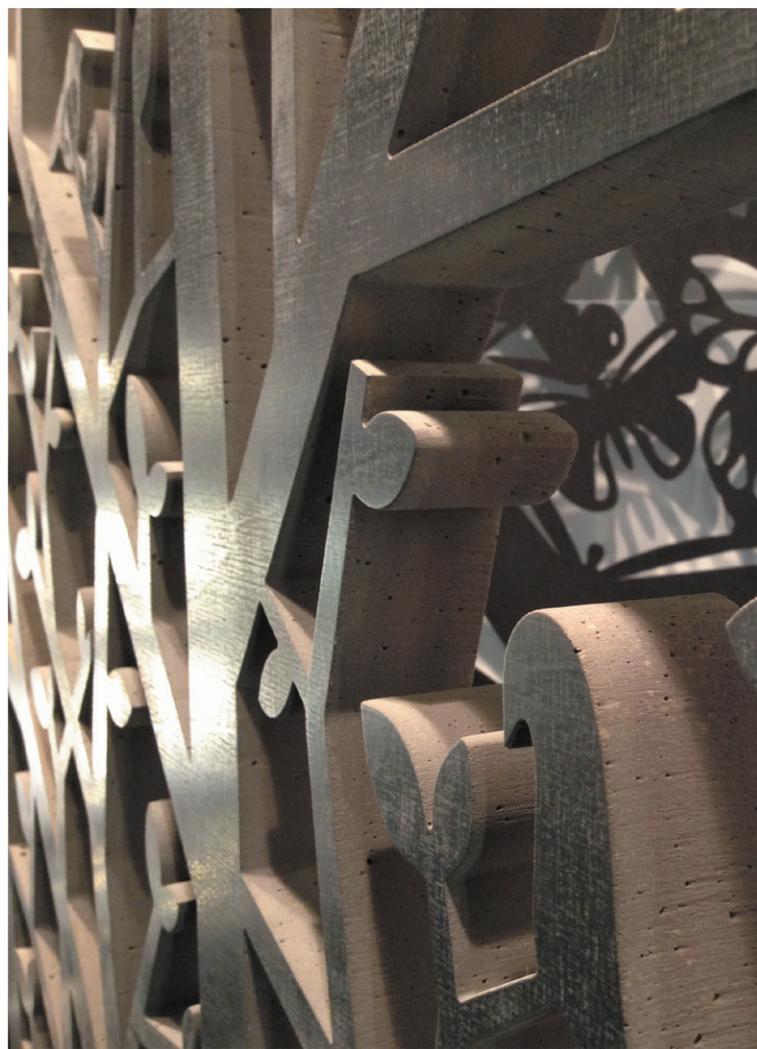


L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE FRANÇAISE

et LA RÉDUCTION
DES ÉMISSIONS
de **CO₂**





La réduction des émissions de CO₂ est le dénominateur commun de nombreux programmes collaboratifs de R&D, nationaux et européens.

Raoul de Parisot Président du Syndicat Français de l'Industrie Cimentière

Réduire les émissions de CO₂ est une entreprise complexe qui exige de poursuivre les actions lancées parallèlement sur plusieurs voies ; cela ne se fera pas du jour au lendemain par le biais d'une solution miracle. Il faut arriver à identifier le bon mélange de techniques, d'investissements et de procédés qui feront la différence, tout en maintenant la compétitivité de l'industrie cimentière en France.

L'industrie cimentière française pratique une écologie industrielle et territoriale depuis longtemps. Au quotidien et de façon croissante, elle a recours aux combustibles alternatifs de proximité, et à la valorisation, à diverses étapes de son procédé de fabrication, de déchets minéraux d'autres industries locales. La réduction des émissions de CO₂ est par ailleurs le dénominateur commun de nombreux programmes collaboratifs de R&D, nationaux et européens, initiés ou accompagnés par le secteur : développement de ciments bas carbone, élargissement du champ d'application du recyclage des bétons de

déconstruction, optimisation des avantages du phénomène de recarbonatation dans les granulats recyclés, captation du CO₂ par des micro-algues. En aval, la filière béton œuvre à une réduction significative des émissions de CO₂ sur l'ensemble du cycle de vie des bâtiments et des ouvrages en béton. Ceci grâce à une conception qui intègre d'office le potentiel évolutif de constructions ayant une espérance de vie centenaire ou par le biais de propriétés qui contribuent – même indirectement – à la réduction des émissions de CO₂, comme les bétons clairs à indice albédo élevé.

Le projet est ambitieux car des ruptures de technologies seront nécessaires pour tendre vers les objectifs de réduction fixés. Les innovations attendues de la R&D permettront de maintenir une production locale et d'éviter une délocalisation qui ne ferait qu'augmenter les émissions de CO₂ dans un marché en forte récession.

Raoul de Parisot

Sommaire

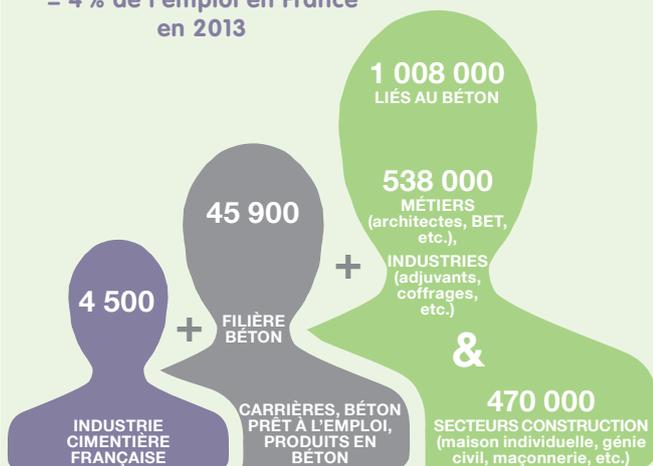
1. L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE FRANÇAISE	page
L'industrie cimentière française : quelques chiffres	3
Ciment & béton	4
La fabrication du ciment : process & transports	5
2. LEVIERS PROCESS & PRODUIT	page
Combustibles alternatifs	6
Valorisation matière	7
Energie thermique & énergie électrique	8
Innovations dans le ciment	9
3. PROSPECTIVES	page
Piégeage, stockage et valorisation du CO ₂	10
Recyclage du béton	11
Recarbonatation du ciment & démolition du béton	12
4. CONTRIBUTIONS DU BÉTON	page
Économie circulaire & filière béton	13
Consommation responsable & durée d'usage	14
Inertie thermique & réductions de CO ₂ en aval	15



L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE FRANÇAISE: QUELQUES CHIFFRES

Source d'emplois

≈ 4 % de l'emploi en France en 2013



Une R&D d'excellence

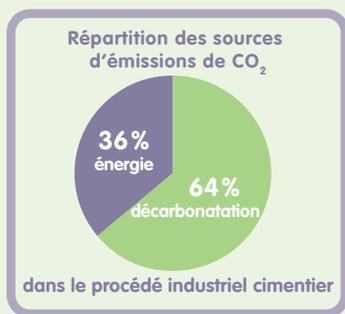


3 centres de recherche industriels en France

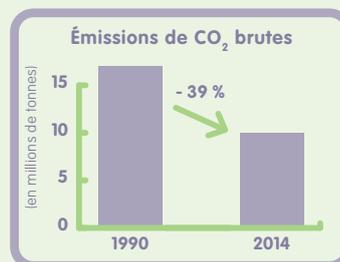
- + Partenariats avec :
- enseignement supérieur,
 - recherche publique,
 - industries connexes,
 - industries émergentes,
 - programmes européens.

