

Carbonatation et impact environnemental

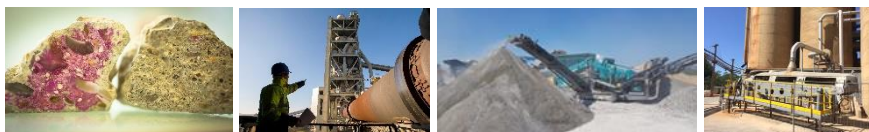
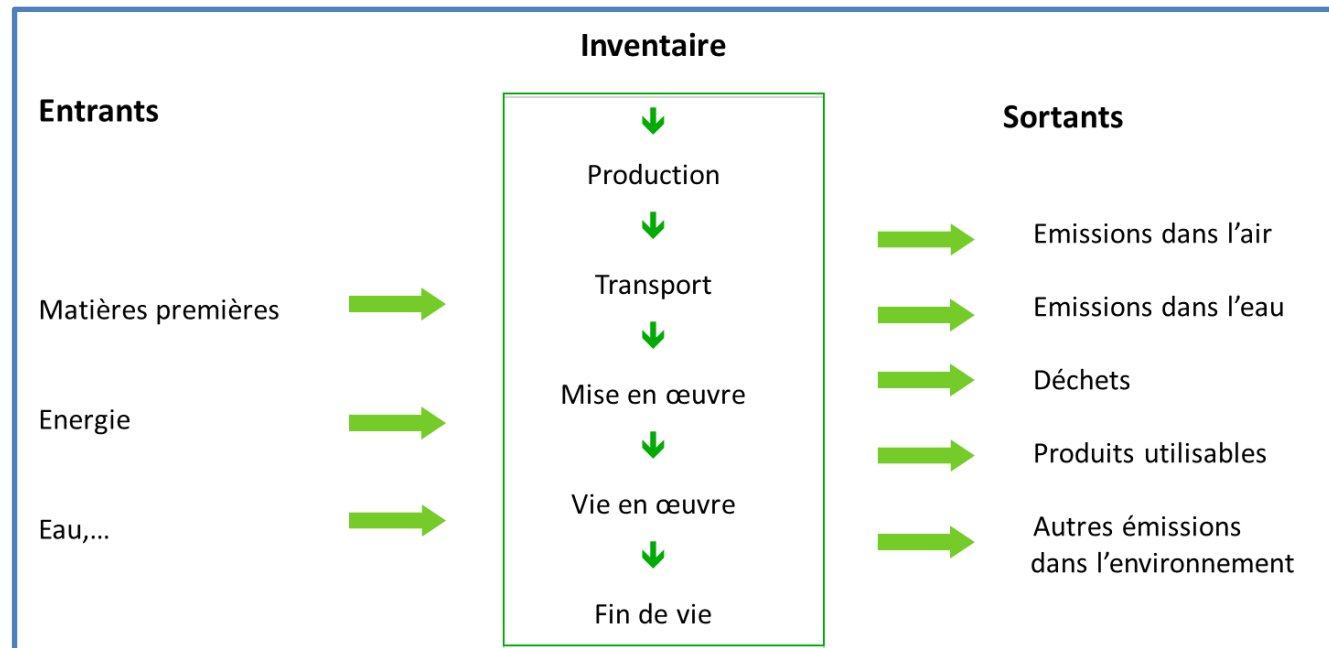
www.fastcarb.fr

J.M. POTIER
SNBPE

► l'Analyse du Cycle de Vie (ACV)

■ Introduction

Pour établir l'ACV d'un produit, il faut faire le bilan des flux entrants et sortants sur toutes les phases de cycle de vie de ce produit. Ces flux sont ensuite regroupés et pondérés pour calculer les impacts environnementaux

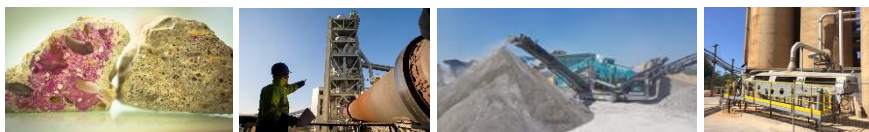


► l'Analyse du Cycle de Vie (ACV)

■ La norme NF EN 15804 + A2

« Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction »

- Elaborée par le CEN TC 350 (Développement durable dans la construction)
- Permet d'élaborer des déclarations environnementales de produits (DEP ou EPD en anglais)
- En France, ces DEP deviennent des FDES (Fiches de déclaration environnementale et sanitaire) avec l'ajout de données sur la santé et le confort
- Ces FDES s'appliquent pour une unité fonctionnelle (par exemple un m² de mur d'épaisseur donnée) ou pour une unité déclarée (une brique de dimension donnée ou un mètre cube de béton de composition et résistance définie). Dans le cas des granulats, il sera généralement retenu une unité déclarée correspondant à une tonne de granulat.



