

Ciment et croissance,
tendances mondiales
Michel Folliet
Société financière internationale
2

Le béton, une solution pour
la construction durable
Vincent Mages et Jacques Sarrazin
Lafarge
6

Critères exigeants pour
projets cimentiers durables
Philippe Guinet et Jacques van der Meer
Banque européenne d'investissement
9

Réduire l'empreinte
carbone du ciment
Hendrik G. van Oss
U.S. Geological Survey
12

Chiffres clés
Le secteur du ciment en chiffres
16

Construire en terre, une autre
voie pour loger la planète
**Romain Anger, Laetitia Fontaine,
Thierry Joffroy et Éric Ruiz**
CRATerre-ENSAG
18

Une industrie cimentière
aux effets positifs
Pierre-Olivier Boyer
Groupe Vicat
22

Contenir l'empreinte carbone
et favoriser le développement
Guillaume Mortelier et Denis Sireyjol
Proparco
25

Le ciment, entre responsabilité écologique et impératifs économiques

L'industrie cimentière est fortement émettrice de CO₂, mais indispensable à l'essor des pays du Sud. Comment peut-elle limiter son impact sur le climat et les institutions de développement l'y aider ?

ÉDITORIAL PAR ÉTIENNE VIARD DIRECTEUR GÉNÉRAL DE PROPARCO

En ce début de XXI^e siècle, les institutions de développement font face à un choix cornélien. Doivent-elles soutenir un secteur cimentier fortement émetteur de CO₂, alors que la lutte contre le changement climatique est au cœur de leur mission ? Cette question, qui agite le monde du développement, se doit d'être posée – et débattue. C'est l'objet même de ce dixième numéro de *Secteur Privé & Développement*.

À lui seul, le secteur du ciment est responsable de 5 % des émissions de CO₂ engendrées par l'homme. Une part qui pourrait dépasser d'ici 2050 les 10 %. Il existe néanmoins peu d'alternatives à ce matériau, à même de répondre vite et en grande quantité aux besoins des pays en développement, dont la croissance économique et démographique entraîne une hausse considérable de la demande. Pour ces économies, qui sont d'ores et déjà à l'origine de plus de 80 % des émissions de CO₂ du secteur, dire "non" au financement du ciment reviendrait à leur couper les ailes, en plein envol. Le ciment est un élément clef du développement. Il permet la construction rapide de logements, dont manque une grande partie des populations des pays du Sud. Ces marchés nationaux souffrent souvent de capacités de production limitées, ce qui entraîne un niveau d'importation élevé, une dégradation de la balance commerciale, peu de concurrence – et donc des prix élevés. Les projets d'infrastructures et de construction de logements peuvent être ainsi retardés ou même empêchés, alors qu'ils sont indispensables.

Si l'industrie cimentière va émettre pendant encore très longtemps du CO₂ et en grande quantité, elle peut réduire son empreinte carbone. Pour cela, elle doit adopter les technologies les moins énergivores et proposer des innovations, en particulier en matière d'isolation des bâtiments, fortement consommateurs d'énergie.

Les critères de plus en plus exigeants qu'imposent les institutions de développement aux projets cimentiers peuvent l'y aider. Surtout, chaque projet qu'elles financent doit être scruté à la loupe pour s'assurer que les effets négatifs sur le climat sont largement compensés par les impacts économiques positifs. —

Ciment et croissance, tendances mondiales

Le secteur du ciment est en pleine évolution. La consommation croît, tirée par la demande des pays émergents ; presque partout, la concentration des acteurs s'accroît. La production reste fondamentalement locale, sauf pour certains marchés fragmentés comme ceux d'Afrique subsaharienne. Là, l'intervention des institutions financières de développement doit permettre de dynamiser le secteur, de promouvoir les innovations et les normes internationales – en particulier environnementales.

Michel Folliet

Société financière internationale

Le ciment est un matériau essentiel pour la construction, qui est un des premiers secteurs d'activité au monde et un des employeurs les plus importants. D'importance vitale pour le logement et les infrastructures de base, la filière ciment joue un rôle clé dans le développement économique et la réduction de la pauvreté des pays émergents. Cependant, l'industrie cimentière est aussi un des plus gros émetteurs de dioxyde de carbone et a d'importants impacts sociaux et environnementaux. Très capitalis-



MICHEL FOLLIET

Diplômé de l'École centrale de Lyon et titulaire d'un MBA de l'université George Washington, Michel Folliet a rejoint en 2006 le département "Matériaux de construction" de la Société financière internationale (SFI). Auparavant, au cours de 25 ans de vie professionnelle dans le secteur du ciment, il a occupé de nombreuses fonctions (de directeur de projet à directeur général pays) que ce soit en France, aux États-Unis, au Venezuela, au Bangladesh, en Malaisie et au Cameroun.

tique, elle requiert de lourds investissements qui nécessitent des financements et une rentabilité sur le long terme. Enfin, ce secteur, très énergivore, dépend des cycles de l'économie et de la santé du secteur de la construction ; cela rend les charges d'exploitation et le chiffre d'affaires très volatiles. Dans ce contexte, les institutions financières de développement (IFD) jouent un rôle crucial dans le soutien aux projets cimentiers sur les marchés émergents. Par leur participation et leurs conditions d'accès au financement, elles peuvent rendre les projets cimentiers plus durables et favoriser les innovations. Car le secteur mondial du ciment, depuis 20 ans, connaît de profonds bouleversements : la consommation évolue, les flux commerciaux se redessinent, les normes de

rentabilité changent, alors que les impératifs environnementaux et sociaux doivent nécessairement être pris en compte.

MARCHÉS ÉMERGENTS, LOCOMOTIVES DE LA CONSOMMATION DE CIMENT

La consommation mondiale de ciment a plus que doublé en 15 ans ; elle est de 2,96 milliards de tonnes (Mdt) en 2009 et devrait atteindre 3,2 Mdt en 2010. La Chine demeure en 2010 le premier producteur et consommateur mondial de ciment avec environ 1,8 Mdt – soit à peu près 56 % de la consommation mondiale – suivie de l'Inde (205 millions de tonnes). On estime que les marchés émergents consomment aujourd'hui 90 % de la production de ciment, contre 65 % il y a vingt ans. Selon les analystes du secteur, la consommation mondiale de ciment devrait croître régulièrement jusqu'en 2030-2050, pour culminer autour de 5 Mdt (Betts, 2011 ; Codling, 2010). Dans cet intervalle, la consommation de la Chine pourrait être ramenée au-dessous de 1,4 Mdt, tandis que celle de l'Inde pourrait atteindre 800 millions de tonnes (Mt). La consommation de ciment suit une courbe « en cloche », qui atteint son plus haut niveau en phase de maturité – la Chine pourrait être en train d'aborder cette phase alors que l'Inde est encore en phase de croissance initiale – et décroît ensuite pour rejoindre un niveau de consommation asymptotique.

Le ciment ayant un faible ratio valeur/poids entraînant des coûts de transport élevés, la production cimentière reste avant tout locale : 95 % en moyenne du ciment consommé dans le monde est utilisé dans le pays de production. Pour être compétitifs, les cimentiers installent généralement leurs unités de production à proximité d'importantes réserves de calcaire et d'argile offrant un accès aisé à une source d'énergie fiable (élec-

“Les marchés émergents consomment aujourd'hui 90 % de la production de ciment.”

tricité et combustibles). Néanmoins, dans les pays en phase précoce de développement – surtout sur les petits marchés fragmentés comme en Afrique subsaharienne –, les importations de ciment peuvent avoisiner 30 à 40 % de la consommation nationale.

LEADERS DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE CIMENTIÈRE

Les échanges internationaux, qui représentent environ 5 à 6 % de la consommation mondiale de ciment, ont clairement subi le contre-coup de la crise financière mondiale. Après le déclin brutal de la consommation de ciment dans la plupart des pays développés – jusqu'à plus de 40 % aux États-Unis et en Espagne¹, par exemple –, le volume des échanges n'atteignait plus que 110 à 115 Mt en 2009-2010, soit environ 3,7 % de la production mondiale.

“L'Afrique subsaharienne devrait compter dix villes de plus de trois millions d'habitants en plus dans les cinq ans à venir.”

Les cinq plus grandes multinationales se partagent approximativement 50 % des échanges commerciaux mondiaux – une part de marché qui croît avec la concentration du secteur. Le reste des échanges repose sur des négociants indépendants, qui vendent généralement au-dessous des prix

de marché, profitant des excédents ou des pénuries périodiques et des faibles coûts de transport.

En 2009, avec 18 Mt de ciment et de clinker exportées, la Turquie a devancé la Chine en se plaçant au premier rang des exportations mondiales. Cette année-là, la Chine a exporté 16 Mt environ, suivie de la Thaïlande avec 14 Mt, du Japon avec 11 Mt et du Pakistan avec 10 Mt. Concernant les importations, l'Irak venait en première position en 2009 avec 8 Mt importées, suivi du Nigeria (7 Mt), des États-Unis (6 Mt), du Bangladesh (5 Mt),

et de l'Angola avec 4 Mt (Cembureau, 2010). La consommation de ciment dépend de l'activité du secteur de la construction, laquelle, sur les marchés émergents, se concentre surtout sur le logement (plus de 60 à 70 %). La demande de logements est elle-même alimentée par une forte croissance démographique et par l'urbanisation. L'Afrique subsaharienne par exemple – qui se caractérise par une population jeune, une croissance démographique de 2,5 % par an et un taux d'urbanisation de seulement 40 % – devrait compter dix villes de plus de trois millions d'habitants en plus dans les cinq ans à venir. Dans les pays en développement ayant un faible PIB par habitant (inférieur à 1 500 dollars) et une faible consommation de ciment par habitant (moins de 100 kg), le taux de croissance annuel composé² de la consommation est étroitement corrélé à la croissance du PIB, avec un ratio bêta supérieur à 1,5 : la consommation de ciment dans ces pays augmente de plus de 7 % en moyenne chaque année.

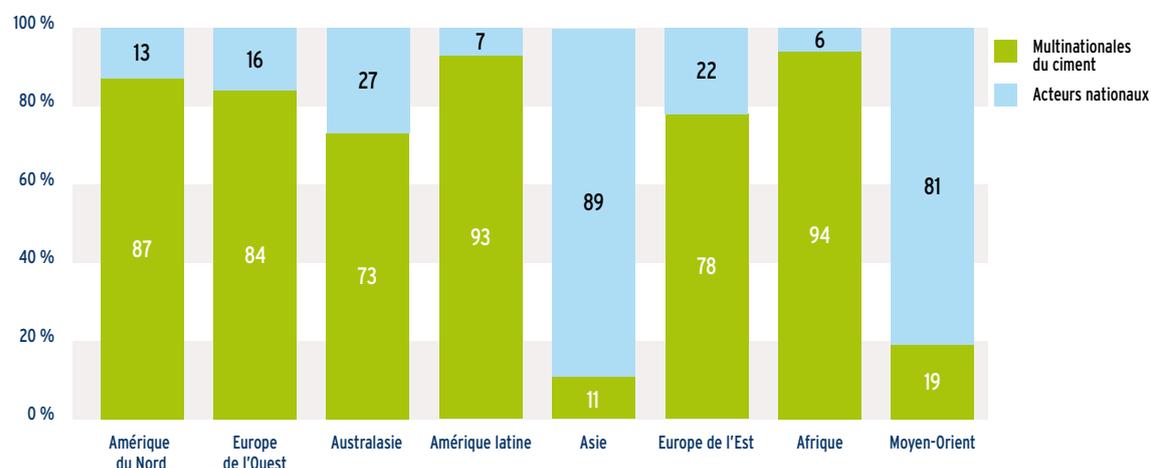
UN SECTEUR DOMINÉ PAR QUELQUES MAJORS

La concentration du secteur cimentier s'est amorcée en Europe dans les années 1970 pour s'étendre ensuite aux Amériques dans les années 1980. Elle n'a pas encore véritablement touché l'Asie, la Russie et le Moyen-Orient (Figure 1). Alors que les six premiers cimentiers contrôlaient environ 10 % de la production mondiale en 1990, leur part avoisine 25 % aujourd'hui (et 45 % si l'on exclut la Chine). Le gouvernement chinois encourage la consolidation d'une industrie nationale très ▶▶▶

¹ Les États-Unis et l'Espagne étaient les premiers importateurs en 2006-2007, avec plus de 45 millions de tonnes importées à eux deux. En 2009-2010, leurs importations n'étaient plus que de 8 millions de tonnes environ.