= entre autres, contribution majeure aux 800 brevets liés au ciment déposés en 2011 à travers l'Europe.

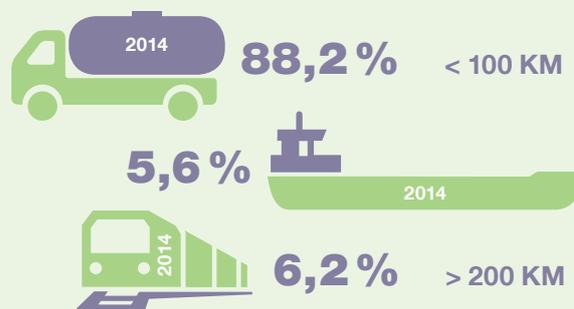
Un profil carbone unique



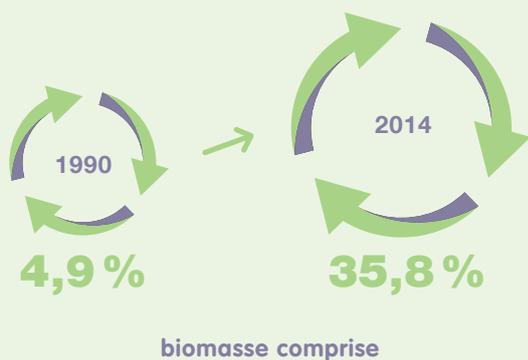
Émissions de CO₂ : - 39 %



Modes de transport du ciment

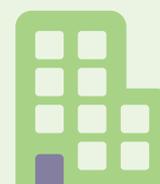


Toujours + de combustibles alternatifs



CO₂ & cycle de vie

Sur l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment, les émissions de CO₂ liées à sa construction sont de l'ordre de 5 à 7 % alors que la phase d'usage représente 88 à 98 %.





CIMENT & BÉTON

Une courte introduction au matériau ciment est indispensable pour comprendre le contexte industriel dans lequel s'inscrivent les engagements de l'industrie cimentière française et pour le distinguer de son utilisation principale - le béton - avec lequel il est souvent confondu.

Le ciment est une matière poudreuse utilisée pour lier entre eux différents composants. C'est une colle, un liant dit « hydraulique » car il durcit au contact de l'eau tout en conservant toutes ses propriétés, y compris sous l'eau. C'est le constituant clé :

- du béton = du ciment mélangé à de l'eau, du sable et des granulats,
- du mortier = du ciment mélangé à de l'eau et du sable.

Tous les ciments courants produits en France sont normalisés et font l'objet, en cours de fabrication, de contrôles garantissant leur conformité à ces normes.



Ils sont regroupés en cinq grandes catégories, suivant la nature et la proportion de leurs constituants et sont répartis en trois classes de résistance (ordinaire, haute et très haute) :

- ciments Portland CEM I,
- ciments Portland composés CEM II,
- ciments de haut-fourneau CEM III,
- ciments pouzzolaniques CEM IV,
- ciments composés CEM V.

Ils sont conformes à la norme européenne EN 197-1 tout comme les suivants :

- les ciments courants dits « à caractéristiques complémentaires » : ciment pour travaux à la mer, ciment pour travaux en eau à haute teneur en sulfates, ciment à teneur en sulfures limitée,
- les ciments dits « à usage spécifique » : ciment prompt naturel, ciment d'aluminates de calcium, ciment à maçonner.

Le béton est donc, par ordre décroissant de proportion de ses constituants, un mélange de granulats (75-80 %) de ciment (12-15 %) et d'eau, et le cas échéant, de petites quantités d'adjuvants qui influencent sa mise en œuvre. Ciments et granulats sont sélectionnés en fonction de l'application envisagée pour le béton. Les granulats sont des matériaux inertes – graviers ou sable – de différentes granulométries, mais aussi... du béton recyclé.

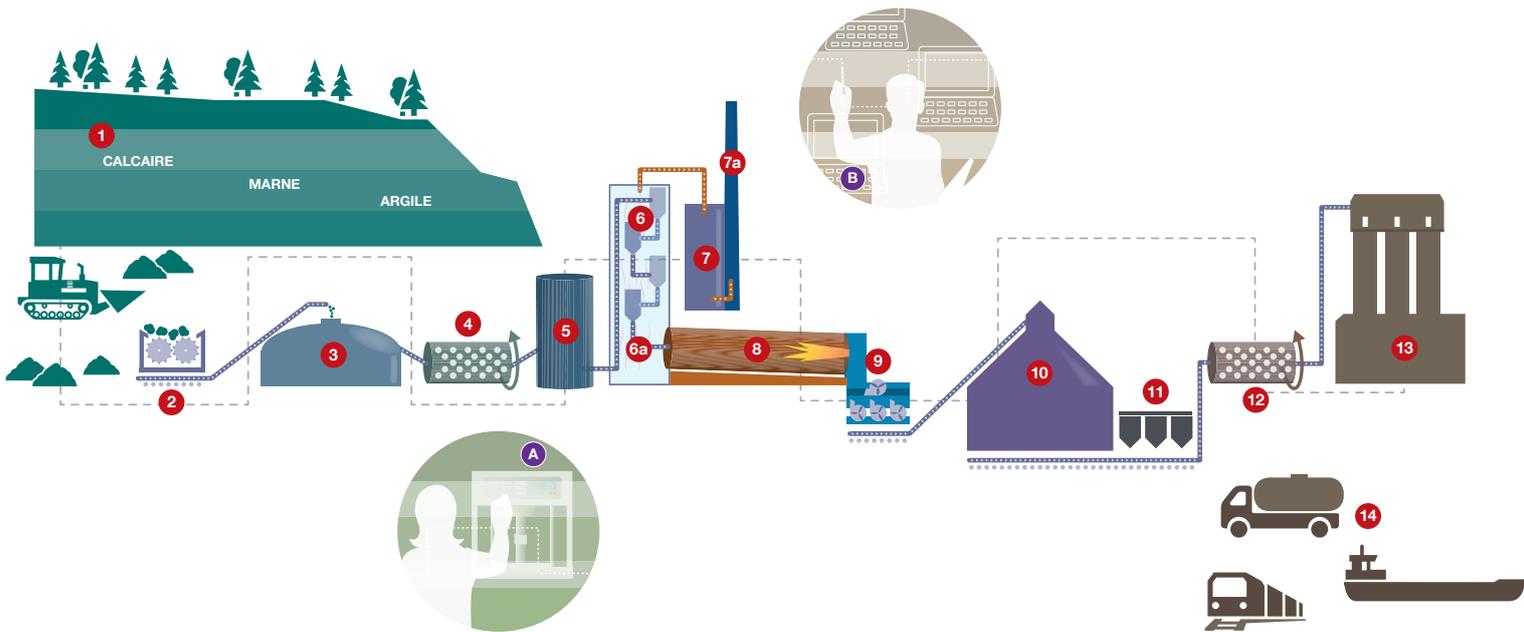
La méthode de mise en œuvre du béton dépend de la nature d'un chantier : le matériau peut être préparé en centrale à béton, préfabriqué en usine ou fabriqué sur place. Quelle que soit la solution retenue, il s'agit toujours d'un processus de coulage « à froid », qui fait l'objet d'optimisations continues pour réduire le recours aux ressources naturelles. Depuis toujours, c'est un domaine où l'innovation est primordiale, que le résultat relève du structurel (béton auto-plaçant, bétons fibrés à ultra hautes performances,...), de l'esthétique (bétons translucide, luminescent, scintillant,...), ou du fonctionnel (bétons autonettoyants, bétons dépolluants,...).