► l'Analyse du Cycle de Vie (ACV)

- La norme NF EN 15804 + A2

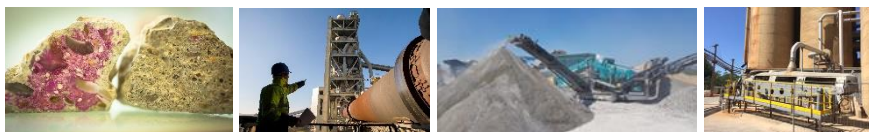
Les informations de la FDES sont présentées dans des modules d'informations tout au long du cycle de vie du produit

INFORMATIONS RELATIVES À L'ÉVALUATION DES OUVRAGES DE CONSTRUCTION																
INFORMATIONS RELATIVES AU CYCLE DE VIE DES OUVRAGES DE CONSTRUCTION														INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES AU-DELÀ DU CYCLE DE VIE DES OUVRAGES DE CONSTRUCTION		
A1 - A3 ÉTAPE DE PRODUCTION			A4 - A5 ÉTAPE DU PROCESSUS DE CONSTRUCTION		B1 - B7 ÉTAPE D'UTILISATION							C1 - C4 ÉTAPE DE FIN DE VIE				D BÉNÉFICES ET CHARGES AU-DELÀ DES FRONTIÈRES DU SYSTÈME
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Approvisionnement en matières premières	Transport	Fabrication	Transport	Construction/Processus d'installation	Utilisation	Maintenance	Réparation	Remplacement ¹	Réhabilitation	Besoins en énergie durant la phase d'exploitation	Besoins en eau durant la phase d'exploitation	Démolition/Déconstruction	Transport	Traitement des déchets	Élimination	Potential de réutilisation, récupération, recyclage
			scénario	scénario	scénario	scénario	scénario	scénario	scénario	scénario	scénario	scénario	scénario	scénario	scénario	scénario
« du berceau à la sortie de l'usine » avec les modules C1-C4 et le module D	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire									Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire
« du berceau à la sortie de l'usine avec options », modules C1-C4 et module D	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Optionnel	Optionnel	Optionnel	Optionnel	Optionnel	Optionnel	Optionnel	Optionnel	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire
« du berceau à la tombe » avec le module D	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire
« du berceau à la sortie de l'usine » ²	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire													
« du berceau à la sortie de l'usine avec options » ²	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Optionnel	Optionnel											

Légende

- 1 remplacement des composants, pièces ou systèmes 2 possible uniquement si les conditions d'exclusion de la déclaration des modules C1-C4 et du module D sont remplies

Figure 1 — Types de DEP en fonction des étapes du cycle de vie concernées et étapes du cycle de vie et modules pour l'évaluation des ouvrages de construction



Le béton recyclé, un puits de carbone!

27 Septembre 2022, Paris La Défense

► La norme NF EN 15804 + A2

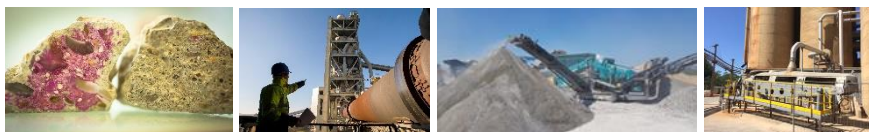
► Les impacts environnementaux sont évalués, en utilisant des facteurs de caractérisation

► Les indicateurs d'impacts environnementaux de référence doivent être inclus dans chaque module déclaré dans la FDES.

► Parmi les indicateurs, plusieurs concernent l'Impact CO₂

Tableau 3 — Indicateurs d'impacts environnementaux de référence

Catégorie d'impact	Indicateur	Unité (exprimée par unité fonctionnelle ou par unité déclarée)
Changement climatique - total ^a	Potentiel de réchauffement global - total (PRG-total)	kg de CO ₂ équiv.
Changement climatique - combustibles fossiles	Potentiel de réchauffement global - combustibles fossiles (PRG-fossile)	kg de CO ₂ équiv.
Changement climatique - biogénique	Potentiel de réchauffement global - biogénique (PRG-biogénique)	kg de CO ₂ équiv.
Changement climatique - occupation des sols et transformation de l'occupation des sols ^b	Potentiel de réchauffement global - occupation des sols et transformation de l'occupation des sols (PRG-luluc)	kg de CO ₂ équiv.