² Le taux de croissance annuel composé est un terme de gestion et d'investissement qui indique le gain annualisé lissé d'un investissement sur une période donnée.

FIGURE 1 : PART DES MULTINATIONALES DU CIMENT DANS LA PRODUCTION RÉGIONALE



Nota bene : les multinationales du ciment sont définies ici comme étant les 12 premiers acteurs non asiatiques du secteur.
Source : Cembureau, Jefferies International Ltd.

Le ciment, entre responsabilité écologique et impératifs économiques

►►► morcelée³ ; d'importants acteurs apparaissent, comme Anhui Conch et CNBM, chacun ayant des capacités de production de plus de 120 Mt. Les statistiques financières de 2009 des plus grands cimentiers montrent que les grands groupes internationaux sont dans une situation financière difficile (Tableau 1). Les objectifs sectoriels habituels seraient un ratio EBITDA⁴/chiffre d'affaires de 25 %, un ratio dette financière nette/EBITDA inférieur ou

“Les normes des institutions internationales en matière de développement durable aident les entreprises qu’elles financent à réduire leur empreinte écologique.”

égal à 2,5 et un ratio dette financière nette/capitaux propres de 50 % ou moins. Outre la concentration horizontale, les cimentiers poursuivent leur intégration verticale dans le béton prêt à l'emploi et les agrégats, d'importance stratégique pour renforcer leur compétitivité et afin d'être mieux informés des besoins des clients et de concevoir des produits et services innovants.

Positive pour les prix du ciment, cette évolution est bénéfique aux chiffres d'affaires et aux marges ; elle réduit aussi la cyclicité des résultats. Si l'on compare les ratios de rentabilité types pour les différents segments de matériaux de construction dans lesquels les acteurs internationaux ont des activités, le ciment est le plus rentable (Figure 2).

IMPACTS SUR LA CROISSANCE ET L'ENVIRONNEMENT

L'industrie du ciment est très capitalistique et exige des financements à long terme auxquels il est difficile d'accéder dans les pays en développement. À travers leurs investissements, les IFD contribuent à la production

locale de ciment, ce qui réduit le besoin d'importations coûteuses et de flux étrangers, mais renforce aussi la concurrence et aide à baisser les prix pour les consommateurs - extrêmement variables selon les pays (Figure 3).

En favorisant donc la disponibilité des matériaux de construction, les IFD participent au dynamisme du secteur. La capacité des pays en développement de construire les infrastructures et les logements dont ils ont besoin pour réduire la pauvreté et soutenir la croissance dépend, à son tour, de la bonne santé du secteur de la construction. Enfin, de meilleures infrastructures conduisent à la croissance du PIB, créent des emplois, renforcent les PME et encouragent les autres investisseurs étrangers. Pour favoriser ces impacts positifs, la Société financière internationale (SFI), avec d'autres institutions, prend de véritables risques, allant jusqu'à réaliser des investissements de démarrage dans le secteur cimentier dans des pays sortant de conflits, comme l'Irak, la Bosnie-Herzégovine, le Liberia, la Sierra Leone et le Yémen.

RÉDUIRE L'EMPREINTE CARBONE DU CIMENT

Les normes très rigoureuses des IFD en matière de développement durable aident donc les entreprises qu'elles financent à réduire leur empreinte écologique, à renforcer leurs actions en matière de responsabilité sociale et à améliorer leur gouvernance. De fait, le développement

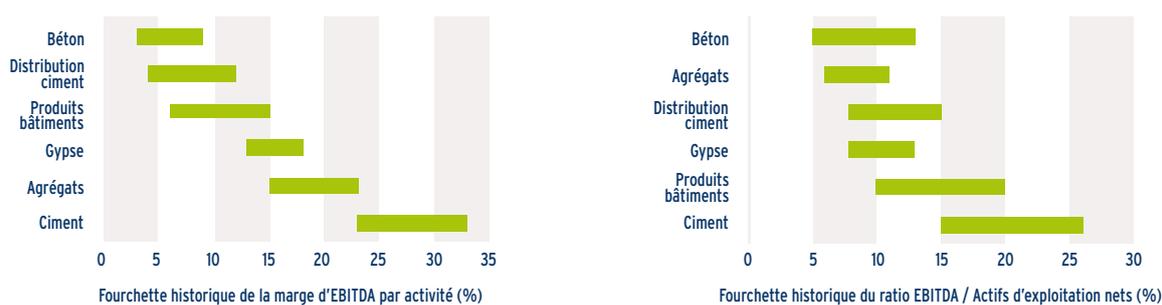
³ Parmi plus de 2 000 entreprises, les six plus grandes contrôlent moins de 25 % des capacités cimentières chinoises.

⁴ Earnings before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization : il s'agit des revenus avant intérêts, impôts et taxes, dotations aux amortissements, provisions sur immobilisations – mais après dotations aux provisions sur stocks et créances clients.

TABLEAU 1 : STATISTIQUES FINANCIÈRES DES GRANDS CIMENTIERES EN 2009

Société (pays d'origine)	Chiffre d'affaires (CA) 2009	EBITDA/CA en %	Part du ciment dans le CA (en %)	Volume des ventes de ciment (Mt)	Dette nette/EBITDA (X)	Dette nette/capitaux propres (%)
Lafarge (France)	15,9 Mds EUR	22,7	54	141	3,8	82
Holcim (Suisse)	21,9 Mds CHF	21,9	58	132	3	63
Anhui Conch (Chine)	3,7 Mds USD	27	95	118	1,4	21
Heidelberg Cement (Allemagne)	11,1 Mds EUR	18,9	54	79	4	77
Cemex (Mexique)	14,5 Mds USD	18,3	39	65	6,6	119
Italcementi (Italie)	5 Mds EUR	19,4	72	56	2,5	51
Taiheiyo (Japon)	729 Mds YEN	0,9	62	32	ns	197
Buzzi-Unicem (Italie)	2,7 Mds EUR	20,3	61	26	2,2	45
Cimpor (Portugal)	2,1 Mds EUR	29,1	73	28	2,8	47
CRH (Irlande)	16,4 Mds EUR	11,1	7	20	2,1	38

Source : Jefferies International, Exane BNP Paribas, données des compagnies cimentières

FIGURE 2 : RENTABILITÉ DU CIMENT PAR RAPPORT À D'AUTRES MATÉRIEAUX DE CONSTRUCTION


Source : Estimations J.P. Morgan

durable est devenu une donnée incontournable dans les pays émergents, où les politiques et les autorisations peuvent fluctuer, où les entreprises sont souvent exposées à de sévères critiques de la part des militants préoccupés par les aspects sociaux et environnementaux des projets en site vierge ou des projets d'extension.

Très gourmande en énergie, la production de ciment représente 5 à 6 % des émissions de dioxyde de carbone d'origine anthropique. Sur ces émissions, à peu près 55 % sont directement liés au procédé de calcination du calcaire, 35 % aux combustibles utilisés dans les fours et 10 % à la consommation d'électricité. Actuellement, il n'existe pas d'alternative viable au ciment. Il faut noter tout de même que certains projets de recherche-développement prometteurs pourraient aboutir un jour à la commercialisation de matériaux de substitution, à faible teneur en carbone (par exemple Novacem, Calera). Toutes les IFD, quoi qu'il en soit, sont de plus en plus prudentes (et donc sélectives) ; elles sont très attentives à l'efficacité énergétique et à la maîtrise de l'impact sur le changement climatique des nouveaux projets. À ce titre, elles analysent systématiquement l'empreinte carbone des projets, privilégient les meilleures pratiques et les techniques les plus innovantes et étudient les mesures d'atténuation proposées pour réduire les émissions de dioxyde de carbone.

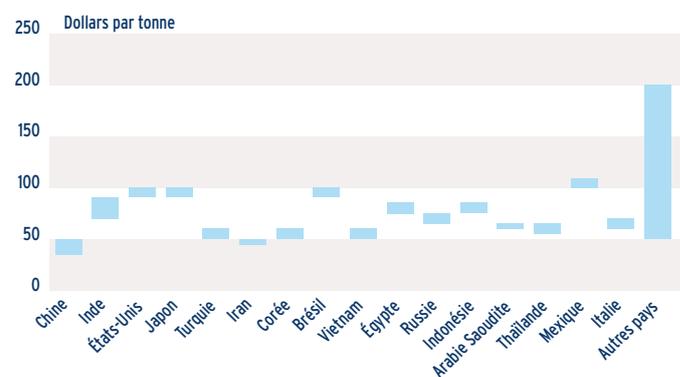
La SFI a élaboré un ensemble de critères pour les projets qu'elle finance, excluant les techniques les moins efficaces (par ex. les fours verticaux et les fours longs en voie humide et en voie sèche). Elle encourage par ailleurs la limitation des émissions de dioxyde de carbone à un maximum de 650 à 750 kg par tonne de ciment⁵. L'une de ces mesures consiste à augmenter l'utilisation du ciment avec ajouts, à moindre teneur en clinker, pour qu'il représente de 65 à maximum 85 % du total – les variations sont dues à la réglementation et aux particularités locales. Une autre série de mesures consiste à améliorer le processus de production afin de réduire la

consommation d'énergie. Il est en effet possible de réduire la consommation de combustibles dans le processus de production, avec un objectif de consommation de 2 900 à 3 300 joules par tonne de clinker⁶, ou encore de limiter la consommation d'électricité pour la production de ciment (avec un objectif de 75 à maximum 105 kWh par tonne de ciment produit). Enfin, la SFI encourage le recours aux combustibles renouvelables et aux combustibles de substitution à chaque fois qu'il en existe localement (biomasse, pneumatiques, déchets municipaux, énergie solaire, éoliennes).

Le fort impact du ciment sur le développement, l'augmentation de la demande dans les pays en développement et les besoins de capitaux à long terme en font un secteur d'intervention privilégié pour les IFD. Celles-ci doivent cependant tenir compte des importantes émissions de dioxyde de carbone associées à sa production et intégrer dans leurs critères d'investissement les mesures nécessaires pour les limiter. ●

⁵ En 2008, le niveau moyen des émissions de dioxyde de carbone des entreprises communiquant leurs données à l'Initiative ciment pour le développement durable du World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) était de 745 kg (comprenant les émissions dues à la production d'électricité).

⁶ Objectif correspondant au projet de BREF (meilleures techniques disponibles – Best REferences) élaboré en 2009 pour le secteur cimentier par le Bureau européen IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control).

FIGURE 3 : PRIX DU CIMENT PAR PAYS EN 2009


Source : Cembureau, estimations SFI

Le béton, une solution pour la construction durable

Le béton fait sa révolution pour contribuer aux immenses mutations nécessaires au monde de la construction, fortement émetteur de CO₂. En considérant les impacts environnementaux de façon globale, ce matériau peut répondre aux problématiques de construction durable. L'utilisation de combustibles alternatifs pour sa production ou le développement de produits innovants permet au béton de se révéler économe en énergie, à l'usage.

