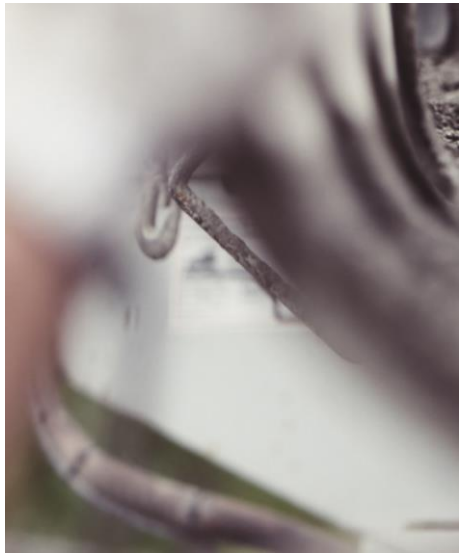


Le Hub
des prescripteurs bas carbone

BOOK INNOVATION
Filière Béton

ifpeb

carbone 4

SOLUTIONS ISSUES D'UN APPEL À INNOVATION MENÉ PAR L'IFPEB
DANS LE CADRE DE LA RÉDACTION DU BRIEF DE FILIÈRE BÉTON

LA CARTOGRAPHIE

Les innovations

1 OPTIMISER LES VOLUMES

Mixité des matériaux :

- Plancher bois béton hors-site / GA Smart Building

Recyclage et valorisation :

- Granudem / Poullard

2 RÉDUIRE L'INTENSITÉ CARBONE

Géopolymères :

- H-UKR, H-EVA / HGCT

Stockage :

- CarbonCure

Ciment avec composés additionnels :

- FUTURECEM™/CCB France
- 2170

Ciment alternatif :

- Lignoroc / CCB

3 CONSEIL

Expertise :

- Lowcarbotys / CERIB

ifpeb

carbone 4

1 Optimiser les volumes

MIXITÉ DES MATÉRIAUX

GA Smart Building

Promoteur-constructeur-industriel

308 M€ de chiffre d'affaires pour 2019

800 collaborateurs

9 usines

Plancher bois/béton hors-site

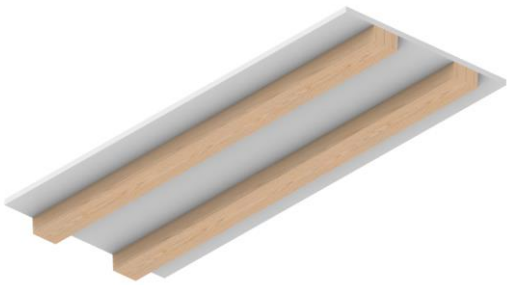
Entreprises

SYNTHÈSE :

Conception d'un plancher préfabriqué composé de poutre en bois lamellé-collé et d'une fine dalle de béton avec substitution d'une part du ciment par du laitier de haut-fourneaux.

ÉLÉMENTS AVANCÉS PAR GA :

- **-50% d'émissions de carbone** par rapport à un plancher béton classique (empreinte carbone de 33,50 $kgCO_2e/m^2$).
- Portée de 9 à 11 m.
- Confort acoustique et vibratoire, inertie thermique pour des bureaux mais à mettre au point pour des logements.
- Production et bois français.
- Tout juste au TRL6 : en cours d'essai flexion 4 points, un projet avec dépôt de PC en octobre et un prévu en décembre 2020.



Hub des prescripteurs
Coup de cœur
bas carbone

AVIS DU HUB :

La mixité des matériaux de ce plancher lui permet de multiplier ses atouts, en particulier la diminution de la quantité de béton tout en bénéficiant des avantages du stockage carbone liés au bois. Cette solution est un exemple de préfabrication favorable à la conception bas carbone. Cette solution a été étudiée pour la construction de bureau, la réversibilité en logement est possible mais nécessitera un complément d'étude sur l'isolation acoustique et thermique.

- Le Hub a pu constater la présence d'une pré évaluation de FDES par le Cerib attestant des données carbone.
- Ce plancher est évalué par une ATEx de cas A. Il n'est pas limité en hauteur et peut être utilisé pour tous usages.
- Il est 50% plus cher qu'une dalle pré-contrainte mais 40% moins cher qu'une solution bois.