CI-CONTRE : Incrusté de microbilles, utilisé en éléments de voirie, de signalisation ou en façade, le béton scintillant réfléchit toutes les sources lumineuses, naturelles ou artificielles, et permet une illumination ponctuelle au plus juste des nécessités d'un site.



LA FABRICATION DU CIMENT

PROCESS & TRANSPORTS



1 Extraction des matières premières.

2 Concasseurs primaires & secondaires : réduisent les matières premières en éléments d'une dimension maximale de 150 mm.

3 Hall pré-homogénéisation : mélange les matières premières de manière à obtenir une composition homogène.

4 Broyeur sécheur du cru : broyage de la matière première en une farine très fine, le « cru ». Pour fournir tous les constituants minéraux nécessaires à la production du clinker - fer (Fe_2O_3), alumine (Al_2O_3), ou silice (SiO_2) - on peut y ajouter de faibles proportions de matières naturelles (bauxite, oxyde de fer, schiste, argile ou sable), ou de déchets minéraux de composition chimique identique.

5 Silo d'homogénéisation du cru.

6 Tour de préchauffage + Précalcinateur : en passant par cette tour, le cru va atteindre une température de 900 °C, grâce au flux de gaz chauds sortant du four qui remontent la tour à contre-courant. C'est là que débute la décarbonatation, réaction qui détache des molécules de CO_2 contenues dans le calcaire, le transformant en chaux. Certaines cimenteries sont équipées d'un précalcinateur **6a**, foyer complémentaire dans la partie inférieure de la tour.

7 Filtre à manche : filtre les poussières des gaz sortant du four avant leur passage dans la cheminée **7a**.

8 Four rotatif : le cru préchauffé pénètre dans ce tube (3-6 m large x 50x90 m long) légèrement incliné qui tourne sur lui-même, et progresse ainsi à travers des zones de plus en plus chaudes jusqu'à atteindre les 1 450 °C. Cette chaleur intense, générée par la tuyère où sont brûlés combustibles fossiles et déchets, termine la décarbonatation et provoque la transformation du cru en clinker.

9 - 10 Refroidisseur + silo de stockage clinker : le refroidissement brutal du clinker par air soufflé finalise sa transformation. Il est stocké dans des silos sur site, et utilisé sur site au fur et à mesure des besoins de production ou envoyé vers des installations de broyage extérieures.

11 Autres constituants : d'autres matières finement broyées (laitier de haut-fourneau, cendres volantes, schistes calcinés, calcaire, fumées de silice) peuvent être ajoutées à la composition finale, pour produire un ciment répondant à des besoins spécifiques. Cela réduit d'autant la teneur en clinker et les émissions de CO_2 qui y sont associées.

12 Broyeur ciment : le clinker et les constituants sélectionnés sont finement broyés avec du gypse pour régulariser le temps de prise du produit final, fine poudre grise appelée « ciment Portland ».

13 - 14 Silos de stockage + transport du ciment : le ciment est stocké dans des silos puis expédié en vrac ou conditionné en sacs (25-35 kg). Pour ses livraisons, l'industrie cimentière cherche à favoriser les modes de transport à faibles émissions de CO_2 disponibles sur le territoire.

A Le laboratoire sur site analyse les échantillons de matières premières, constituants, combustibles, clinker et ciment prélevés tout au long du processus pour garantir la conformité du produit aux normes en vigueur.

B La salle de contrôle réunit tous les équipements – systèmes experts d'exploitation, circuits vidéos, résultats en ligne de stations d'échantillonnage – qui permettent de piloter la cimenterie.



LES COMBUSTIBLES ALTERNATIFS

La valorisation énergétique des déchets en cimenterie permet de diversifier les sources d'approvisionnement en énergie tout en préservant des ressources naturelles et en apportant une solution de proximité à la collectivité pour la gestion des déchets.

En 2014, 950 000 tonnes de déchets énergétiques sélectionnés pour leur compatibilité avec le procédé cimentier ont été valorisés en remplacement de combustibles fossiles, ce qui a permis d'économiser l'importation de plus de 500 000 TEP (Tonne Equivalent Pétrole).

Après 40 ans d'expérience dans le domaine, et en suivant l'évolution de la nature des combustibles alternatifs, l'industrie cimentière française a su adapter ses installations aux différentes formes de combustibles de substitution disponibles (huiles, pneus usagés non réutilisables, résidus de solvants et peintures, farines animales, combustibles solides de récupération (CSR¹), etc.). C'est ainsi que la totalité des fours en France sont aujourd'hui autorisés à valoriser des déchets, avec un rendement énergétique d'environ 95 % pour ce type de combustibles.

Le développement de la valorisation énergétique des déchets en cimenterie :

- favorise l'installation d'une écologie industrielle et territoriale,
- crée des emplois dans les filières vertes locales,
- participe à l'indépendance énergétique de la France.

Les cimenteries françaises se sont engagées dans le Contrat de filière à atteindre un taux de substitution énergétique de 50 % d'ici 2020.

La croissance de la substitution énergétique en cimenterie passera par le développement de la filière CSR. Le Plan Déchet du ministère de l'Ecologie estime le gisement de CSR à 2,5 Mt, dont 1 Mt devraient être valorisés en cimenterie.

Cette quantité permettra d'atteindre l'objectif, et de le dépasser grâce à des politiques d'investissements supplémentaires.

Des systèmes incitatifs et vertueux doivent être mis en place pour éviter l'enfouissement, encore trop couramment pratiqué, de déchets à pouvoir énergétique qui ne doivent plus être considérés comme des déchets ultimes.

CI-DESSOUS : Semences impropres, exemple de biomasse valorisée dans les cimenteries françaises.



1. CSR : les combustibles solides de récupération correspondent à un mélange de déchets non dangereux issus du tri et de la préparation de déchets industriels, des encombrants ménagers et des refus de tri des collectes sélectives.



LA VALORISATION MATIÈRE

L'usage de la valorisation matière à différentes étapes du process cimentier préserve les ressources naturelles.

Au sens de la Directive cadre déchets (art.3, définition 17), l'industrie cimentière a recyclé 2,6 Mt de matières minérales en 2014, issues des déchets minéraux ou des combustibles consommés en cimenterie, dont :

- 0,6 Mt valorisées lors de la préparation de la matière crue,
- 0,2 Mt valorisées lors de la cuisson du clinker,
- 1,8 Mt valorisées lors du broyage du clinker.