Vincent Mages et Jacques Sarrazin

Directeur Initiatives changement climatique, Lafarge
Directeur de la Stratégie Groupe, Lafarge

États ou entreprises, nous avons tous un rôle à jouer face aux enjeux qui attendent la planète : 9 milliards d'êtres humains en 2050, la raréfaction des énergies fossiles, mais aussi de l'eau, et les désordres climatiques. Après l'eau, le béton est le produit le plus consommé dans le monde. On en fabrique 10 milliards de m³ chaque année, soit plus d'1,5 m³ par personne. A l'image du ciment, son constituant principal, environ 80 % du béton est produit dans les pays en développement. Indispensable au progrès économique et humain, en particulier dans les pays en développement, plus que n'importe quel autre matériau, il réunit un très grand nombre de qualités recherchées dans la construction. Sa résistance au feu, aux intempéries, aux chocs, à l'humidité... est un gage de grande durabilité, allant jusqu'à garantir des ouvrages sur plus de 100 ans. De par sa forte densité, sa grande inertie thermique lui permet de stocker les flux thermiques et de les res-

tituer plus tard. Ce matériau s'adapte à toutes les formes architecturales et s'utilise aussi bien pour les fondations, les logements, les routes, les ponts, les tunnels, les réseaux de traitement et de distribution d'eau. Enfin, le béton peut-être produit localement, ce qui permet de réduire les transports et de créer des emplois locaux. Mais fortement émetteur de CO₂, le béton fait sa révolution, en réduisant sa propre consommation d'énergie, mais aussi celle des bâtiments en améliorant ses propriétés.

MESURER L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL TOUT AU LONG DE LA VIE DES PRODUITS

Ces qualités n'empêchent évidemment pas le béton d'avoir un impact sur l'environnement. Au cours des différentes étapes de la fabrication de certains de ses constituants, une grande quantité de CO₂ est émise. À la fin du processus de fabrication, l'empreinte carbone du béton est d'environ 80 kg de CO₂ par tonne. La majeure partie provient du ciment, la "colle hydraulique" faite de sables et de graviers qui le composent par ailleurs.

Il est important de souligner ici les limites des comparaisons des empreintes carbone des différents matériaux de construction. Ainsi celle de l'acier – 2 tonnes de CO₂ par tonne produite – ne peut se comparer, dans son usage, à celle du béton. De même, le bois n'est plus neutre en CO₂ si l'on inclut le poids carbone de sa transformation, des traitements chimiques et de son transport. Des travaux sont menés sur une définition plus large et plus comparable de la notion d'empreinte environnementale globale. Cette définition permettra d'apprécier l'empreinte carbone mais aussi les autres impacts environnementaux, tout au long de la vie des produits : la contribution aux économies d'énergie du bâtiment, les impacts du recyclage et de la mise en décharge éventuelle de chaque produit, en fin de vie. C'est une tâche fondamentale pour identifier les matériaux les plus performants tout au long de leur

VINCENT MAGES

Diplômé de l'ESCP (École supérieure de commerce de Paris) en 1982, Vincent Mages a exercé des responsabilités commerciales internationales dans le secteur de l'édition avant de rejoindre Lafarge en 1988. Il y a occupé diverses fonctions de marketing, de développement de l'activité et de stratégie dans le ciment, les agrégats et le plâtre, en France et au Japon. Avant de prendre la direction des Initiatives changement climatique en octobre 2006, il a dirigé la communication interne du Groupe.

JACQUES SARRAZIN

Jacques Sarrazin dirige la stratégie de Lafarge depuis 2000. Il a intégré le groupe en 1990 pour conduire la stratégie cimentière, puis assurer les opérations de Lafarge plâtres sur l'Europe et le développement international des plâtres et matériaux de spécialité. Cet ingénieur des mines et docteur en gestion exerça auparavant des responsabilités sein de Pechiney et fut chargé de recherche à l'école Polytechnique.

cycle de vie, mais aussi pour positionner les nouvelles solutions innovantes à venir.

Avec un peu plus de 2 milliards de tonnes de ciment produites par an, l'industrie cimentière provoque environ 5 % des émissions mondiales de CO₂ d'origine anthropique. Selon les prévisions de croissance, notamment dans les pays en développement, les volumes de béton – et donc de ciment – consommés dans le monde, devraient doubler d'ici à 2030.

DES ÉMISSIONS DE CO₂ EN BAISSÉ

Pour un groupe comme Lafarge, qui produit à la fois du béton et du ciment, réduire ses émissions de CO₂ consiste d'abord à réduire le contenu carbone de ses ciments. La production du clinker¹, composant de base du ciment, implique une transformation à haute température dans des fours – la décarbonatation du calcaire –, qui contribue à hauteur de 60 % des émissions. Les 40 % restants sont dus aux combustibles

“Les volumes de béton consommés dans le monde devraient doubler d'ici à 2030.”

d'origine fossile brûlés pour porter la matière autour de 1 500°C. Lafarge s'est engagé il y a 10 ans, en partenariat avec le WWF, à réduire ses émissions mondiales de CO₂ de 20 % par tonne

de ciment produite sur la période 1990-2010. Une partie du clinker utilisé pour fabriquer les ciments a ainsi été remplacée par des coproduits industriels aux propriétés compatibles, comme les cendres volantes issues des centrales thermiques au charbon ou encore les résidus dits “laitiers” issus des hauts-fourneaux de la sidérurgie. Quant aux combustibles d'origine fossile brûlés dans les fours, les processus de production ont été optimisés. Lafarge a ainsi lancé un programme de substitution par des combustibles alternatifs, pour l'essentiel des déchets d'origine industrielle, ménagère ou végétale. Ils représentent aujourd'hui près de 13 % du mix énergétique du groupe avec de fortes variations par pays en fonction des possibilités d'approvisionnement (Figure 1). Aux Philippines par exemple, les fours tournent avec 30 % de cosses de riz et en Ouganda, avec des cosses de café. En Malaisie enfin, les deux usines consomment des coques de noix de palmiers à huile : ce projet a été enregistré au titre du Mécanisme

FIGURE 1 : ÉVOLUTION DU MIX ÉNERGETIQUE DANS L'ACTIVITÉ CIMENT

% du total	1990	2008	2009	2010
Charbon	56,1 %	44,3 %	43,4 %	45,4 %
Coke de pétrole	7,6 %	19 %	19,9 %	19,2 %
Pétrole	13,5 %	7,5 %	8,4 %	7 %
Combustibles à haute viscosité	2,1 %	0,7 %	0,1 %	0,1 %
Gaz	18,1 %	17,9 %	17,2 %	16,6 %
Déchets*	1,9 %	8,3 %	8,3 %	9 %
Biomasse	0,7 %	2,3 %	2,6 %	2,7 %

*Huiles, solvants et pneus usagés, déchets solides, sciures humidifiées
Source : Lafarge, 2011

de développement propre² en 2006 et génère 60 000 tonnes de crédits carbone par an.

Avec un an d'avance, l'objectif de 20 % de réduction des émissions par tonne de ciment entre 1990 et 2010 a été atteint : - 20,7 % à fin 2009 et - 21,7 % à fin 2010 (Figure 2).

Au-delà de réduire nos propres émissions, nous voulons aussi offrir des solutions innovatrices qui touchent aux propriétés du béton. Ainsi de nouvelles pistes vers des ciments à basse empreinte carbone sont explorées, en agissant sur le composant clinker lui-même et en intensifiant les ajouts issus de l'écologie industrielle. Par ailleurs, les recherches menées par Lafarge dans le domaine de l'empilement granulaire, ouvrent de nouvelles voies pour produire des bétons de plus en plus durables. Le principe consiste à remplacer une partie de l'eau utilisée dans la composition du béton par des grains fins et ultrafins venant s'intercaler entre les grains plus volumineux. Avec ce procédé, le béton est alors plus compact, plus résistant et plus durable, moins gourmand en eau et avec une empreinte carbone plus faible.

RÉDUIRE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE DES BÂTIMENTS

Les bâtiments consomment aujourd'hui près de 40 % de l'offre énergétique mondiale sous forme de chauffage, de ventilation, d'air conditionné, d'éclairage, de production d'eau chaude, etc. Plus que les émissions liées à la production des matériaux, le défi du changement climatique dans la construction réside dans la réduction de la consommation d'énergie du bâtiment pendant sa phase d'utilisation. L'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments est l'enjeu principal de ce que l'on appelle la construction durable. Ce concept doit s'articuler sur la base de politiques ►►►

¹ Constituant principal des ciments industriels actuels, le clinker, mot anglais signifiant “scorie”, est obtenu en cuisant des mélanges de calcaire et d'argile.
² Le Mécanisme de développement propre (MDP) du protocole de Kyoto permet à un pays industrialisé de financer des projets permettant de réduire dans un pays du Sud ses émissions de gaz à effet de serre. En contrepartie, l'investisseur obtient des crédits d'émissions.

REPÈRES

Leader mondial des matériaux de construction - ciment, granulats et béton, plâtres - Lafarge compte 76 000 collaborateurs dans 78 pays. En 2010, le Groupe a réalisé un chiffre d'affaires de 16,2 milliards d'euros : environ 29 % en Europe occidentale, 25 % au Moyen-Orient et en Afrique, 19 % en Amérique du Nord, 15 % en Asie, 7 % en Europe centrale et de l'Est et 5 % en Amérique latine. Lafarge a rejoint l'indice mondial du Dow Jones Sustainability Index en 2010 pour ses actions en matière de développement durable.

Le ciment, entre responsabilité écologique et impératifs économiques

►►► raisonnées d'aménagement des territoires, des villes et des quartiers.

Cette approche très large pousse à réfléchir au-delà du cœur de métier : de l'extraction des matières premières jusqu'au recyclage après démolition, de l'efficacité thermique des structures jusqu'à la production d'énergie renouvelable programmée dès la conception, du confort de vie des occupants jusqu'à la réduction des nuisances pendant le chantier. Sans oublier bien sûr la responsabilité sociale et environnementale de l'entreprise elle-même.

Aujourd'hui, la mise en œuvre de la construction durable se manifeste notamment par la création de certifications et de labels (HQE – Haute qualité environnementale, Habitat et environnement, Minergie, LEED – Leadership in energy and environmental design, BREEAM – BRE Environmental assessment method...) dont le nombre n'a cessé de se multiplier ces dernières années dans le monde, incitant tous les acteurs de la chaîne de la construction à répondre aux nouveaux enjeux.

LES SOLUTIONS DE DEMAIN

Pour s'assurer que ses nouveaux produits répondent aux enjeux de la construction durable, Lafarge utilise la méthode de l'analyse du cycle de vie (ACV). Elle consiste à quantifier l'impact environnemental selon plusieurs critères (consommation d'énergie primaire, émissions de gaz à effet de serre, pollution de l'air, consommation d'eau, transport, production de déchets...) et tient compte du cycle de vie complet d'un matériau, depuis l'extraction des matières premières jusqu'au recyclage ou sa mise en décharge.

L'ACV est la seule méthode qui permet une véritable approche scientifique de la question.

C'est aussi la plus objective, car elle s'appuie sur une méthodologie normalisée – ISO 14040 – et prend en compte l'ensemble des indicateurs environnementaux importants. Sa pertinence tient aussi au fait qu'elle s'applique à toute la durée de vie du produit ou du bâtiment étudié.