RECYCLAGE ET VALORISATION

Poullard

Entreprise de terrassement, démolition, VRD et recyclage

4 M€ de chiffre d'affaires en 2019

23 salariés

1 plateforme de stockage et production

Granudem

Entreprises

SYNTHÈSE :

Production de granulat recyclé certifié CE2+ (atteste que la maitrise de la production à été validée par un organisme notifié européen, nécessaire pour répondre aux marchés publics).

ÉLÉMENTS AVANCÉS PAR POULLARD :

- Permet la fabrication de parpaing avec moins de ciment.
- Recycle n'importe quel béton pour les réincorporer dans tout type de béton.
- Préserve les ressources naturelles
- Permet des économies de ressources et de ciment sur certaines formulations béton.
- Proximité des villes qui réduit les émissions de carbone dues aux transports.

AVIS DU HUB :

Solution intéressante qui permet la diminution des déchets inertes tout en économisant des matériaux. Mais elle ne permet pas la réduction des émissions carbone. Le recyclage des granulats n'en reste pas moins un secteur clé au vu du gisement à venir (sujet développé dans le brief béton).

- L'usage de granulat recyclé est encadré par la norme, ils peuvent être utilisés pour tout type de construction.
- Ce produit coûte 17€/tonne, ce qui est cohérent avec la moyenne du prix des granulats de construction.

2 Réduire l’intensité carbone

GÉOPOLYMÈRE

Hoffmann Green Cement Technologies

Cimentier

620 K€ de chiffre d'affaires en 2020

25 collaborateurs

1 site de production

En partenariat avec GCC, Bouygues construction, Eiffage, …

H-UKR, H-EVA

Entreprises

SYNTHÈSE :

Fabrication de ciment sans clinker et à froid. Utilisation de Laitier de haut fourneau, argile flashée et gypse/désulfo-gypse co-produit ou déchet de l'industrie.

ÉLÉMENTS AVANCÉ PAR HGCT :

- **-75% d'émissions de carbone** par rapport au ciment Portland.
- **188 kgCO_2e/tonne produite** (contre 751 kgCO_2e/tonne pour un ciment Portland CEM I).
- Innovation prouvée et testée à grande échelle sur les chantiers.
- Absence de déchet et de rejet liés à la production.
- Utilise 25% d'énergie solaire produite sur place.
- Emploi de co-produit permettant la préservation des ressources.

Hub des prescripteurs
Coup de cœur
bas carbone

AVIS DU HUB :

Procédé de fabrication du ciment qui ne produit pas de CO_2 et ne demande pas une forte intensité énergétique (sujet développé dans le brief béton).

- Le Hub a pu constater la présence de FDES justifiant les données carbone.
- Les produits de HGCT sont en cours de validation d'une ATEx de type B. Leur température de mise en œuvre est identique à un CEM I. Le béton produit à partir de H-UKR est destiné à la réalisation de bétons structuraux et non structuraux prêt à l'emploi et pour la préfabrication.
- Ce produit est deux fois plus cher qu'un ciment CEM II mais permet une économie d'environ 70% de l'impact carbone par rapport à un CEM II, il s'agit d'une équation très intéressante.

STOCKAGE

CARBONCURE

CarbonCure

Entreprise canadienne

20 M$ de recette sur 2020

100 collaborateurs

300 fabricants de béton licenciés en Amérique, UE et Asie

CarbonCure

Cimentiers

SYNTHÈSE :

Système d'injection de CO_2 capté par les émetteurs industriels dans le béton frais. Le carbone piégé dans le béton se transforme en nano-minéral ($CaCO_3$) qui améliore la résistance à la compression, permettant aux producteurs de réduire la teneur en ciment de 5% en moyenne. Cette solution permet un dosage automatisé directement relié au mélangeur central (ou camion).

ÉLÉMENTS AVANCÉS PAR CARBON CURE:

- Jusqu'à **17-20 $kgCO_2e/m^3$** de béton de réduction.
- Solution installée en 1 jour.
- Retour sur investissement rapide.
- Technologie employée par plus de 300 usines.
- Lancement en Europe en 2021.
- Investissement d'entreprise comme Amazon, Microsoft, …

AVIS DU HUB :

Ce système d'injection permet le stockage de carbone dans le béton. De plus il engendre une augmentation des résistances à la compression. Ce levier pourrait se concrétiser par la diminution de matière dans les ouvrages, ce qui augmenterait encore la réduction du bilan carbone. Un enjeu de normalisation est à prendre en compte avant sont déploiement en France.