Préparation de la matière crue

Les matières naturelles nécessaires à la fabrication du clinker – le calcaire et l'argile – lui apportent ses quatre composés principaux : la chaux (CaO), l'alumine (Al_2O_3), le fer (Fe_2O_3) et la silice (SiO_2). Elles peuvent être remplacées par des déchets minéraux apportant les mêmes molécules, tels que boues sidérurgiques, limaille de fer, boues d'alumine, sables de fonderie, ou encore terres polluées.

Cuisson du clinker

La plupart des combustibles, qu'ils soient alternatifs ou d'origine fossile, possèdent une fraction minérale moyenne d'environ 15 % de leur composition. Cette fraction minérale est totalement intégrée dans la composition du clinker : à la différence d'un incinérateur ou d'une installation de combustion, le procédé cimentier ne génère ni cendre, ni mâchefer. L'acier contenu dans les pneus usagés, par exemple, permet aux cimenteries de limiter, voire d'éviter, l'ajout de minerai de fer indispensable à la production du clinker.

Broyage du clinker

Le clinker peut être complété par toute une gamme de constituants ajoutés sous forme pulvérulente, dont la disponibilité varie localement suivant l'histoire industrielle d'un territoire (implantation d'aciéries, de centrales électriques...):

- fumées de silice, constituants pouzzolaniques issus de la production de silicium/ferro-silicium,
- laitiers de haut-fourneau granulés, sous-produits minéraux de la fabrication de la fonte,
- cendres volantes, issues du traitement des fumées des centrales à charbon.

Remplacer une partie du clinker par d'autres constituants permet une double réduction des émissions de CO_2 par une diminution des émissions « irréductibles » liées à la



CI-DESSUS : Les pneus usagés constituent l'exemple type du déchet local doublement valorisé, à la fois comme combustible alternatif et pour l'acier qu'ils contiennent, essentiel à la production du clinker.

décarbonatation du calcaire, ainsi que par la diminution de l'énergie nécessaire pour fabriquer ces ciments.

La valorisation matière des déchets en cimenterie :

- contribue à la mise en place d'une écologie industrielle et territoriale,
- permet la création d'emplois par le développement de filières vertes locales.

Ceci, tout en maintenant la qualité des ciments et en respectant les normes d'émission dans l'atmosphère.



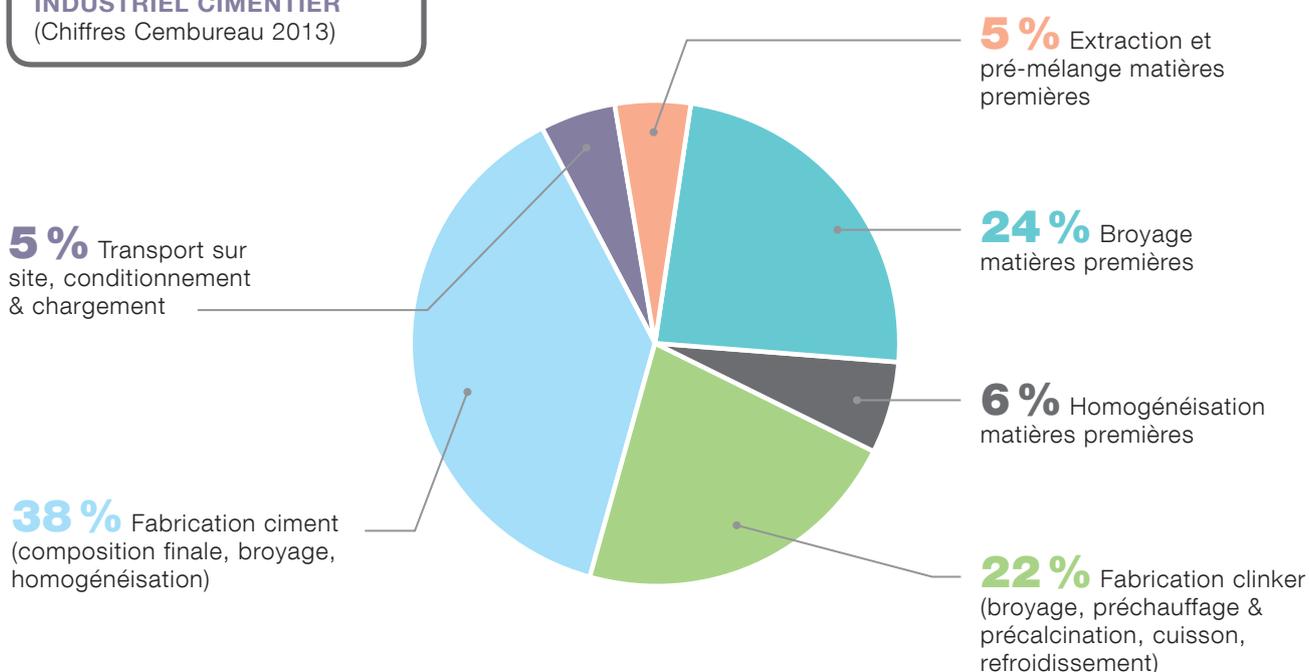
ÉNERGIE THERMIQUE & ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Malgré la modernisation constante de son procédé, l'industrie cimentière demeure une industrie énérgo-intensive: l'énergie constitue 25 % du coût de revient de la production d'une tonne de ciment.

L'optimisation permanente de la récupération d'énergie thermique sur l'ensemble du process (préchauffage du cru et de l'air de combustion, précalcination) et des installations existantes (systèmes d'automatisation de pointe, technologies de contrôle de production et d'équipements auxiliaires affinées) ne laissent plus qu'une part minime à des progrès obtenus par des moyens conventionnels.

Parmi ceux-ci, la possibilité de récupérer, dans certains cas, la chaleur résiduelle basse température du procédé pour la transformer en énergie électrique, réutilisée ensuite dans le process même. Cette démarche exige un investissement initial lourd et une longue période d'amortissement, en fonction du coût de l'électricité. Cette piste serait facilitée par l'instauration d'un mécanisme de soutien semblable aux Certificats d'économies d'énergie.

RÉPARTITION DE LA DEMANDE EN ÉLECTRICITÉ DANS LE PROCÉDÉ INDUSTRIEL CIMENTIER
(Chiffres Cembureau 2013)



L'accès sécurisé à une énergie électrique à un prix compétitif constitue un levier concurrentiel primordial à long terme pour l'industrie cimentière française.



INNOVATIONS

DANS LE CIMENT

L'industrie cimentière française investit dans la R&D depuis des années, à travers son réseau de centres de recherche industriels et ses nombreux partenariats avec des écoles d'ingénieurs, des groupes industriels de toutes tailles ou des laboratoires universitaires.

Elle participe activement à des programmes de recherche français et européens visant à réduire les émissions de CO₂, le terme « bas carbone » recouvrant des principes d'actions différents pour atteindre cet objectif.

Les ciments dits aussi « à basse teneur en clinker » reposent sur l'augmentation de la part d'ajouts, qui diminuent mécaniquement les émissions « irréductibles » de la décarbonatation lors de la fabrication du clinker.

Ceux dits « à basse température » sont fabriqués à partir de clinker dont la composition a été modifiée pour que l'énergie nécessaire à leur cuisson soit moindre.