Le but visé est d'améliorer le bilan environnemental des produits, mais aussi de proposer des systèmes constructifs plus performants. Dès lors que l'on parle de construction durable, prendre chaque matériau de façon isolée n'a pas grand sens. Il faut raisonner en considérant les liens très étroits qui existent entre eux, mais aussi tenir compte des besoins et tendances en architecture et des paramètres liés aux politiques d'urbanisme.

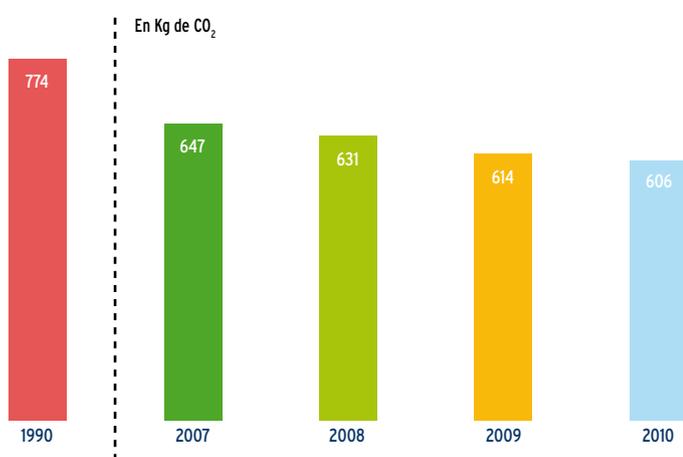
À cela s'ajoutent les spécificités géographiques et les habitudes locales. On ne construit pas de la même manière en Europe, en Asie, en Amérique ou en Afrique : climat (plus ou moins froid ou humide), type de construction (bois, acier, béton, brique), disponibilités des ressources naturelles et niveau de développement du pays ont aussi un impact très important sur le comportement des bâtiments ou la performance de tel ou tel mode constructif. Il n'existe pas de solution unique applicable à tous et partout.

L'approche systématique de l'ACV ainsi que les recherches sur les systèmes constructifs remettent en cause bon nombre d'idées reçues. Le béton peut améliorer l'inertie thermique, l'étanchéité à l'air et la compacité, trois facteurs fondamentaux de l'efficacité énergétique du bâtiment, tout en lui assurant une durée de vie et une résistance supérieure. Les économies d'énergie pendant la phase d'usage compensent en deux ans l'éventuel surcoût pour une isolation et une étanchéité à l'air supérieures à la norme.

Conséquence directe de cette approche globale et intégrée de la construction durable, Lafarge développe des solutions béton nouvelle génération. Le groupe vient notamment de mettre au point, en collaboration avec Bouygues, un béton structural prêt à l'emploi, qui diminue les déperditions thermiques ou encore un nouveau rupteur thermique à base de béton fibré ultra-hautes performances réduisant les ponts thermiques jusqu'à 70 %. Ceux-ci représentent à eux seuls 10 % à 20 % de la déperdition énergétique d'un bâtiment.

Si le béton a une empreinte carbone importante, du fait de son mode de production, il peut s'inscrire, grâce à des propriétés qui réduisent les émissions de CO₂ liées à l'utilisation des habitations, dans la démarche globale de construction durable. ●

FIGURE 2 : ÉMISSIONS NETTES DE CO₂ PAR TONNE DE PRODUIT CIMENTIER



Nota bene : Les émissions nettes de CO₂ sont les émissions brutes moins les émissions provenant de l'incinération de déchets.

Source : Lafarge, 2011

Critères exigeants pour projets cimentiers durables

Importante dans le développement d'un pays, la production cimentière est aussi énergivore et polluante. La BEI a mis en place des critères de sélection qui favorisent la responsabilité environnementale et sociale des projets. Situées en Europe ou ailleurs dans le monde, les opérations soutenues répondent aux mêmes exigences. Il s'agit en particulier d'encourager les meilleures techniques disponibles, l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de dioxyde de carbone.

Philippe Guinet et Jacques van der Meer

*Banque européenne d'investissement**

L'Europe n'est la seule zone où la Banque européenne d'investissement (BEI) intervient. Dans le cadre des politiques européennes de développement et de coopération, elle est présente en Amérique latine et en Asie (mandat ALA), dans les pays de l'Est (politique de voisinage) ainsi que dans certains pays du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord (au titre du Partenariat euro-méditerranéen). Conformément à l'accord de Cotonou, sa mission s'étend aussi aux pays d'Afrique subsaharienne, des Caraïbes et du Pacifique (accords ACP-CE). Le soutien au développement économique durable étant l'objectif premier de la BEI, les projets cimentiers européens auxquels elle apporte son concours doivent atteindre des objectifs de respect de l'environnement et d'efficacité énergétique. Le financement des investissements directs étrangers (IDE) tient une place prépondérante dans les interventions de la Banque ; en effet, les trans-

ferts de capitaux et de savoir-faire jouent un rôle moteur dans la modernisation de l'économie, les exportations et les gains de productivité. La BEI finance aussi des projets publics, en général d'infrastructure, indispensables pour le développement du secteur privé et l'instauration d'un environnement économique compétitif.

POURQUOI SOUTENIR DES PROJETS CIMENTIER ?

Avec le développement économique d'un pays, les activités productives manuelles sont progressivement remplacées par des activités industrielles de base répondant aux besoins de l'infrastructure en expansion. La production cimentière locale joue donc un rôle important dans le développement de l'infrastructure régionale, elle-même indispensable pour réduire la pauvreté, promouvoir l'équité sociale et accroître la compétitivité industrielle d'une nation ou d'une région.

Comme le montre la Figure 1, la demande est en forte augmentation dans les pays en développement tandis qu'elle se stabilise dans les économies développées. En effet, lorsque les pays atteignent un niveau élevé de développement, la production (et donc les dépenses d'équipement) se tourne vers des produits à plus forte valeur ajoutée (machines-outils, matériel de transport) et l'économie s'oriente davantage vers les services.

Entre 2000 et 2010, la BEI a soutenu 14 projets du secteur cimentier en consentant 770 millions d'euros de prêts (Tableau 1). Environ 27 % (210 millions d'euros) ont été alloués à trois projets situés dans l'Union européenne ; les 73 % restant (560 millions d'euros) ont appuyé 11 projets dans le cadre de l'accord de Cotonou. Les concours apportés sur le territoire européen sont généralement orientés vers l'efficacité énergétique et la protection ►►

* Les opinions exprimées dans cet article sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de la BEI.

Philippe Guinet

Philippe Guinet a rejoint la Banque européenne d'investissement en 1993, où il est actuellement conseiller technique pour les industries lourdes au sein de la Direction des projets. De 1974 à 1993, il a exercé diverses fonctions opérationnelles et managériales dans le secteur privé, en Europe et ailleurs. Il est titulaire d'un diplôme d'ingénieur de l'École nationale supérieure des télécommunications et d'un diplôme de management du MIT (États-Unis).

Jacques van der Meer

Jacques van der Meer est conseiller économique adjoint à la Direction des projets de la Banque européenne d'investissement. Il est chargé de l'évaluation des projets de recherche et développement. Avant de rejoindre, en 1991, la BEI, il a enseigné le management stratégique à la Rotterdam School of Management de l'université Erasmus et à l'École supérieure de commerce de Lyon. Il est titulaire d'un doctorat de l'université de technologie de Twente (Pays-Bas).

►►► de l'environnement, tandis que les prêts consentis en vertu des mandats extérieurs sont destinés à financer des opérations de construction. Il s'agit de faciliter les IDE et de soutenir le remplacement des importations par des productions locales. Les projets industriels européens peuvent prétendre à un financement de la BEI s'ils réduisent la consommation d'énergie d'au moins 20 % ou s'ils diminuent sensiblement la pollution industrielle (air, bruit, eau et substances chimiques dangereuses). Les investissements en recherche et développement ainsi que les unités de production pilotes peuvent eux aussi obtenir un financement s'ils impliquent de nouveaux matériaux, de très nettes réductions de la pollution environnementale ou une baisse de la consommation d'énergie. Une fois les critères généraux de financement satisfaits, la BEI vérifie les fondements techniques et économiques du projet, ainsi que les caractéristiques du contexte et du secteur. Hors de l'Union européenne, l'analyse détermine le plus précisément possible les incidences du projet sur l'environnement et sur le développement économique et social.

LES CRITÈRES ENVIRONNEMENTAUX

Selon une étude de l'Agence internationale de l'énergie (AIE, 2007), les cimentiers pourraient réduire leur consommation d'énergie primaire de 18 à 25 % (environ 750 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) par an) et leurs émissions de dioxyde de carbone de 19 à 32 % (2 650 Mt de CO₂/an en moyenne) s'ils adoptaient les meilleures technologies disponibles. La BEI accorde une attention particulière aux meilleures techniques dis-

ponibles² dans le choix des procédés et des équipements. Elle encourage aussi l'utilisation de combustibles de substitution (comme les déchets : huiles usées, pneumatiques, farines animales, coke de pétrole, biomasse, paille de riz, etc.), tout en cherchant à favoriser la réduction du dioxyde de carbone émit et de l'électricité consommée par la cimenterie.

L'emploi de matériaux cimentaires de substitution au *clinker* fait l'objet d'une attention particulière. Ainsi, la BEI a financé des projets utilisant des scories d'aciérie (jusqu'à 50 % dans la cimenterie Cementir à Tarante en Italie) et de la pouzzolane³, comme en Syrie.

Pour mesurer l'empreinte carbone des projets financés, la BEI a élaboré une méthodologie basée sur les normes internationales de comptabilisation des gaz à effet de serre, qui calcule les émissions de référence et les émissions du projet en valeur absolue.

CRITÈRES ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX

Dans le cadre de ses mandats extérieurs, la BEI encourage les projets de développement portés par le secteur privé qui sont favorables à la croissance et qui ont un impact économique et social positif sur la population et le territoire concernés.

La BEI examine donc de près les performances économiques réelles des investissements. De prime abord, il peut sembler par exemple plus économique d'investir dans la réduction des émissions des centrales électriques ; mais en réalité, miser sur des bâtiments économes en énergie est plus intéressant, si l'on considère leur durée de vie. En soutenant ces investis-

² La meilleure technique disponible (MTD) est la méthode de pointe utilisée en production industrielle qui limite les émissions de polluants.

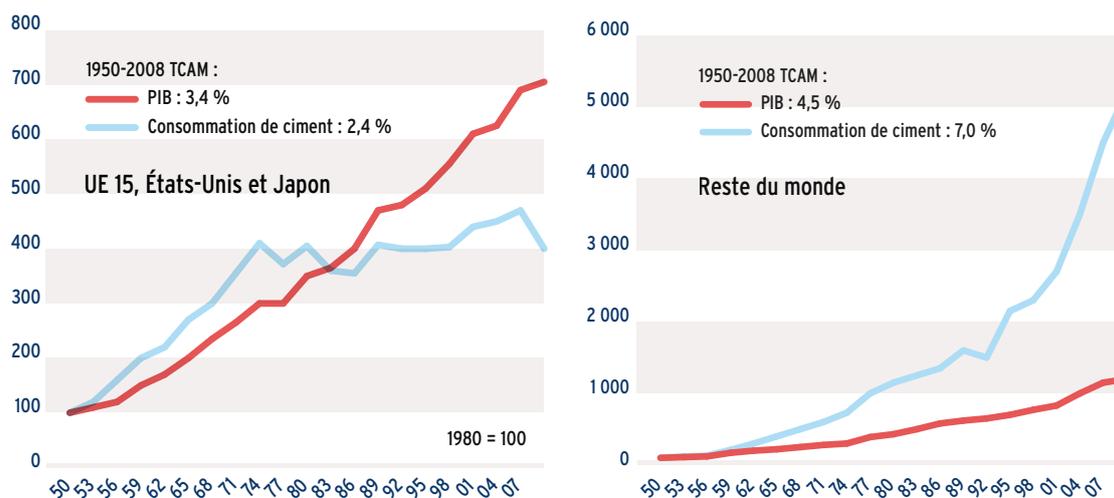
³ La pouzzolane est une roche siliceuse d'origine volcanique, formée de scories restées à l'état meuble et qui, mélangée à la chaux, entre dans la composition de certains ciments.