► Les RCP-c (Règles de Catégories de Produit – Compléments)

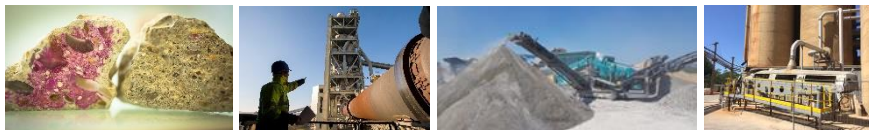
■ Norme NF EN 16757 :

« Contribution des ouvrages de construction au développement durable — Déclarations environnementales sur les produits — Règles régissant la catégorie de produits pour le béton et les éléments en béton »

- Précise certaines règles complémentaires, notamment sur la prise en compte de la carbonatation du béton

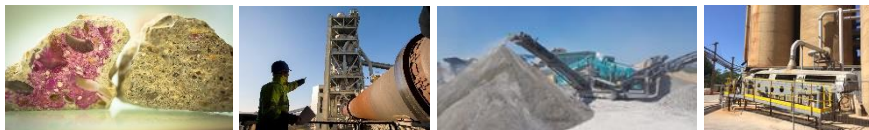
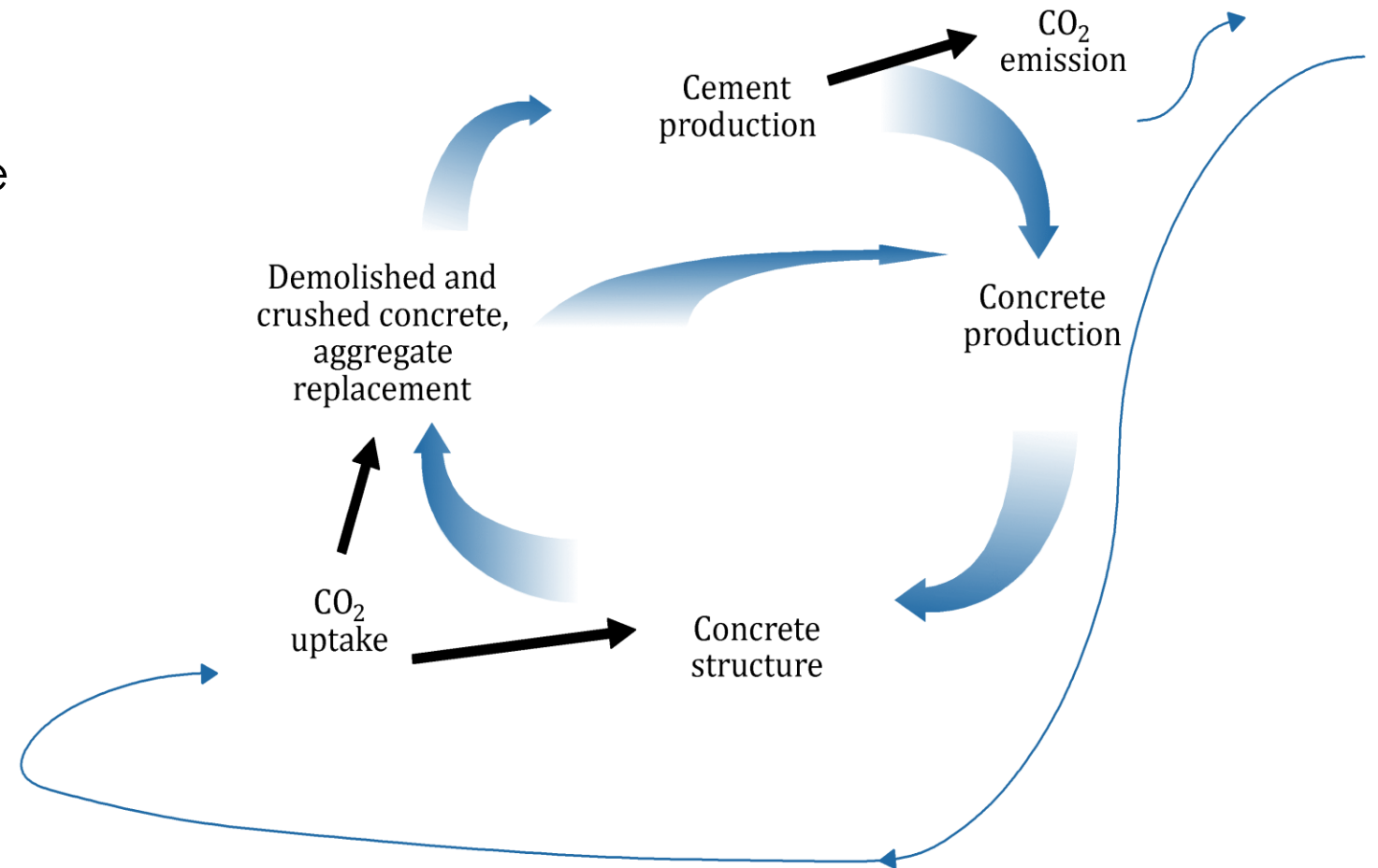
■ RCP Granulats