Les ciments sulfo-alumineux constituent la piste la plus prometteuse de cette dernière catégorie.

Sur le territoire français, le site cimentier de Montalieu-Vercieu (38) teste avec succès depuis maintenant 3 ans une rampe d'accès pour dumpers de 100 tonnes, réalisée avec le ciment bas carbone mis au point par les équipes R&D de son groupe. La composition innovante de ce ciment permet de réduire les émissions de CO₂ associée à sa fabrication de l'ordre de 30 %, tout en conservant visiblement toute sa durabilité.

Un autre cimentier collabore au niveau européen, autour du « Project Aether » soutenu par le programme de

financement LIFE+, projet qui a réussi à passer l'étape des essais industriels dans deux cimenteries différentes.

Avec un procédé et des combustibles similaires à ceux d'un clinker de ciment Portland classique, le clinker de ces ciments a été produit à partir d'une composition chimique différente. Fabriqué à une température plus basse (1225-1300 °C au lieu de 1400-1500 °C) et en consommant beaucoup moins d'énergie, la réduction totale des émissions de CO₂ par tonne de ce ciment est de 25 à 30 %.

Les premiers essais du programme d'évaluation des propriétés physiques et chimiques des mortiers et bétons fabriqués avec ces ciments, confié à un laboratoire britannique indépendant (BRE), donnent des résultats encourageants.

Bien évidemment, ces ciments nouveaux devront satisfaire aux exigences du procédé de validation et du contrôle rigoureux de la normalisation, comme tous ceux sur le marché.

L'industrie cimentière française – filière d'excellence – continue d'investir dans des programmes de R&D de grande envergure qui permettent de progresser vers une économie bas carbone.



CI-DESSUS : La cimenterie de Le Teil (07) est un des deux sites où le ciment bas carbone mis au point dans le cadre du « Project Aether » a démontré ses performances en termes de réduction d'émissions de CO₂ lors d'essais industriels.



PIÉGEAGE, STOCKAGE ET VALORISATION DU CO₂

À travers le monde, de nombreux partenariats industrie-recherche se sont montés pour lancer des projets d'études approfondies autour du piégeage, du stockage et de la valorisation du CO₂ anthropique.

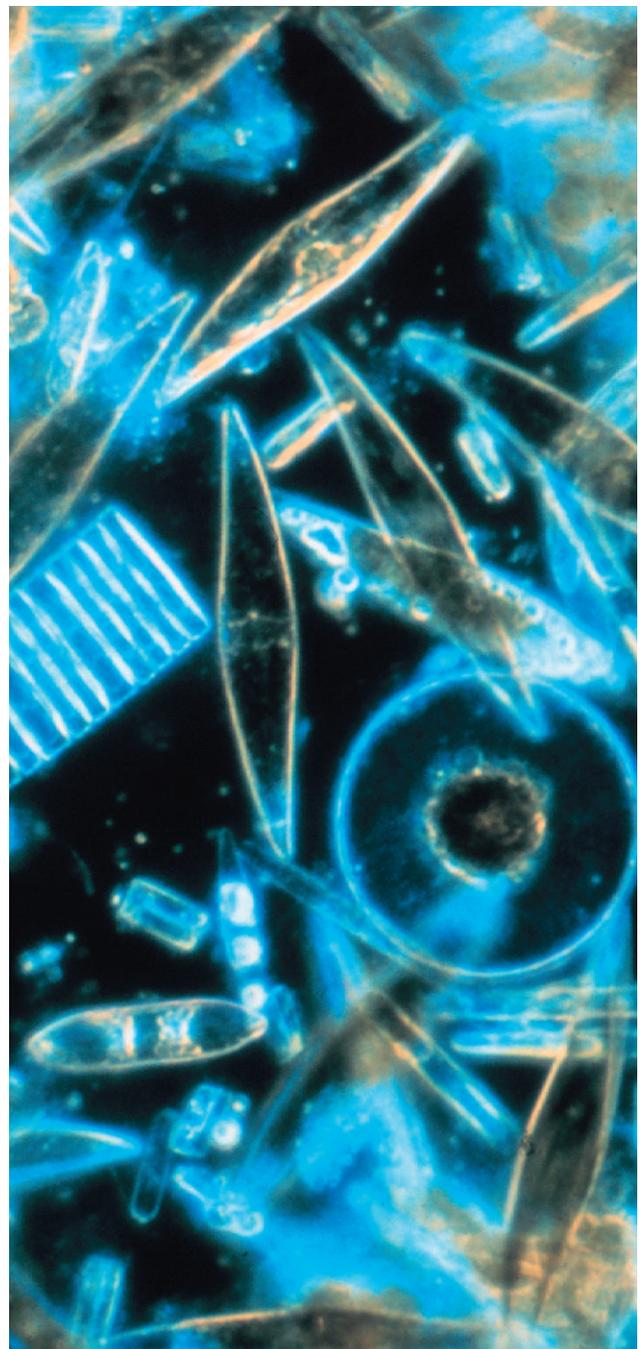
Les premiers résultats obtenus avec les techniques actuellement disponibles sont prometteurs. Parmi les nouvelles activités industrielles qui en découlent, la filière de bio-raffinerie de micro-algues offre un potentiel d'innovations et d'applications auxquelles l'industrie cimentière française peut ambitionner de contribuer.

En premier lieu, avec le piégeage du CO₂ produit sur site, qui est ensuite réemployé dans la culture de micro-algues sélectionnées, soit comme combustible alternatif biomasse utilisable sur place, soit comme source de molécules à plus haute valeur ajoutée destinées à d'autres industries (nutrition, cosmétique...).

Plus largement et en résonance avec l'instauration d'une écologie industrielle et territoriale, l'industrie cimentière participe à des projets collaboratifs comme le projet VASCO (Valorisation et Stockage du CO₂). Encadré par l'Ademe, celui-ci propose d'aborder la problématique dans une démarche mutualisée entre les différentes parties prenantes d'un grand bassin industriel.

Parmi les solutions techniques émergentes à l'étude, deux sites pilotes de bioremédiation – séquestration naturelle de CO₂ industriel – avec production d'algues en milieu ouvert gérés par l'IFREMER, dont les premiers résultats ont démontré que la capacité d'absorption d'un hectare de micro-algues en CO₂ est environ 10 fois supérieure à celle d'un hectare de forêt terrestre.

À divers stades de développement, la valorisation du CO₂ est un sujet de recherche qui intéresse l'ensemble de l'industrie cimentière française. Mais quels que soient les projets, passer du stade expérimental au stade industriel demandera du temps et des investissements, d'autant plus qu'il s'agira d'aménager de nouveaux circuits industriels, y compris avec des industries encore en devenir.



CI-CONTRE : Il existe environ 100 000 espèces de micro-algues (diatomées) répertoriées à ce jour, dont l'activité de photosynthèse fixe une partie du CO₂ anthropique. Ici, diverses diatomées marines vues au microscope.



RECYCLAGE DU BÉTON

La France produit chaque année environ 260 Mt de déchets issus du BTP, dont 20 Mt de bétons de déconstruction, majoritairement recyclés comme matériaux de remblais.