TABLEAU 1 : PRÊTS CONSENTIS PAR LA BEI AU SECTEUR CIMENTIER (2000-2010)

Année	Pays	Nom du projet		Coût (en millions d'euros)
2000	Bangladesh	Lafarge Suma Cement Plant	Construction d'une cimenterie près de Chhatak	247
2002	Bosnie-Herzégovine	Lukavac Cement Factory	Modernisation et nouvelle ligne de production à Lukavac, au nord de Sarajevo	75
2002	Algérie	Algerian Cement Company	Construction d'une cimenterie près de M'sila	284
2002	Tunisie	Cimenterie CAT	Modernisation et expansion de capacité d'une cimenterie près de Tunis	43
2003	Portugal	CIMPOR Cimentos Modernizaçao	Modernisation de trois cimenteries au Portugal	120
2004	Algérie	Algerian Cement Company	Expansion de capacité d'une cimenterie près de M'sila	157
2005	Nigeria	Dangote Cement	Construction d'une cimenterie	605
2006	Pakistan	DG Khan cement	Construction d'une cimenterie près de Chakwal	208
2008	Éthiopie	Derba Midroc Cement	Construction d'une cimenterie à 70 km d'Addis Abeba	251
2009	Turquie	CIMPOR Yibitas Ankara	Construction d'une ligne de clinker près d'Ankara	127
2009	Namibie	Ohorongo Cement	Construction d'une petite cimenterie près d'Addis Abeba	242
2009	Syrie	Syrian Cement Company	Construction d'une cimenterie près d'Alep	127
2009	Espagne	Cementos Molins	Modernisation d'une cimenterie près de Sant Vincenç	506
2010	Italie	Cementir Taranto	Modernisation d'une cimenterie près de Tarante	208

Source : BEI, 2011

FIGURE 1 : RELATION ENTRE LA CROISSANCE DU PIB ET LA CONSOMMATION DE CIMENT



Nota bene : TCAM signifie Taux de croissance annuel moyen
Source : Italcementi

sements plus coûteux, les institutions financières multilatérales, telles la BEI, peuvent jouer un rôle de catalyseur.

Pour la construction et l'équipement d'une cimenterie, la BEI a établi des critères de coût d'investissement, de délais de mise en œuvre et de fiabilité de fonctionnement qui garantissent l'efficacité de la conception, des approvisionnements et de la gestion du projet. Ces critères ont pu l'amener à financer des projets faisant appel à une technologie chinoise. Ce choix peut paraître contestable à double titre : d'une part, il ne promeut pas la technologie européenne et, d'autre part, certains matériels chinois intègrent des technologies occidentales copiées. Cependant, ces choix ont été, dans certains cas, favorables aux projets. Sans nuire à la qualité, la livraison d'équipements peu coûteux a permis par exemple d'améliorer la rentabilité d'un projet difficile en Éthiopie. La demande de ciment, principal matériau de construction, est étroitement liée au développement économique et social des pays. Les investissements dans la production cimentière locale stimulent la concurrence et sont souvent à l'origine de surplus, ce qui fait baisser les prix locaux et améliore la qualité des produits. Dans les pays en développement, où les capacités locales sont insuffisantes, de tels investissements peuvent conduire à libérer la demande, jusqu'alors "refoulée". Par exemple, des projets financés au Bangladesh, au Nigeria et en Éthiopie ont entraîné une forte baisse des prix du ciment (jusqu'à 30 %) et l'augmentation immédiate de la demande (jusqu'à 10 %). C'est pourquoi, outre les fondements financiers, ces externalités directes sont intégrées dans la rentabilité économique des projets.

Parallèlement, l'impact environnemental des

projets est pris en compte dans leur évaluation économique, le taux de rentabilité étant calculé à partir d'un prix théorique des émissions de gaz à effet de serre. Les prix théoriques du carbone actuellement appliqués par la BEI reposent sur un prix économique proposé en 2006 par le Stockholm Environment Institute à la BEI. Les valeurs recommandées partent de 25 euros/tCO₂ en 2010 et augmentent de 1 euro chaque année pour atteindre 45 euros/tCO₂ en 2030. Les prix théoriques des autres gaz à effet de serre sont basés sur leur facteur potentiel de réchauffement climatique (où CO₂ = 1), proposé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Les impacts sociaux d'un projet sont en outre systématiquement pris en compte : la réinstallation et l'indemnisation des précédents occupants du site, l'hygiène et la sécurité au travail et les échanges avec les populations locales font l'objet d'un suivi attentif.

Les projets de cimenteries en site vierge sur le territoire européen imposent une étude d'impact social et environnemental. La BEI applique ce niveau d'exigence à toutes ses opérations dans le monde et sur tous les aspects de l'unité de production. Cette exigence vise à sélectionner les meilleures techniques dans la conception des projets.

La BEI continue de soutenir l'industrie du ciment, même s'il s'agit d'un secteur énergivore qui produit beaucoup de dioxyde de carbone. Elle estime en effet que le rôle de ce secteur industriel est essentiel dans le développement économique d'un pays. Cependant, ses engagements financiers sont de plus en plus conditionnés - et même parfois remis en cause - par l'obligation de calculer l'empreinte environnementale, économique et sociale des projets. •

Réduire l'empreinte carbone du ciment

Le mode de production du ciment Portland génère d'importantes émissions de gaz à effet de serre. Mais des fours moins énergivores et la substitution de l'énergie fossile par des combustibles alternatifs réduisent les impacts environnementaux. Si le piégeage du carbone et les nouveaux ciments moins émetteurs de CO₂ sont encore en phase expérimental, l'ensemble de ces innovations peut donner naissance à une industrie cimentière plus propre.

Hendrik G. van Oss

U.S. Geological Survey

Le ciment hydraulique – principalement le ciment Portland ou les ciments comparables – est l'agent liant du béton et de la plupart des mortiers. C'est donc un élément clé du secteur de la construction dans le monde (van Oss et Padovani, 2002). Les ciments hydrauliques tirent leur résistance de l'hydratation des composés cimentaires ou minéraux (combinaison chimique à l'eau) dont ils sont formés. En 2009, la production mondiale de ciment, d'environ 3 gigatonnes (Gt), était suffisante pour fabriquer 24 Gt de béton, soit environ 3,5 tonnes par habitant. Le béton est ainsi le matériau le plus fabriqué dans le monde. La plupart des problèmes environnementaux liés à la production de ciment concerne la fabrication du clinker, et surtout les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), un important gaz à effet de serre (GES), qui en découle.

La fabrication du ciment Portland nécessite la transformation du calcaire et de diverses autres matières premières en clinker. Puis la substance obtenue est broyée très finement avec environ 5 % de sulfate de calcium et d'autres additifs. La composition du clinker ne varie pas beaucoup d'un bout à l'autre de la planète et la production se fait essentiellement dans des fours rotatifs qui font appel à la même technologie. Le procédé de fabrica-

tion du ciment et les problèmes environnementaux liés sont donc les mêmes partout.

CALCINATION ET CHAUFFAGE, DEUX OPÉRATIONS FORTEMENT ÉMISSIVES DE CO₂

Le clinker se compose principalement de quatre oxydes : environ 65 % d'oxyde de calcium ou chaux vive (CaO), 22 % de dioxyde de silicium (SiO₂), 6 % d'oxyde d'aluminium (Al₂O₃) et 3 % d'oxyde de fer (Fe₂O₃). Les 4 % restants sont composés de faibles quantités d'oxyde de magnésium (MgO) – en général moins de 2 % –, et d'alcalins divers. Dans le ciment Portland "classique", les principaux oxydes se combinent pour former quatre minéraux, réactifs à l'eau, constituants du clinker – silicate tricalcique ou "alite" (C₃S, généralement 50-55 %), silicate bicalcique ou "bélite" (C₂S, 19-24 %), aluminat tricalcique (C₃A, 6-10 %) et aluminoferrite tétracalcique (C₄AF, environ 7-11 %), auxquels on ajoute environ 5 % de gypse.

Pour que la fabrication du clinker soit possible, les matières premières doivent contenir une quantité abondante et peu coûteuse d'oxyde de calcium (C), fournie par le calcaire ou des roches similaires. Le calcaire est principalement composé de calcite, c'est-à-dire de carbonate de calcium (CaCO₃). Ce rôle important du calcaire est à l'origine de la plupart des problèmes environnementaux liés à la fabrication du ciment. En effet, le carbonate de calcium présent dans le mélange de matières premières est décomposé par la chaleur du four et libère son oxyde de calcium par une réaction appelée calcination. Le carbonate de calcium étant composé de 56 % de CaO et de 44 % de CO₂, la calcination libère une grande quantité de ce gaz à effet de serre. Si le carbonate de calcium est la seule source de CaO, il faudra calciner 1,16 tonne de CaCO₃

"La plupart des problèmes environnementaux liée à la production de ciment concerne la fabrication du clinker."

HENDRIK G. VAN OSS

Géologue et économiste, Hendrik van Oss travaille depuis 1996 pour le centre national d'information sur les minéraux de l'U.S. Geological Survey, où il est spécialiste des matières premières couvrant le ciment, le laitier de fonte et les produits dérivés de la combustion du charbon. De 1988 à 1995, il a été spécialiste pays au Bureau des mines américain après avoir travaillé dix ans dans le secteur de l'exploration minière (principalement aurifère) dans l'ouest des États-Unis.

pour obtenir 1 tonne de clinker à 65 % de CaO, et cette calcination libérera 0,51 tonne de CO₂. L'opération de calcination requiert par ailleurs une énergie considérable. La plupart des calcaires n'étant pas de la calcite pure, le ratio de masse du calcaire au clinker sera en fait plus proche de 1,5 que de 1,16 ; en ajoutant d'autres matériaux (comme l'argile ou le sable de silice), il faut environ 1,7 tonne de matière première brute pour produire 1 tonne de clinker. La calcination des matières premières est réalisée de 750°C à 1 000°C. La chaleur est produite par la combustion de combustibles fossiles, principalement du charbon et du coke de pétrole, qui libère elle aussi du CO₂. Une fois la calcination terminée, la formation de C₃S, de C₂S, de

“Les pays en développement sont généralement équipés de cimenteries plus modernes que de nombreux pays développés.”

C₃A, et de C₄AF ne requiert qu'un faible apport de chaleur supplémentaire, même si les réactions interviennent à des températures plus élevées (1 000-1 450°C).

Toutes opérations confondues, il faut environ 3,9 milliards de joules (GJ) de chaleur pour produire une tonne de clinker dans

un four en voie sèche, où les matières premières sont apportées à l'état sec. Cependant, des cimenteries plus anciennes utilisent des fours en voie humide, auxquels le mélange de matières premières est apporté sous forme de boue contenant environ 35 % à 40 % d'eau. Pour ces types de fours, l'évaporation de l'eau avant le préchauffage requiert un supplément de 1,6 GJ à 1,8 GJ par tonne de clinker.