- Le Hub n'a pas pu valider à ce stade la performance carbone communiquée.
- CarbonCure encourage ses fabricants de béton partenaires à vendre leur béton au prix du marché.

ifpeb

carbone 4

CIMENT AVEC COMPOSÉS ADDITIONNELS

CCB France

Fabricant de ciments, granulats, bétons prêts-à-l'emploi

Fait partie du Groupe

71 920 k€ de chiffre d'affaire en 2019

27 collaborateurs

5 centrales à béton dans les Hauts de France

Prochainement certifié CSC

FUTURECEM™

Entreprises

SYNTHÈSE :

Nouvelle Technologie permettant la combinaison entre l'argile calcinée et le calcaire qui permet de remplacer potentiellement plus de 40 % du clinker dans le ciment. La substitution sera toutefois limitée à 35% de clinker pour rester dans le cadre normatif des ciments courants EN 197-1.

ÉLÉMENTS AVANCÉS PAR CCB FRANCE :

- **-30% d'émissions** de carbone par rapport au ciment Portland.
- **-20% d'émissions** de carbone par rapport à un béton traditionnel, portant ainsi une réduction de CO_2 estimée de l'ordre de 6% pour un bâtiment standard (ACV réalisée sur des expériences danoises).
- Le calcaire et l'argile calcinée sont des ressources disponibles.
- Innovation brevetée, prouvée et testée à grande échelle sur les chantiers.
- Solution développée selon l'expérience danoise, pas encore déployée en France.

AVIS DU HUB :

Ce ciment remplace une partie du clinker par de l'argile calcinée et du calcaire. Cette substitution permet une réduction des émissions carbones. Le taux de substitution étant conforme à la norme EN 197-1, il permet de s'affranchir d'un recours à avis technique ou ATEx.

- Le Hub n'a pas pu valider à ce stade la performance carbone communiquée.

CIMENT AVEC COMPOSÉS ADDITIONNELS

SAS 2170

Cimentier

Filiale de JPS Granulats

1 usine de mélange

En partenariat avec Vicat

2170

Cimentiers

SYNTHÈSE :

Processus de fabrication de ciment bas carbone avec du calcaire micronisé (broyé finement). Produit deux ciments Portland au calcaire CEMII/B-LL 42,5 N CE NF et CEMII/B-LL 32,5 R CE NF par recomposition d'un CEM I (à hauteur de 70%) avec des fillers calcaires (plus de 25%). Le calcaire est intégré en amont dans la phase de mélange et non en centrale à béton.

ÉLÉMENTS AVANCÉS PAR 2170 :

- **- 15% d'émissions de CO_2** par rapport au process traditionnel.
- 200 000 m^3 de béton bas carbone.
- Valorisation des ressources et économie circulaire.
- Prix de vente compris dans les prix du marché.

AVIS DU HUB :

Ce processus permet de valoriser les coproduits calcaires de la production de granulats dans une démarche d'économie circulaire.

- Le Hub n'a pas pu valider à ce stade la performance carbone communiquée.

CIMENT ALTERNATIF

Constructions Composites Bois
Le béton de bois innove

CCB

Préfabricant de panneaux en béton de bois et producteur de granulat bois

600 k€ de chiffre d'affaires prévisionnel pour 2020

7 collaborateurs

1 usine et 2 licenciés

ifpeb

carbone 4

Lignoroc

Entreprises

SYNTHÈSE :

Fabrication de panneaux préfabriqués biosourcés en béton de bois avec des caractéristiques techniques fortes et un très grand confort thermique. Cette technologie regroupe plusieurs modes constructifs ainsi que plusieurs mises en œuvre possible : murs porteurs, planchers, murs de remplissage ou rideaux

ÉLÉMENTS AVANCÉS PAR CCB :

- **Bilan carbone :**
  - **- 40 kgCO_2e/m^2 (panneaux de 20 cm).**
  - **-70 kgCO_2e/m^2 (panneaux de 30 cm) selon FDES**
- Masse volumique 3 fois inférieure au béton.
- Excellente inertie thermique & déphasage.
- Résistance au feu importante.
- Rapidité de mise en œuvre sur chantier.

AVIS DU HUB :

Système intéressant alliant les propriétés des bétons végétaux (thermique, hygrothermique, confort d'été, acoustique) et la préfabrication (gestion du séchage du béton de bois, temps court sur chantier, …). L' impact environnemental est intéressant grâce à l'utilisation de bois (ressources renouvelables, stockage carbone, …). Le système pourrait nécessiter un complément d'isolation au vu des résistances thermiques annoncées.