CI-DESSUS : Chantier expérimental Recybéton de Chaponost (69). Bétons - incorporant de 0 à 100 % de granulats recyclés - coulés en un dallage de 18 cm d'épaisseur à usage de parking pour véhicules lourds.

Les granulats naturels représentent une ressource non renouvelable dont l'accessibilité est de plus en plus contrainte. En même temps, des projets comme ceux du Grand Paris vont accroître le recours à ces granulats d'environ 5 Mt par an en Île-de-France.

C'est dans ce contexte également marqué par les réflexions issues du Grenelle de l'Environnement, que le Projet National RECYBETON, projet collaboratif de recherche appliquée, initié et porté par les professionnels de la construction et des travaux publics, s'est constitué en 2012.

Son objectif premier : réutiliser l'intégralité des matériaux issus des bétons de déconstruction, soit par recyclage dans de nouveaux bétons, soit par réintroduction en tant que matière première dans la fabrication du ciment.

Les enjeux sont majeurs :

- Promouvoir la déconstruction sélective et rationaliser l'utilisation des ressources naturelles,
- Limiter les mises en décharge et instaurer des filières de tri efficaces à proximité des chantiers.

Pour proposer des solutions concrètes, reproductibles et capables de répondre à des besoins collectifs, le Projet National RECYBETON cherche à couvrir un spectre le plus exhaustif possible, comme l'illustrent quelques-uns des sujets étudiés depuis 3 ans, par grande thématique :

- « Technologies et procédés » : tri sélectif, type de concassage et propriétés des granulats recyclés, potentiel cimentier des sables de béton concassé ;
- « Matériaux et structures » : variabilité et validité des normes d'essais appliquées aux granulats recyclés, coefficient d'absorption de ces granulats, caractéristiques des granulats recyclés et des bétons à l'état frais, durcissant et durcis ;
- « Développement durable » : mise au point d'un outil d'analyse de pertinence d'une filière de recyclage à l'échelle locale, évaluation environnementale de bétons de granulats recyclés ;
- « Aspects réglementaires et normatifs » : analyse des textes français et internationaux, dans l'optique de faire des propositions d'évolutions normatives et réglementaires visant à développer le recours au béton recyclé.

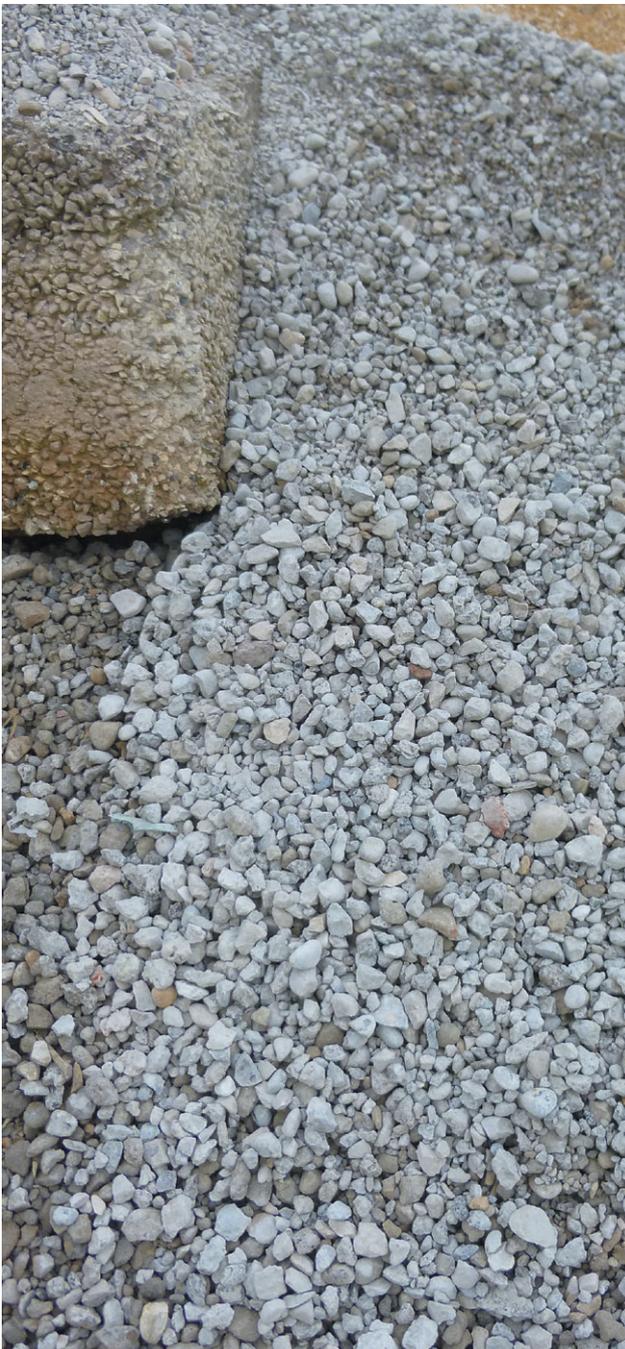
Le premier bilan d'étape est très positif : la faisabilité industrielle du recyclage du béton dans des conditions normales de production a été démontrée, au travers des trois premiers chantiers expérimentaux effectués à travers la France depuis 2013.

La dynamique enclenchée se poursuit, complétée par le projet de l'Agence Nationale de la Recherche « ECOREB », plus tourné vers la recherche fondamentale, pour lever les freins scientifiques qui demeurent face à l'usage de granulats de bétons de déconstruction dans de nouveaux bétons.



LA RECARBONATATION DU CIMENT & LA DÉMOLITION DU BÉTON

Le processus de décarbonatation du calcaire, essentiel pour la production du clinker, émet cette part des émissions de CO₂ qualifiées d'« irréductibles » ou « fatales ».



Pendant la durée de vie d'un ouvrage ou d'un bâtiment en béton - proche des 100 ans en moyenne - la pâte de ciment durcie contenue dans le matériau va piéger le CO₂ atmosphérique, en fonction des conditions d'exposition et des traitements de surface de la construction. Les conséquences variées et complexes de cette carbonatation sur certaines constructions font que le phénomène est observé avec attention.

Mais la déconstruction de l'ouvrage ou du bâtiment va permettre de mettre ce phénomène une nouvelle fois à profit, on parle alors de recarbonatation. Le captage du CO₂ dans la matrice cimentaire se faisant principalement en surface, le procédé de concassage des bétons de démolition est en effet parfaitement adapté et multiplie par un facteur de l'ordre de 1 000 la surface offerte au CO₂ atmosphérique.

Si des simulations numériques ont permis de déterminer les conditions optimales pour accélérer ce captage (épaisseur du lit de granulats de bétons de démolition, taille du granulat concassé, conditions d'expositions, etc.) par types de béton courants, elles sont pour l'instant peu transposables aux pratiques actuelles.

La recarbonatation de ces granulats améliore par ailleurs certaines de leurs caractéristiques (absorption d'eau, résistance mécanique, stabilité chimique) et les rend beaucoup plus aptes à une production traditionnelle de bétons.

