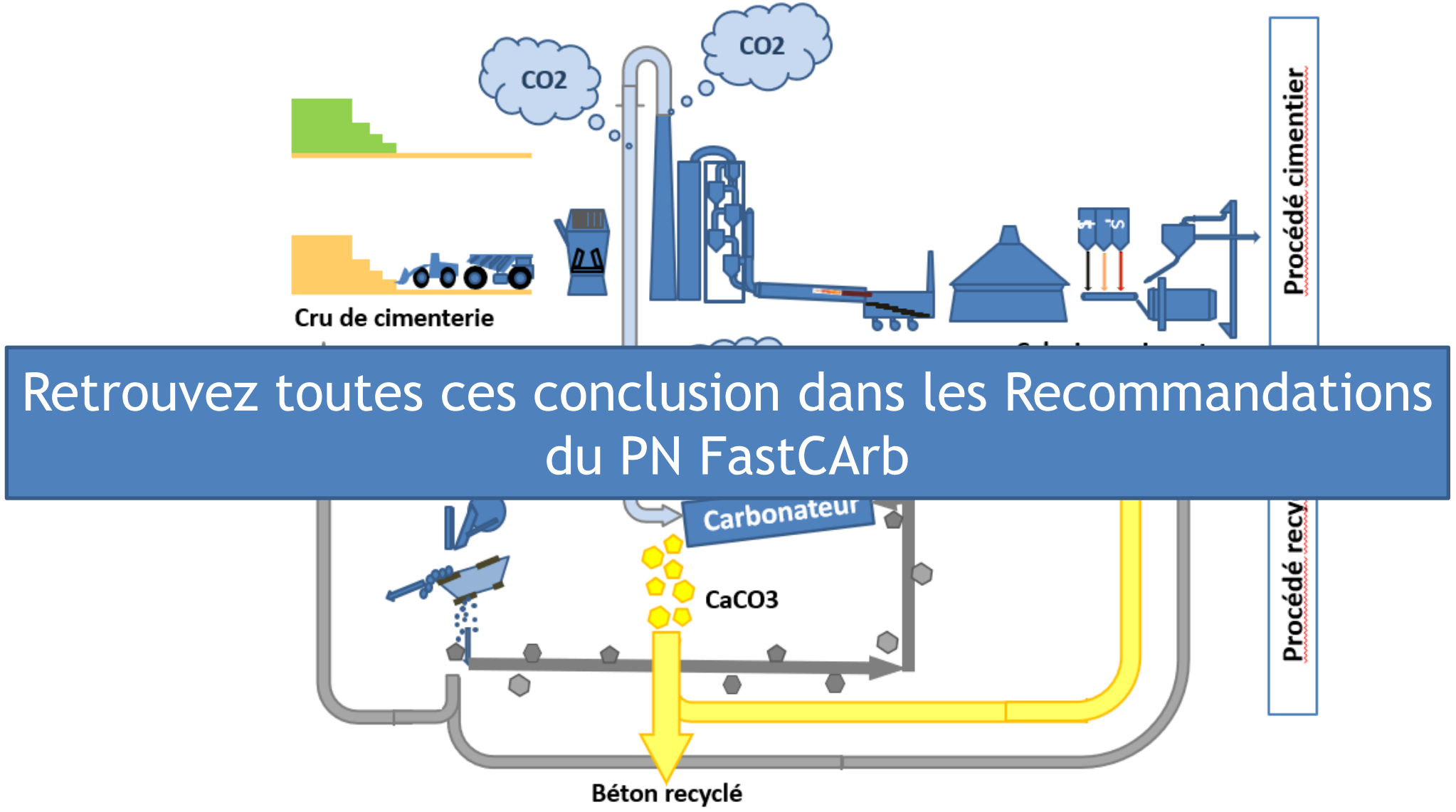
CARBONATATION ACCÉLÉRÉE EN FILTRE À GRAVIER (STATIQUE)

- ✓ Si la présence de gaz mineurs (NO_2 et SO_2) ne conduit pas à la formation de composés spécifiques, elle impacte toutefois négativement le taux de captation du CO_2 par le sable de béton concassé.
- ✓ La nature du ciment présent pourrait moduler le rendement de carbonatation
- ✓ Le rendement de carbonatation est modulé par l'humidité relative et la température: positif si T<80°C
- ✓ Le rendement de carbonatation est proportionnel à la durée de contact Solide-Gaz.

- ✓ L'utilisation du gaz de cimenterie de concentration en CO2 de l'ordre de 15% (vol.) donne entière satisfaction pour l'accélération de la carbonatation artificielle.
- ✓ Dans ces conditions, l'humidité relative optimale est comprise entre 50 et 70% et la température entre 70 et 90°C.
- ✓ Démonstration de la capture directe du CO_2 des fumées industrielles et de la « néoformation » de carbonate de calcium, et ce quelque soit la configuration proposée (statique, dynamique)
- ✓ L'ordre de grandeur de captation est compris entre 25 et 60 kg CO_2/t de GBC
- ✓ Cet ordre de grandeur est conforme aux données de laboratoire, en particulier en présence de gaz (NO_2 et SO_2) en quantités mineures.
- ✓ Le traitement des fines de béton recyclé doit se faire le plus rapidement possible après leur production (limitation de la carbonatation naturelle)

- ✓ Le schéma est adaptable à toutes les industries « avec cheminée »
- ✓ Reste à optimiser le rendement avec les conditions opérationnelles avec les leviers humidité, température, chimie des gaz, durée de contact solide-gaz en fonction des débits.
- ✓ On peut imaginer un cycle de réutilisation de ces granulats traités:
  - Soit au béton par réintégration des fractions sableuse et gravillons carbonatées,
  - Soit au ciment comme constituant principal autre que le clinker

Selon le schéma suivant:



Retrouvez toutes ces conclusion dans les Recommandations du PN FastCArb

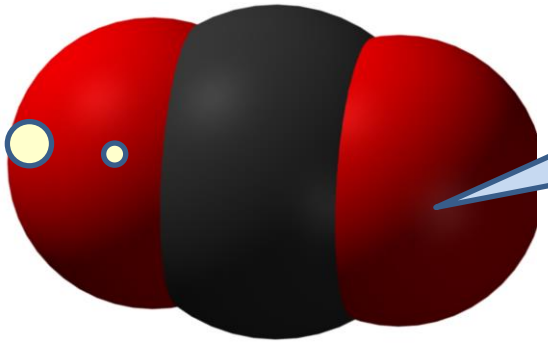
Projet de recherche FastCarb

Stockage de CO_2 par carbonatation du béton recyclé

Les démonstrateurs de carbonatation accélérée

www.fastcarb.fr

Me voilà proprement séquestré dans les granulats !!



Merci de votre attention

Le béton recyclé, un puits de carbone!

27 Septembre 2022

Paris, La Défense

IREX
Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Liberté
Égalité
Fraternité