- Le Hub a pu constater la présence d'une FDES issue du configurateur AKacia justifiant les données carbone.
- Les produits de Lignoroc sont validés par des ETN, ATEc et ATEx.
- Le prix de cette solution est équivalente à celle de prémur en béton courant.

3 Conseil

Lowcarbotys

Cimentiers, MOA, MOE

EXPERTISE

CERIB

Centre d'étude et de recherches

21M€ de ressources en 2019

163 collaborateurs

60 études en 2019

SYNTHÈSE :

Accompagnement des acteurs de la construction à :

- La définition des cahiers des charges pour les ouvrages en béton incluant les volets techniques, normatifs, économiques et environnementaux,
- L'optimisation de la compacité du squelette granulaire pour réduire le dosage en liant,
- L'utilisation d'un liant bas carbone et les solutions d'accélération de son durcissement ou d'activation,
- L'optimisation du process industriel.

ÉLÉMENTS AVANCÉS PAR LE CERIB :

- Jusqu'à **60% de réduction des émissions carbone** pour des solutions dans le spectre normatif et **- 90%** pour des solutions de rupture.
- Analyse personnalisée.
- Solution sans surcoût.

AVIS DU HUB :

Cette solution de conseil vient prendre en charge un point très important des leviers potentiels sur le béton : l'optimisation du choix de béton et des volumes. Cet optimisation n'est pas uniquement sur le critère carbone.
Les gains carbones avancés sont des maximums potentiels.

INNOVATIONS EN COURS DE DÉMONSTRATION

SOLUTION EN DEÇÀ DU TRL6 (TECHNOLOGY READINESS LEVEL / NIVEAU DE MATURITÉ TECHNOLOGIQUE) ET NE POSSEDE PAS ENCORE DE DÉMONSTRATEUR

ifpeb

carbone 4

LES ESPOIRS

Les innovations en dessous du TRL6

1 OPTIMISER LES VOLUMES

Recyclage et valorisation :

- Le Fossilisateur / Néolithe

Réduction de la matière :

- Structures alvéolaires à variation de densité / MODULATIO'
- Béton bas carbone / 3B Béton

2 RÉDUIRE L'INTENSITÉ CARBONE

Ciment avec composés additionnels :

- Bi-addition / Colas, Argeco, Bouygues Construction, IDEC, EDF

INNOVATIONS EN COURS DE DÉMONSTRATION

ifpeb

carbone 4

1 Optimiser les volumes

INNOVATIONS EN COURS DE DÉMONSTRATION

RECYCLAGE ET VALORISATION

Néolithe

Start up

13 collaborateurs

Fossilisateur

Entreprises, industriels

SYNTHÈSE :

Process mobile de transformation des déchets industriels et ordures ménagères résiduelles en granulats anthropocite utilisables pour des sous-couches de route, des béton léger et classique.

ÉLÉMENTS AVANCÉS PAR NÉOLITHE :

- Fossiliser une tonne de déchets ménagers **évite 650kgCO_2e** par rapport à l'incinération.
- Revalorise localement les déchets.
- Évite l'extraction de granulats des carrières.
- N'entraine pas de surcoût.

MATURITÉ :

- Démonstrateur industriel prévu pour avril 2021.

AVIS DU HUB :

Cette solution parait prometteuse. Elle devra être normée pour permettre son déploiement.
À suivre !

- Le Hub n'a pas pu valider à ce stade la performance carbone communiquée.

INNOVATIONS EN COURS DE DÉMONSTRATION

RÉDUCTION DE LA MATIÈRE

MODULATIO'

Start up

2 collaborateurs

En phase de démarrage

Structures alvéolaires à variation de densité

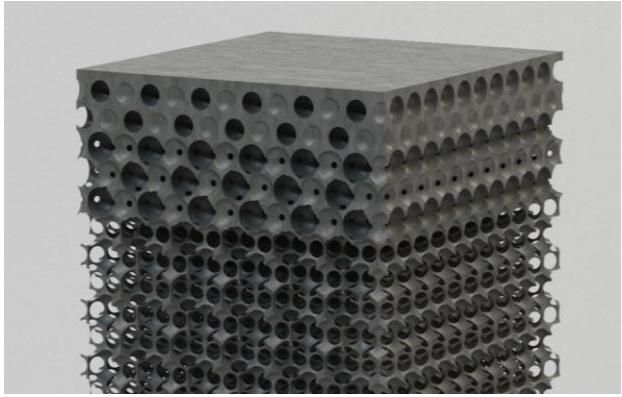
Entreprises, cimentiers

SYNTHÈSE :

Technologie inédite qui permet de moduler la densité de matière au sein d'un élément structurel (dalle, mur, poteau, radier…) en fonction des zones de contraintes mécaniques, afin d'optimiser la quantité de matériau utilisé.