- En cours de rédaction au sein du TC 154
- Devrait pour les granulats recyclés prendre en compte tous les impacts (positifs ou négatifs) après le point de substitution
- Pour le béton recyclé, point de substitution : obtention d'une « grave recyclée »



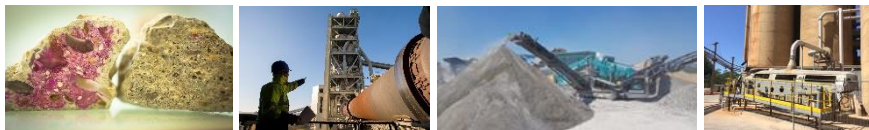
► Carbonatation pendant la vie en œuvre du béton

- NF EN 16757 : Prend en compte la carbonatation
 - Pour certains produits préfabriqués, en phase de production (module A) (par exemple, carbonatation induite, stockage à long terme avant la livraison)
 - En phase d'utilisation (Module B) pour tous les produits bétons
 - En fin de vie, mais limité jusqu'au point de substitution



► Et FASTCARB ?

- NF EN 16757 : ensemble des impacts du béton
 - production des matières premières du béton
 - fabrication du béton
 - Vie en œuvre
 - Démolition
- Arrêt au « point de substitution » (point où le béton « recyclé » est susceptible de remplacer un granulats naturel)
 - = grave recyclée routière (généralement 0/31.5)
- grave : zéro impact environnemental, (pris en compte par le béton d'origine)
- opérations complémentaires : criblage, concassage complémentaire, ..., imputées au nouveau granulats
- => charges, mais également les bénéfices de la carbonatation « accélérée » doivent donc être alloués à ce nouveau granulats.



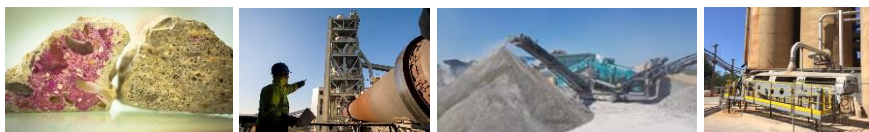
► Résultats

- Hypothèses de calcul de l'impact de la carbonatation
 - Le transport jusqu'au site de recyclage est pris en compte par le cycle antérieur (béton)
 - Transport du site de recyclage au site de carbonatation = 30 km
 - Transport du site de carbonatation à l'UP de production du béton = 20 km

Impact considéré	Poids CO2
Transport depuis installation de recyclage	4,70 kg / t
Carbonatation	0,85 kg / t
Carbonatation - infrastructure	0,38 kg / t
Transport vers UP béton	3,14 kg / t
Total	9,07 kg / t

A ajouter : impact de la fabrication du granulat recyclé : 1,6 kg / t (Source UNPG)

TOTAL = 10, 7 arrondi à 11 kg / t



► Résultats

■ PN FastCarb : *Potentiel de carbonatation d'une tonne de granulats recyclés*

Sable 0 / 4 mm = - 39kg de CO₂

Gravillon 4 / 16 mm = - 12 kg de CO₂.

• *Note : Il est possible que ces chiffres puissent être augmentées dans le futur*

■ Impact du granulats carbonaté

Sable 0 / 4 mm : 11 - 39 = - **28 kg de CO₂**

Gravillon 4 / 16 mm = 11 - 12 = -**1 kg de CO₂**.