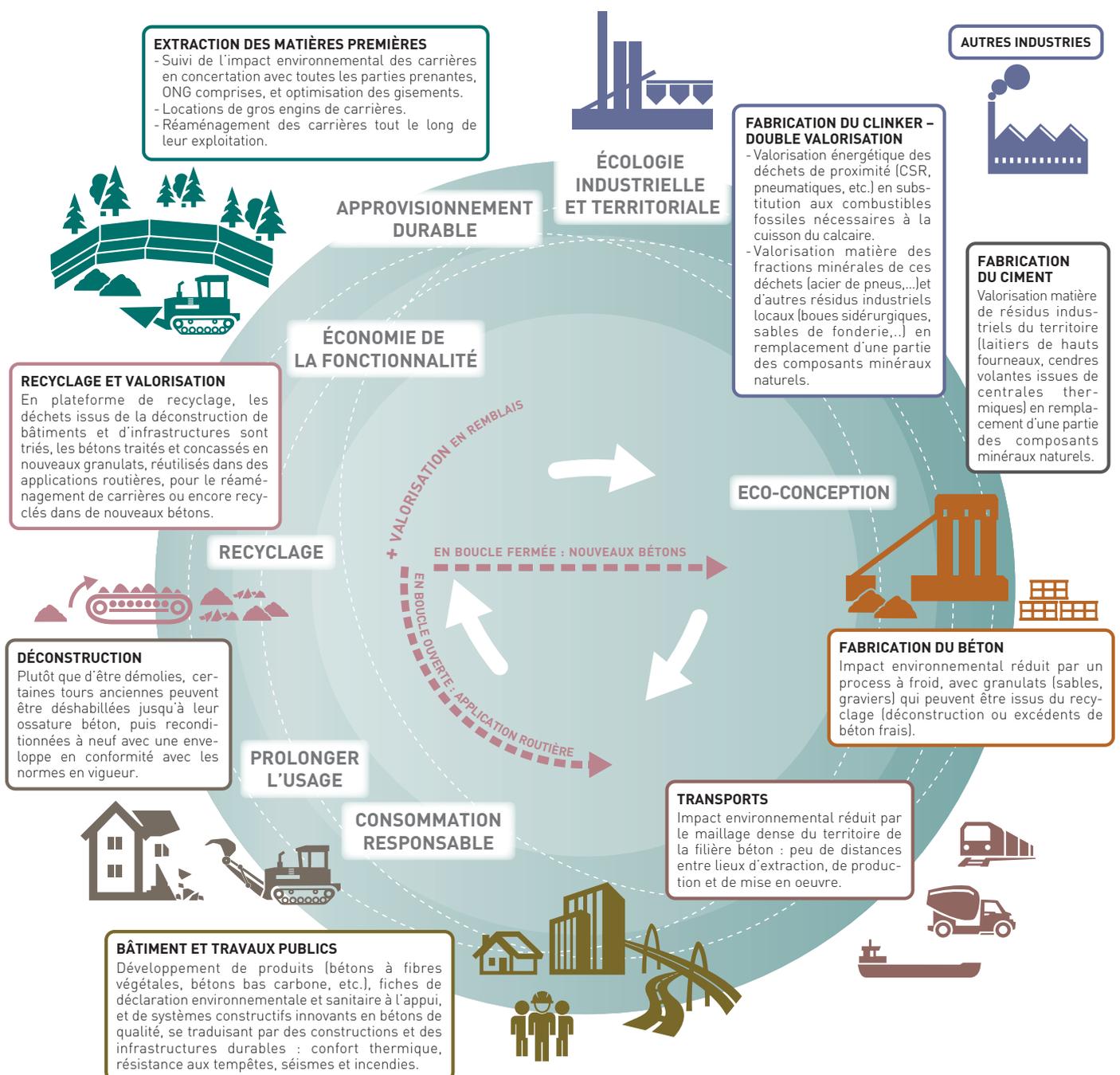
Des solutions intermédiaires sont possibles, comme ces écrans acoustiques le long des axes de transport : en béton de granulats recyclés, ils absorberaient le bruit et le CO₂ produits localement, avec la certitude de fournir dans le futur des granulats optimisés pour la fabrication de nouveaux béton.

CI-CONTRE : Granulats de béton de démolition concassés de haute qualité, offrant un maximum de surface à la recarbonatation, au captage du CO₂ dans la matrice cimentaire.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE ET FILIÈRE BÉTON

La filière béton, dont l'industrie cimentière est un acteur majeur, s'est investie dans chacun des sept piliers de l'économie circulaire. Exemple de circuit court non-délocalisable, c'est une filière organisée au plus près des ressources et des besoins en matériaux sur l'ensemble du territoire.





CONSOMMATION & DURÉE D'USAGE & RESPONSABLE

L'industrie cimentière se situe en amont de la filière béton, qui œuvre pour une réduction significative des émissions de CO₂ sur l'ensemble du cycle de vie des bâtiments et des ouvrages.

Choisir en connaissance de cause

L'ensemble de la filière béton fournit les informations nécessaires à une « consommation » responsable, qui permettent d'évaluer les impacts environnementaux à chaque étape du cycle de vie d'un produit.



Les modules d'informations environnementales des ciments courants, qui couvrent leur production de l'extraction des ressources naturelles jusqu'à la sortie de la cimenterie, en constituent le premier maillon.

Ils ont été conçus pour pouvoir renseigner la partie *ad hoc* des Fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) des produits utilisant du ciment.

Ces documents standardisés présentent les caractéristiques environnementales et sanitaires d'un produit, de la conception à la fin de vie, à travers les résultats de son analyse de cycle de vie (ACV), et sont consultables par tout un chacun dans la base de données nationale de référence INIES.

Durabilité dans le temps

L'allongement de la durée d'usage est un potentiel quasiment intrinsèque du matériau béton : la durée de vie moyenne d'un ouvrage ou d'un bâtiment en béton est de 100 ans.

Le béton est un matériau inerte et durable, qui sans traitement supplémentaire résiste aux moisissures, nuisibles et dégâts des eaux, tout comme aux tempêtes, séismes et incendies lorsque la mise en œuvre est réalisée dans les règles de l'art.

Comme l'ont illustré certains chantiers du quartier d'affaires de La Défense à Paris, une tour avec ossature béton peut connaître une deuxième vie en changeant l'ancienne enveloppe pour une nouvelle, plus conforme aux normes et aux attentes actuelles.

A l'avenir, la conception de bâtiments doit aussi intégrer le potentiel d'évolution de ces constructions durables en béton (réhabilitation, requalification, extension, surélévation, etc.).

CI-CONTRE : Voûtes en béton armé des Halles du Boulingrin, Reims (51). Œuvre de l'architecte Emile Maigrot et de l'ingénieur Eugène Freyssinet réalisée en 1929, puis rénovée en 2012, dans un projet global de quartier qui a ajouté à sa destination première de marché de primeurs, celle de lieu de manifestations culturelles et sportives.



INERTIE THERMIQUE & RÉDUCTIONS DE CO₂ EN AVAL

La production du ciment est certes source de CO₂, mais l'inertie thermique inhérente au matériau béton dont il est un composant mineur (10 % en moyenne) mais essentiel, va permettre des économies d'énergie et d'émissions de CO₂ significatives sur le long terme.