ÉLÉMENTS AVANCÉS PAR MODULATIO :

- **-50% à -80% d'émissions de carbone** en moins comparé à une opération classique.
- Permet de diviser par 2 à 5 fois les quantités de béton à résistance mécanique équivalente.
- Excellentes performances acoustiques et thermiques.



MATURITÉ :

- Brevet déposé.
- En recherche de partenaire (développement de solution ad hoc).

AVIS DU HUB :

Cette technologie est très innovante et parait prometteuse. Elle devra être normée pour permettre sont déploiement.

- Le Hub n'a pas pu valider à ce stade la performance carbone communiquée.

INNOVATIONS EN COURS DE DÉMONSTRATION

RÉDUCTION DE LA MATIÈRE

3B Béton

Start up

2 collaborateurs (objectif : 20 collaborateurs en 2022)

En cours de développement

Béton bas carbone

Entreprises

SYNTHÈSE :

Unité de production permettant de fabriquer in situ des liants par mélange afin d'adapter les produits bas carbone aux besoins des clients. Cette solution permettra de produire des bétons à partir de ciment sursulfaté.

ÉLÉMENTS AVANCÉS PAR 3D BÉTON :

- Jusqu'à **-86% d'émissions de carbone** en moins par m^3 comparé au béton le plus courant (C25/30).
- Permet d'intégrer et mélanger des granulats recyclés.
- Possède un système de recyclage intégral.
- Ne change pas les techniques de mise en œuvre.

MATURITÉ :

- En cours de montage de la première unité.

AVIS DU HUB :

Solution intéressante qui reste à développer. Le ciment sursulfaté bénéficie de la norme NF EN 15743, Il peut être utilisé sans restriction d'usage mais il est préconisé de l'employer sur des espaces peu carbonatés comme les fondations, murs intérieurs, murs avec revêtement.

- Le Hub n'a pas pu valider à ce stade la performance carbone communiquée qui parait très importante.

INNOVATIONS EN COURS DE DÉMONSTRATION

ifpeb

carbone 4

2 Réduire l’intensité carbone

INNOVATIONS EN COURS DE DÉMONSTRATION

CIMENT AVEC COMPOSÉS ADDITIONNELS

argeco DEVELOPPEMENT

Entreprise de production de métakaolin

COLAS WE OPEN THE WAY

Entreprise de travaux publics

IDEC INGENIERIE DEVELOPPEMENT ENVIRONNEMENT CONSTRUCTION GROUPE IDEC

Concepteur et constructeur

BOUYGUES CONSTRUCTION

Entreprise de construction

EDF

Producteur et fournisseur d'énergie

ifpeb

carbone 4

Bi-addition

Entreprises

SYNTHÈSE :

La bi-addition est l'association synergique entre deux additions minérales déjà normalisées, qui, additionnée aux ciments CEM I ou CEM II/A, abaisse l'impact carbone du béton résultant. Les additions minérales sont : le filler calcaire, les métakaolins flash, divers coproduits industriels.

ÉLÉMENTS AVANCÉS PAR COLAS :

- **- 40 à -55%** par rapport au CEMI.
- Pas de modification des matériels et installations existantes.
- Coût entre 90% et 120% du prix du ciment.

MATURITÉ :

En phase d'étude de laboratoire, un chantier d'essai est envisagé au premier semestre 2021.

AVIS DU HUB :

Utilisation de métakaolins qui nécessitent moins d'énergie que le ciment (sujet développé dans le brief béton). Il ne semble pas y avoir d'impossibilité pour répondre à des contraintes de sol ou de performance. Il existe beaucoup d'éléments positifs dans l'élaboration de ces nouveaux bétons mais qui restent à confirmer par des éléments détaillant les gains carbone selon les formulations.

INNOVATIONS EN COURS DE DÉMONSTRATION

Merci !

ifpeb@ifpeb.fr

7, rue Blanche,

75009 PARIS