DIFFÉRENTS TYPES DE FOUR POUR DES PERFORMANCES VARIABLES

Ces besoins en chaleur sont théoriques. Ils sont en réalité plus élevés du fait des déperditions de chaleur dues à l'équipement. Il est néanmoins possible d'économiser la chaleur, particulièrement en ce qui concerne l'air nécessaire à la combustion et au refroidissement du clinker. En effet, le clinker qui sort du four à très haute température doit être refroidi dans un dispositif spécial à une température de 100°C à 200°C avant d'être réduit en ciment. Cet air très chaud peut être réacheminé vers le brûleur du four ou servir à préchauffer les matières premières – ce qui économise les combustibles. La plupart des fours de construction récente sont des fours modernes

à préchauffage-précalcination. La majorité des installations récentes ont été construites dans des pays en développement, si bien que ces pays sont généralement équipés de cimenteries plus modernes que de nombreux pays développés. Cependant, en raison des modernisations en cours, la technologie installée des fours n'est pas la même partout.

L'abandon des fours en voie humide au profit de fours en voie sèche et la modernisation ou le remplacement des vieux fours en voie sèche par des technologies identiques mais plus modernes améliorent le rendement énergétique. Les données américaines en témoignent : en 2007, les fours en voie humide nécessitaient en moyenne 6,5 GJ par tonne de clinker ; les fours longs en voie sèche 5,3 GJ par tonne, tandis que les fours à préchauffage et les fours à préchauffage-précalcination consommaient respectivement 4,1 GJ par tonne et 3,6 GJ par tonne environ. Dans les fours préchauffés, le préchauffage n'est pas effectué dans le cylindre du four, mais dans un dispositif séparé, plus efficace. Le chauffage est alors réalisé à partir de l'air chaud résiduaire. Les fours à préchauffage et précalcination utilisent en outre un dispositif de calcination à alimentation séparée, qui est beaucoup plus efficace qu'un cylindre de four ; ce dernier est alors utilisé uniquement pour la dernière étape de la formation du clinker. En outre, les économies d'échelle sont réelles, les grandes cimenteries étant généralement plus économes en combustible. Enfin, il est possible dans la plupart des cimenteries de réaliser de petits gains de rendement énergétique en procédant à des améliorations ou à des réglages fins des systèmes en place – surtout en ce qui concerne l'électricité. Au final, les résultats cumulés peuvent être importants.

RÉDUCTION OU SUBSTITUTION DE COMBUSTIBLE

Les émissions de dioxyde de carbone résultant de l'utilisation des combustibles avoisinent généralement de 0,40 à 0,45 tonne de CO₂ pour une tonne de clinker. En ajoutant les émissions produites par la calcination, le total atteint de 0,91 à 0,96 tonne de CO₂. Mais il est possible d'utiliser des combustibles à faible teneur en carbone ou des sources non carbonées d'oxyde de calcium. Ainsi, certains ciments hydrauliques ont une teneur en clinker inférieure à celle du ciment Portland. Néanmoins, aux rythmes actuels, l'industrie mondiale du ciment émet environ de 2,2 Gt à 2,6 Gt de CO₂ par an.

Afin d'économiser le combustible, les cimenteries ont entrepris il y a déjà longtemps d'abaisser leur consommation unitaire d'énergie ►►►

REPÈRES

Créée en 1879, l'U.S. Geological Survey (USGS) est la plus importante agence scientifique du département américain de l'Intérieur. Elle réalise des études géologiques et environnementales sur le sol américain (mais aussi à l'étranger), concernant en particulier les ressources minières, les risques géologiques et les ressources hydriques. Elle mène par ailleurs une importante activité cartographique et topographique.

Le ciment, entre responsabilité écologique et impératifs économiques

►►► (par tonne de produit) en installant des technologies modernes. Les modernisations en cours s’inscrivent dans leur stratégie de réduction des émissions de CO₂ (U.S. Environmental Protection Agency, 2010). Les cimenteries peuvent également utiliser une grande variété de combustibles de substitution, y compris des déchets industriels (dont certains sont dangereux). Beaucoup de ces déchets ont une teneur en carbone inférieure à celle des combustibles traditionnels. Les protocoles de comptabilisation des émissions carbone autorisent des déductions au titre de l’utilisation de combustibles de substitution et de biocombustibles (par exemple, le caoutchouc naturel contenu dans les pneus usagés). Les modélisations du changement climatique considèrent généralement que les biocombustibles sont neutres en émissions de carbone. Les contraintes inhérentes à ce type de combustibles résident dans l’obtention de permis environnementaux (surtout pour les déchets dangereux) ; les quantités (qui doivent être suffisantes), le coût d’approvisionnement, de stockage et de mélange. Enfin, leur pouvoir calorifique et leur teneur en humidité sont plus variables que les combustibles traditionnels.

VERS UN CIMENT PLUS ÉCOLOGIQUE

D’autres pratiques peuvent participer également à la réduction des émissions. Outre les matériaux traditionnels comme le calcaire, les cimenteries peuvent utiliser de nombreuses matières premières de substitution. Les plus fréquentes sont des “déchets” industriels tels que les cendres de charbon issues de centrales électriques, le laitier de fer ou d’acier et les résidus industriels. Les scories et les cendres de charbon sont particulièrement intéressantes car elles ont souvent une composition similaire à celle du clinker. Néanmoins, le principal intérêt de ces matières premières de substitution (surtout du laitier de fer), c’est qu’elles peuvent être d’importantes sources non carbonées de CaO, ce qui diminue la consommation de calcaire et les émissions correspondantes de CO₂. La combustion de ces matières premières requiert une température plus basse, ce qui réduit la consommation de combustibles et les émissions de dioxyde de carbone.

Les contraintes pesant sur l’utilisation des matières premières de substitution ont trait à la disponibilité et aux coûts (surtout de transport), à la nécessité d’obtenir des permis environnementaux et à leur composition en oxydes. En tenant compte de ces limites, ces matières premières ont permis à l’ensemble de l’industrie cimentière américaine de réduire les quantités de CO₂ produites par la calcination, à hauteur d’environ 0,7 à 1,3 million de tonne par an

(soit de 2,4 % à 3 %). Ce pourcentage se situe dans une fourchette de 2 % à 10 % dans les cimenteries faisant appel à des matières premières de substitution. Il est plus difficile d’évaluer les réductions d’émissions liées aux combustibles, mais à technologie de four comparable, la consommation d’énergie des cimenteries qui utilisent des matières premières de substitution est généralement inférieure de 3 % à 30 % aux moyennes enregistrées dans l’industrie cimentière américaine.

Il est possible de réduire la teneur en clinker du ciment en incorporant des ajouts cimentaires comme les cendres volantes, le laitier de haut-fourneau granulé broyé, les fumées de silice, le métakaolin et les cendres volcaniques pouzzolaniques, pour fabriquer des ciments composés. Ces matériaux trouvent de nombreuses applications identiques à celles du ciment Portland dans la fabrication du béton. Ces ajouts cimentaires réduisent l’empreinte carbone de l’industrie cimentière, mais la plupart proviennent d’industries qui émettent elles aussi du CO₂. Les ajouts cimentaires développent leurs propriétés par réaction avec le CaO libéré au cours de l’hydratation du ciment Portland. Les producteurs de béton peuvent aussi incorporer directement des ajouts cimentaires au mélange de béton pour réduire la teneur en ciment Portland (et donc en clinker). Dans un cas comme dans l’autre, l’utilisation d’ajouts cimentaires améliore généralement la qualité du béton. La teneur type en ajouts cimentaires des ciments composés et les taux de substitution au ciment Portland dans le béton vont de 5 % à 50 % – mais ils peuvent être supérieurs dans certaines applications. Les contraintes d’utilisation des ajouts cimentaires portent principalement sur leur disponibilité et sur la réglementation.

La teneur du ciment en clinker peut être encore réduite, lorsque c’est autorisé, en incorporant des agents d’allongement ou de gonflement relativement inertes, comme par exemple le calcaire broyé, non calciné.

La quantité incorporée peut aller jusqu’à 20 %, mais elle est généralement inférieure à 10 %. Entre les agents d’allongement inertes et les ajouts cimentaires, la teneur en clinker du ciment hydraulique

est de l’ordre de 75 % à 80 % en moyenne, contre 95 % environ pour les ciments Portland classiques. Il faut noter aussi que si l’incorporation d’ajouts cimentaires ou d’autres agents d’allongement au ciment ou au béton ne réduit pas les émissions de CO₂ de l’industrie, elle réduit les émissions unitaires et permet ainsi de fabriquer davantage de matériau avec la même quantité de clinker.

“Les cimenteries peuvent utiliser une grande variété de combustibles de substitution.”

LE PIÉGEAGE DU CARBONE, AU STADE EXPÉRIMENTAL

Parce que ce sont d'importants émetteurs stationnaires de CO₂, les cimenteries sont considérées comme de bons candidats à la technologie de piégeage du carbone, surtout lorsque la teneur en dioxyde de carbone de la vapeur d'échappement peut être concentrée en remplaçant l'air par de l'oxygène pour la combustion. Un flux de CO₂ concentré diminue le volume de gaz à traiter et peut réduire la taille de l'unité de piégeage nécessaire, ainsi que la consommation de réactifs absorbants. Les méthodes de piégeage envisagées comprennent la production d'un flux gazeux ou liquide de CO₂ (qui peut être alors utilisé ailleurs ou injecté en sous-sol à titre permanent), l'absorption par un réactif (qu'il faut ensuite éliminer), et la formation d'un produit commercialisable comme le bicarbonate de soude.

Dans l'ensemble, les technologies de piégeage du carbone pour les cimenteries sont expé-

“Les nouveaux ciments coûtent plusieurs centaines de dollars de plus à la tonne que le ciment Portland.”

riementales et coûteuses. Pour certains systèmes envisagés, elles nécessitent des installations de taille comparable à celles de la cimenterie elle-même. Très peu d'installations utilisent ces technologies et de nombreuses cimenteries anciennes ou de petite taille n'ont sans doute pas les moyens de le faire. D'autre part, sauf exception, les unités de production sont situées à proximité de carrières de calcaire ; ces emplacements ne se prêtent pas nécessairement à la mise en place de conduites de transport du CO₂.

Les cimenteries pourraient peut-être consommer le carbonate de calcium formé par certaines nouvelles technologies de piégeage de CO₂ ou par ce qu'on appelle le cycle calcium, envisagé pour les centrales thermiques. L'utilisation de ce carbonate de calcium renverrait bien sûr le CO₂ dans l'atmosphère, mais elle réduirait au moins la nécessité pour la cimenterie de brûler son propre calcaire.

NOUVEAUX CIMENTS À MOYEN ET LONG TERME

Bien qu'ils soient fabriqués aujourd'hui en très petites quantités, les nouveaux ciments développés ces dernières années pourraient convenir à certaines applications. C'est le cas notamment des ciments géopolymères et de plusieurs liants à base d'oxyde de magnésium (MgO). Les avantages de ces ciments résident dans une fabrication moins gourmande en énergie et donc moins émettrice de CO₂. Les

liants à base de MgO ont l'avantage d'absorber le CO₂ présent dans l'air et peuvent donc présenter un bilan carbone neutre, voire négatif. Les liants à base de MgO acquièrent leur résistance par “carbonatation”.