► Application au béton : Cas de l'approche prescriptive selon la NF EN 206/CN (2022)

Tableau NA.6a — Taux maximum (% massique) de substitution pour les gravillons recyclés de type 1 et le sable recyclé

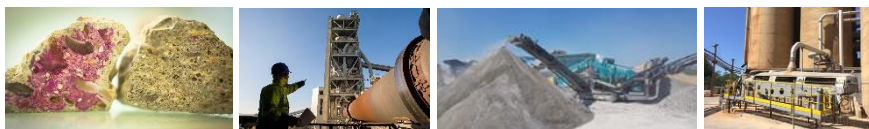
	X0	XC1, XC2		XC3, XC4, XF1		XD, XS1		XF2, XD2, XD3		XS2, XS3		XF3, XF4 ^a		XA
Gravillon recyclé type 1 ($\alpha_{RA,c}$)	60	40	60	30	50	30	50	20	40	10	30	10	30	0 ^c
Sable recyclé ^b ($\alpha_{RA,c}$)	30	10	20	10	20	10	20	10	15	10	15	0 ^c	15	0 ^c
Règles de formulation complémentaire		/	E_{II}/L_{eq} max abaissé de 0,05	/	E_{II}/L_{eq} max abaissé de 0,05	/	E_{II}/L_{eq} max abaissé de 0,05	/	E_{II}/L_{eq} max abaissé de 0,05	/	E_{II}/L_{eq} max abaissé de 0,05	/	E_{II}/L_{eq} max abaissé de 0,05	

^a Granulats non gélifs.

^b Sable recyclé présentant une absorption d'eau inférieure à 10 %.

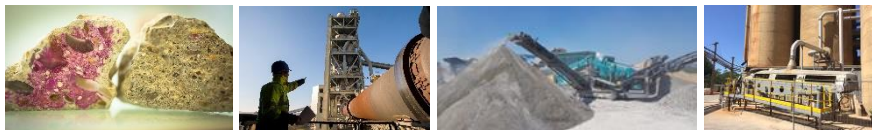
^c A l'exception des granulats récupérés qui restent utilisables dans les conditions du 5.2.3.3 et NA.5.2.3.3.

NOTE Ces taux sont vérifiés en arrondissant le taux de substitution au pourcentage le plus proche.



- ▶ **Application au béton : Cas de l'approche prescriptive selon la NF EN 206/CN (2022)**
- ▶ En prenant le cas d'un béton de mur extérieur (XC4/XF1), on aurait un taux d'introduction maximum de 50% de gravillons et 20% de sable, soit pour une formule classique (1t de gravillons, 900 kg de sable)
 - 500 kg de gravillons recyclés carbonatés
 - 180 kg de sable recyclé carbonaté
- ▶ Cela génère une économie de CO₂ par rapport à l'utilisation d'un granulats naturel dont l'impact est de 2,6 kg CO₂/t

$$0,5 (-1 - 2,6) + 0,18 (-28 - 2,6) = \mathbf{7,3 \text{ Kg de CO}_2 \text{ par m}^3 \text{ de béton}}$$

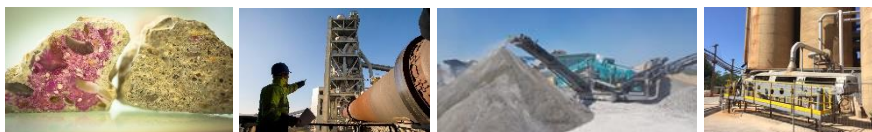


► Application au béton : Cas de l'approche performantielle

- La norme NF EN 206/CN autorise une méthode d'approche performantielle permettant de déroger à l'approche prescriptive, notamment pour le choix des granulats.
- Une telle approche pourrait permettre de valider une formule contenant, par exemple, 100% de gravillons recyclés et 50% de sable recyclé.



- ▶ **Application au béton : Cas de l'approche performantielle**
- ▶ Dans le cas du mur XC4/XF1, les quantités seraient donc
 - 1000 kg de gravillons recyclés carbonatés
 - 450 kg de sable recyclé carbonaté
- ▶ Cela génère une économie de CO₂ par rapport à l'utilisation d'un granulats naturel dont l'impact est de 2,6 kg CO₂/t
- ▶ $1 (-1 - 2,6) + 0,45 (-28 - 2,6) = 17,4 \text{ Kg de CO}_2 \text{ par m}^3 \text{ de béton}$
soit environ 10 % de l'impact du béton



Carbonatation et impact environnemental

www.fastcarb.fr

Merci de votre attention