Le confort thermique d'un bâtiment en béton tient à cette capacité du matériau à accumuler de la chaleur en hiver, de la fraîcheur en été et à les restituer lentement. Ce phénomène s'exprime par une température intérieure stable, permettant de réduire les périodes de chauffage et d'éviter le recours à la climatisation, deux sources d'émission de CO₂ importantes pendant la phase d'usage d'un bâtiment !

D'autres propriétés du béton participent plus indirectement à la lutte contre le réchauffement climatique, comme l'illustrent les quelques exemples ci-dessous.

Les bâtiments coiffés de toitures-terrasses végétalisées dites « intensives » permettent, grâce à la photosynthèse, de fixer du CO₂ en ville, concourant ainsi y à instaurer un climat plus sain.

Accueillant buissons, arbustes et arbres, ces espaces verts en toiture ne sont réalisables que dans un matériau à haute étanchéité et à haute résistance mécanique, tel le béton. L'élément porteur de ces terrasses doit en effet supporter la charge du complexe technique et du complexe de végétalisation (substrat pour l'ancrage des racines, la rétention d'eau et la nutrition des plantes), mais également le poids de l'ensemble saturé par les pluies.

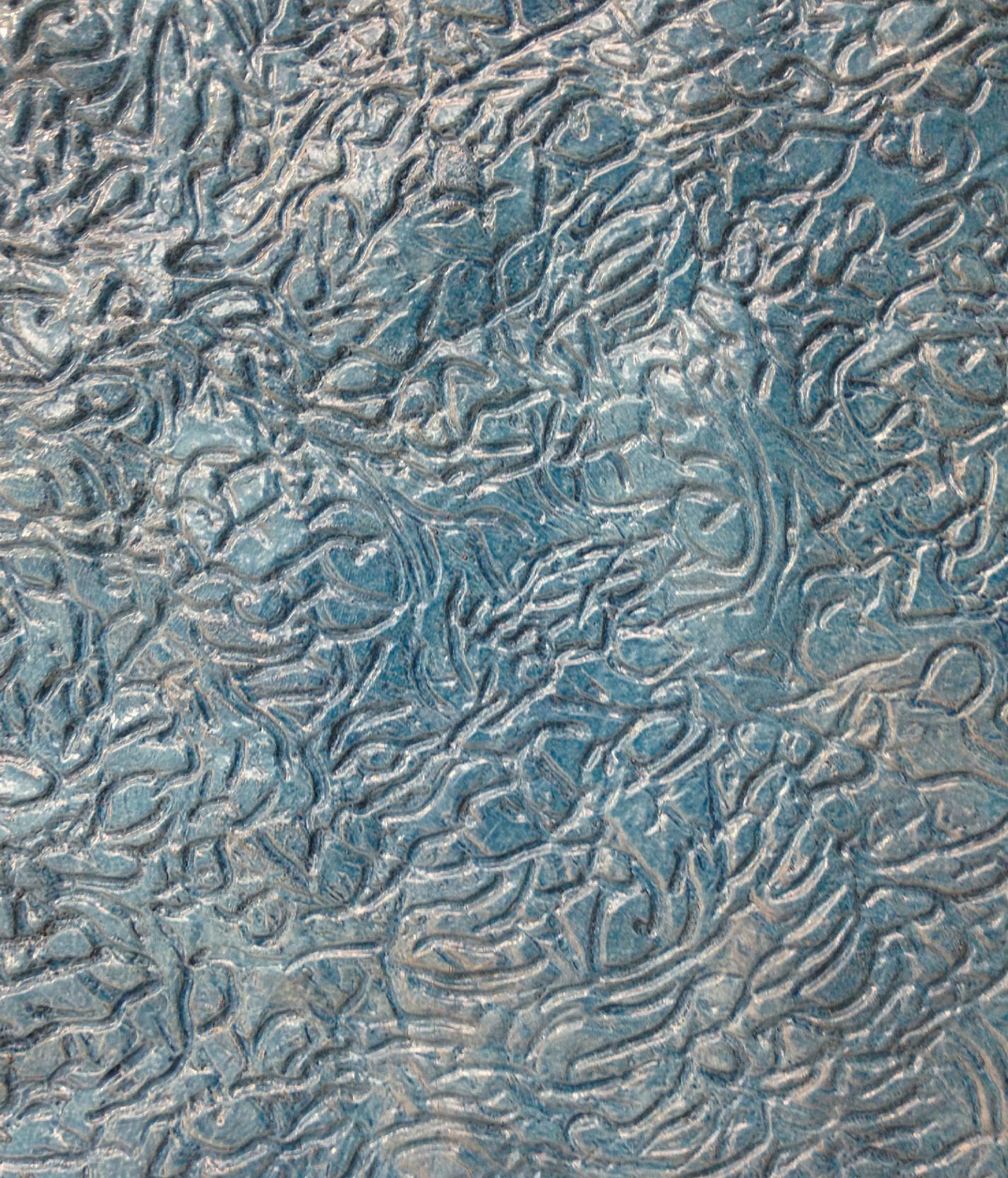
Toujours en milieu urbain, le pouvoir réfléchissant – l'indice albédo – élevé d'un béton clair utilisé en éléments de voirie, revêtement de rue, façades de bâtiment et mobilier urbain permet, à exigence lumineuse égale, une moindre consommation électrique de l'éclairage public, et donc une économie indirecte en émissions de CO₂.

Mis en œuvre sur des infrastructures routières, le béton réduit l'énergie de friction des pneus et permet de diminuer la consommation en carburant et les émissions de CO₂ associées.

Le béton reste un matériau fondamental dans la réalisation d'infrastructures de production d'énergies renouvelables : barrages hydroélectriques, pieux énergétiques à la fois supports de fondation et enrobage des tuyaux caloporteurs d'un système de chauffage géothermique, massifs de fondation d'éoliennes, réseaux de récupération d'eaux usées pour chauffer des unités restreintes (petits collectifs, éco-quartier, entreprises), toiture-terrasse à panneaux solaires, etc.



CI-CONTRE : Le « Jardin sur le toit » chapeaute le gymnase Vignoles à Paris (75020). Ce jardin collectif offre 600 m² de potagers aux associations et habitants du quartier depuis bientôt 6 ans.



L'industrie cimentière française et la réduction des émissions de CO₂ est une publication du Syndicat Français de l'Industrie Cimentière (SFIC). Elle est téléchargeable sur infociments.fr
Direction de la publication : Anne Bernard-Gély – Direction de la rédaction : Catherine Alcocer et Alexia Battistin – Rédaction en chef et relecture : Anne Reymond – Création et impression : AZcom création
Crédits photographiques et illustrations : couverture : 1/© J.-L. Mege, 2/France Résille © A. Battistin – page 3 : © AZcom création (Pascal Fossier) – page 4 : © A. Battistin – page 5 : © AZcom création (Pascal Fossier)
page 6 : © T. Mamberti – page 7 : © Calcia – page 9 : © Larfage – page 10 : © NSF Polar Programs, photo Prof. Gordon T. Taylor, Stony Brook University – page 11 : © H. Colina – page 12 : H. Colina
page 13 : © AZcom création (Pascal Fossier) – page 14 : © A. Battistin – page 15 : © A. Battistin – 4^e de couverture : LeLobbyGRACE © A. Battistin