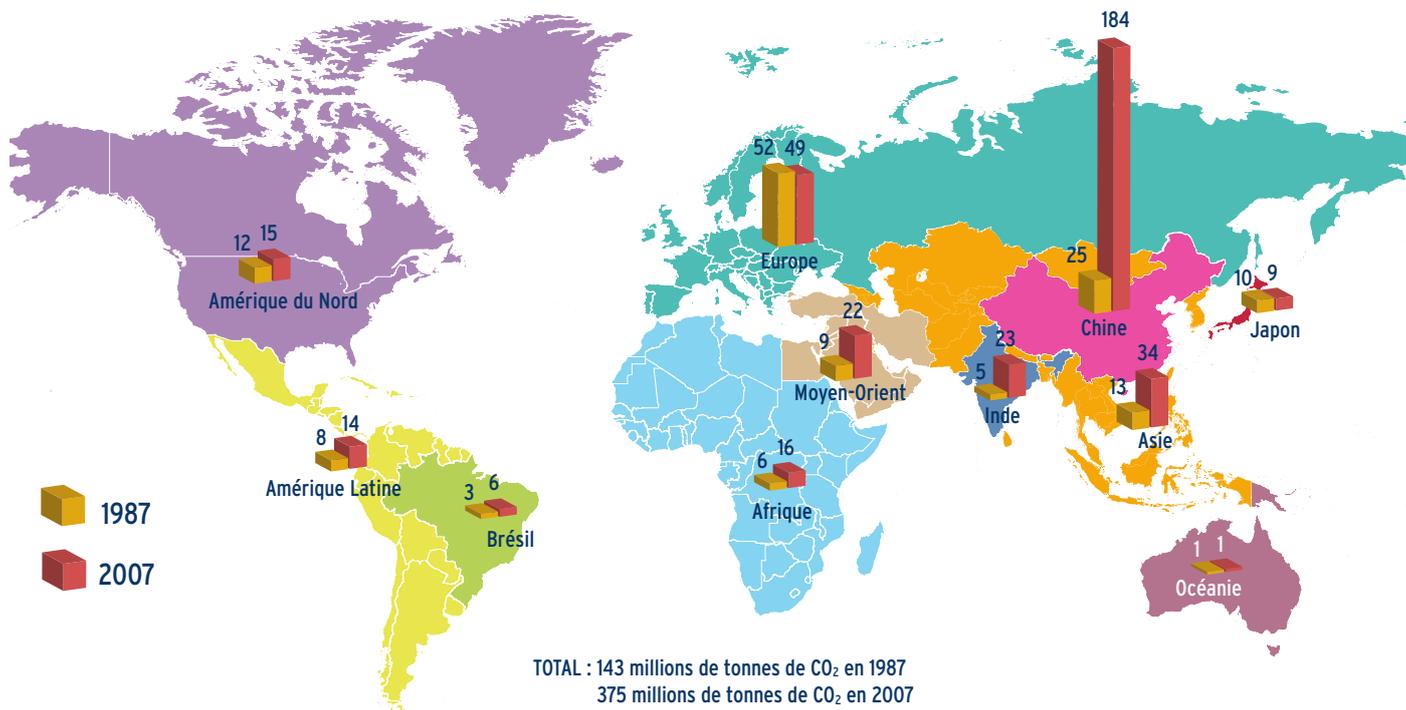
Mise à part les problèmes d'acceptation de nouveaux ciments dans les réglementations locales concernant la construction, l'utilisation généralisée de liants (CaO ou MgO) qui acquièrent leur résistance par carbonatation se heurte à certaines contraintes. La carbonatation exige une exposition prolongée à l'atmosphère et, bien qu'elle convienne à certaines applications de surface (telles que les stucs, les dalles minces et les blocs de petite taille), elle risque d'être trop lente en cas d'utilisation de gros volumes de béton. La perméabilité au CO₂ pourrait en effet être problématique. En outre, la faible disponibilité de matières premières de pureté suffisante pour la fabrication du liant MgO pourrait limiter une utilisation de masse.

Même lorsque ces nouveaux ciments auront une résistance, une durabilité et une applicabilité appropriées, il faudra en fabriquer chaque année des milliards de tonnes pour réduire sensiblement les émissions de dioxyde de carbone. Ils devront concurrencer une production bien installée de milliers d'unités de production de ciment Portland dans le monde – ce qui représentent des milliards de dollars d'investissements. D'autre part, ces nouveaux ciments coûtent plusieurs centaines de dollars de plus à la tonne que le ciment Portland. Le coût de ce dernier augmente néanmoins, surtout sous l'effet du renchérissement des combustibles et cette tendance semble appelée à se poursuivre à long terme. Si certains des nouveaux ciments pouvaient être fabriqués en grandes quantités, des économies d'échelle pourraient être réalisées et dans les trente à cinquante prochaines années, certains d'entre eux pourraient être compétitifs face au ciment Portland. Entretemps, on peut penser que de nombreuses cimenteries fabriquant du ciment Portland auront épuisé leurs réserves locales de calcaire, que leurs équipements devront être remplacés et que les coûts initiaux seront entièrement amortis. Le monde pourrait alors entrer dans l'ère “post-Portland”. ●

Le ciment, entre responsabilité écologique et impératifs économiques

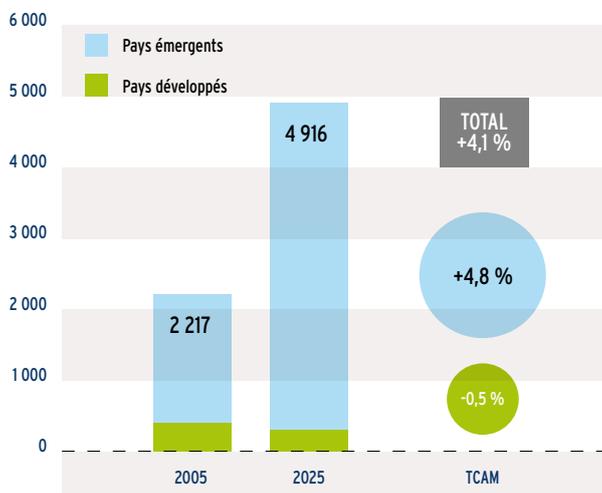
Tirée par la construction résidentielle, la consommation de ciment a fortement crû ces vingt dernières années dans les pays émergents. Cette dynamique, qui se traduit par une consommation par habitant en augmentation, devrait perdurer au cours des deux prochaines décennies. S'il accompagne le développement économique, le ciment contribue de façon significative aux émissions de CO₂ à travers son mode de production. Les efforts menés depuis les années 1990 devraient néanmoins permettre de réduire les émissions de CO₂ par tonne de ciment produite.

Émissions globales de CO₂ liées à la consommation d'énergies fossiles pour la production de ciment (en Mt)



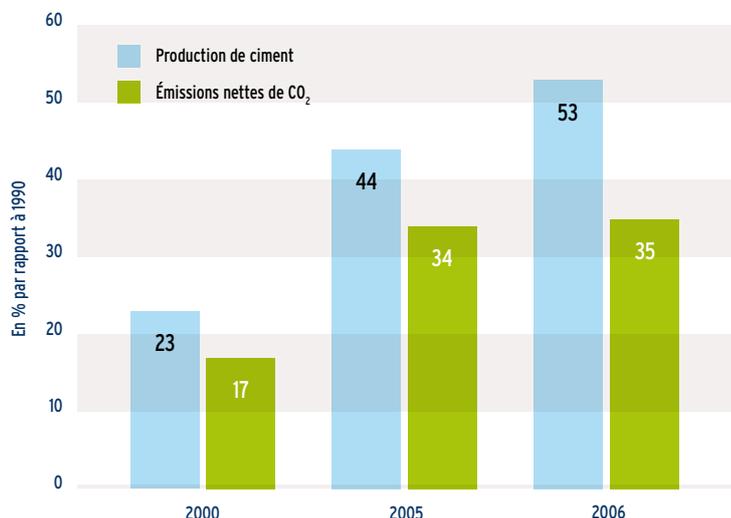
Source : Proparco - Secteur Privé & Développement, 2011

Consommation estimée de ciment dans le monde (en Mt)



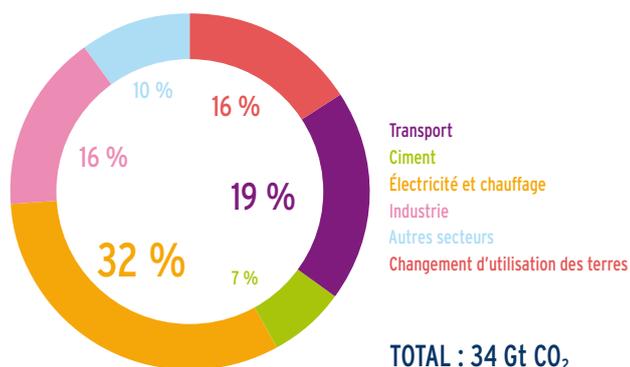
Nota bene : TCAM est le Taux de croissance annuel moyen
Source : Proparco - Secteur Privé & Développement, 2011

Évolution de la production de ciment et des émissions de CO₂



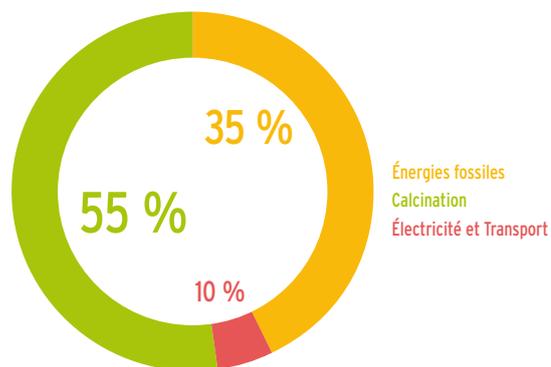
Nota bene : Ce graphique montre la décorrélation partielle entre la production de ciment et les émissions nettes de CO₂.
Source : World Business Council for Sustainable Development, 2009

Émissions mondiales de CO₂ par secteur en 2009 (Mt CO₂)



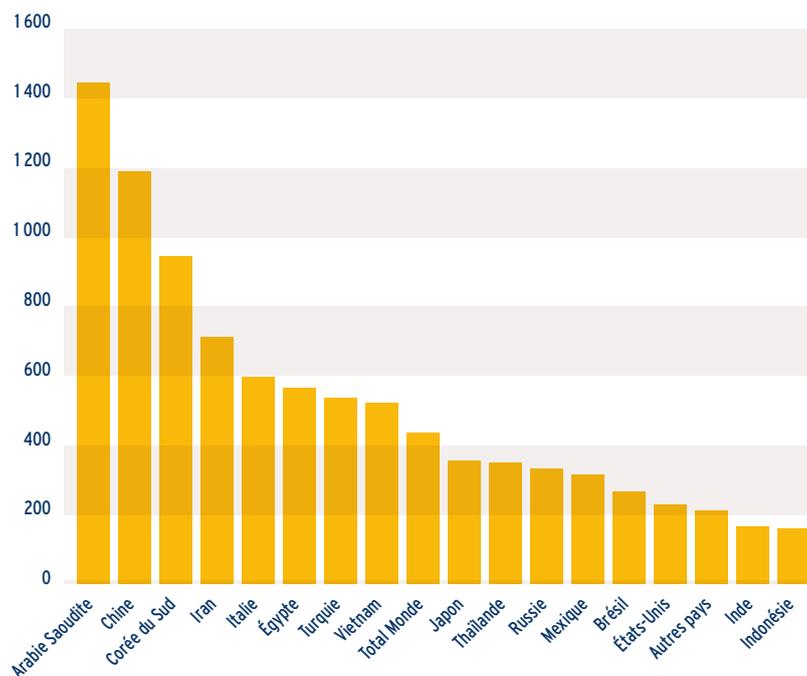
Nota bene : "Autres secteurs" comprend Autre consommation de carburants (9,76 %), Émissions de polluants atmosphériques (0,57 %) et Processus industriels (0,15 %)
 Source : Proparco - Secteur Privé & Développement, 2011, World Resources Institute

Émissions de CO₂ de l'industrie cimentière en 2005



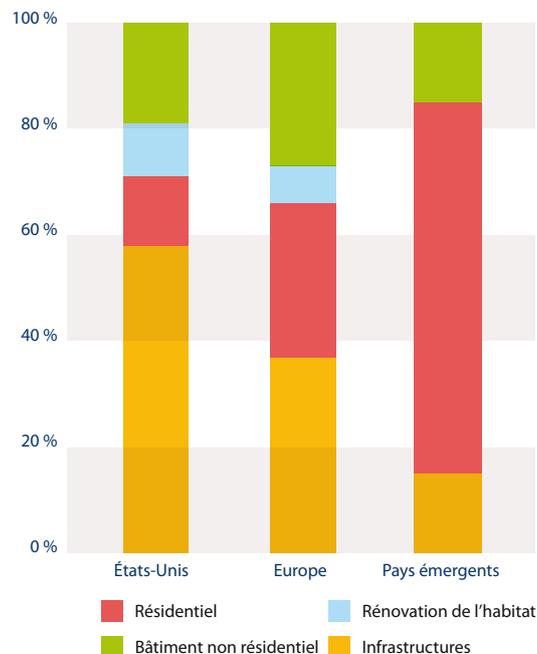
Source : SFI, WBCSD / CSI

Consommation de ciment par habitant en 2009 (en Kg)



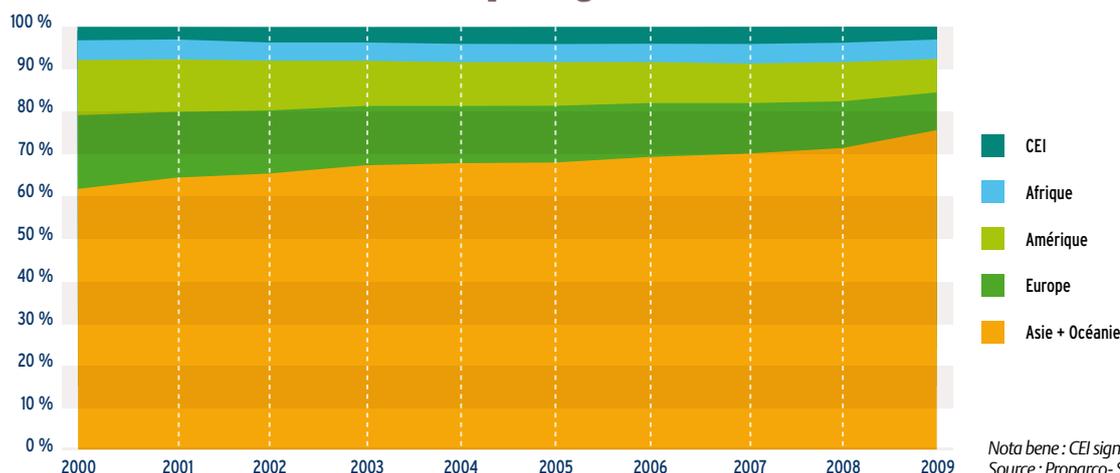
Source : Cembureau, International Cement Review, estimations SFI, Proparco - Secteur Privé & Développement, 2011

Répartition de la consommation de ciment par type d'activité



Source : Aurel BGC, Cembureau, PCA, Proparco - Secteur Privé & Développement, 2011

Production mondiale de ciment par région



Nota bene : CEI signifie Communauté des États indépendants
 Source : Proparco - Secteur Privé & Développement, 2011

Construire en terre, une autre voie pour loger la planète

Construire localement avec le matériau terre pourrait être une réponse aux besoins de construction de la population mondiale. Disponible en de nombreux endroits de la planète, la terre crue est en phase avec les grands enjeux contemporains : écologiques, culturels, sociaux et économiques. Ce matériau "prêt à construire" favorise le développement local en mettant en valeur la culture et les savoirs locaux tout en étant créateur d'emplois et de richesses. Une voie à reconsidérer sérieusement.

Romain Anger, Laetitia Fontaine, Thierry Joffroy et Eric Ruiz

CRATerre-ENSAG

Trois milliards d'êtres humains seraient mal logés à l'horizon 2050, selon l'ONU-Habitat, aussi bien dans les pays pauvres que riches (centre d'actualités de l'ONU, 2005). Pour répondre aux besoins, 4 000 logements de qualité devraient "sortir de terre" toutes les heures pendant les vingt-cinq prochaines années. La terre crue, matériau prêt à construire et disponible en de nombreux endroits de la planète, constitue une des alternatives les plus viables pour répondre à cette demande. De plus, compte tenu de l'importance du secteur de la construction dans toute économie, bâtir en terre doit être considéré comme un levier important pour le développement local, favorisant l'emploi et la création de richesse et ce, sans surconsommation d'énergie (Encadré 1). Il est donc urgent que la terre retrouve toute sa place dans la gamme des matériaux de construction des bâtisseurs contemporains.

"Plus de la moitié de la population mondiale vit dans une habitation en terre crue".

CONSTRUIRE AVEC CE QUE L'ON A SOUS LES PIEDS

La Grande Muraille de Chine est l'œuvre architecturale la plus importante jamais réalisée. Or, contrairement à l'idée ancrée dans l'imaginaire collectif, elle n'est pas entièrement construite en pierre. Sur des milliers de kilomètres, il s'agit d'un mur de terre crue. La règle qui a dicté le choix des matériaux est simple : construire avec ce que l'on a sous les pieds, en pierre sur la pierre, en terre sur la terre, et parfois même en sable sur le sable. Ce trait d'union entre la géologie et la pédologie¹ d'un lieu et son architecture est universel. Dans toutes les régions du monde, les hommes et les femmes exploitent les matériaux locaux pour construire leur habitat. Aujourd'hui, on estime que plus de la moitié de la population mondiale vit dans une habitation en terre crue, sur tous les continents et sous tous les climats (Anger et Fontaine, 2009). Cent trente-cinq des œuvres architecturales inscrites sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco, soit environ 15 %, sont construites en terre (Gandreau et Delboy, 2010) – Figure 1.

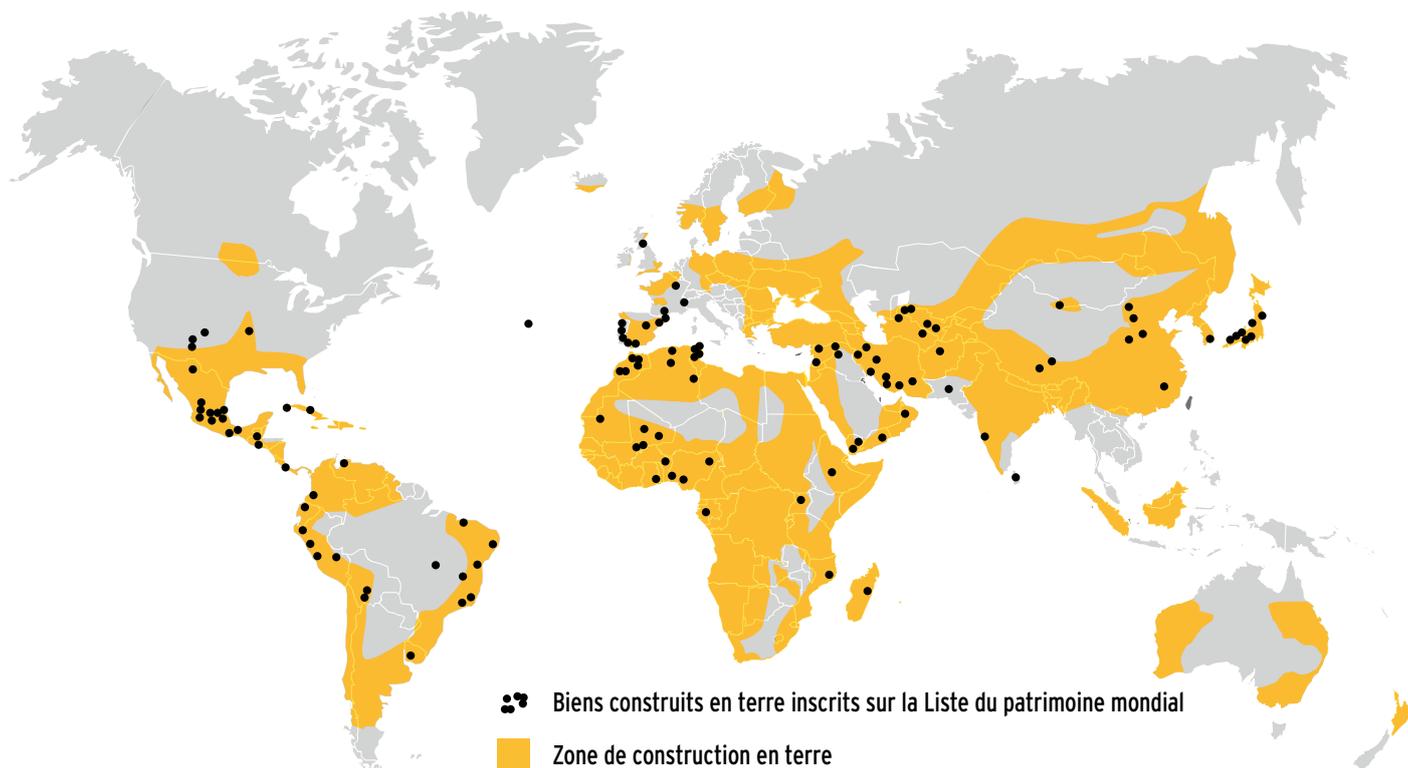
Encore plus qu'hier, la construction en terre propose de véritables pistes pour répondre aux défis énergétiques et climatiques. Autant d'atouts pour que cette architecture regagne dans les esprits la place qu'elle occupe dans la réalité. En effet, la science développe des outils théoriques essentiels pour mieux comprendre ce matériau : en éclairant d'un jour nouveau les savoirs des bâtisseurs traditionnels, la connaissance intime de la substance la plus commune devient porteuse d'innovations pour l'avenir (Anger et Fontaine, 2009).

ROMAIN ANGER, LAETITIA FONTAINE, THIERRY JOFFROY ET ERIC RUIZ

Ingénieurs spécialisés dans les matériaux de construction, Romain Anger et Laetitia Fontaine poursuivent l'enseignement et la recherche au laboratoire CRATerre-ENSAG. Coresponsables du thème de recherche, Matière / Matériaux, ils sont également coauteurs du livre *Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture* (Belin). Thierry Joffroy est architecte au laboratoire CRATerre-ENSAG. Responsable du thème Patrimoine du programme scientifique, il a réalisé plus de 250 missions d'études et de conseil dans plus de 40 pays. Eric Ruiz est architecte urbaniste et chercheur au laboratoire CRATerre-ENSAG. Il a participé à d'importants programmes de construction de logements sociaux, tant en maîtrise d'œuvre qu'en maîtrise d'ouvrage.

¹Branche de la géologie appliquée qui étudie les caractères chimiques, physiques et biologiques, l'évolution et la répartition des sols.

FIGURE 1 : ARCHITECTURE DE TERRE DANS LE MONDE



Source : Gandreau et Delboy, 2010

LA TERRE EST UN BÉTON D'ARGILE

Comment construire avec une matière qui, au premier abord, semble si fragile et sensible à l'eau ? Pour le comprendre, il faut observer sa constitution. La terre est un mélange de grains qui portent un nom différent en fonction de leur taille : cailloux pour les plus gros, les graviers, les sables, les silts et les argiles. Les cailloux, graviers, sables et silts, qui constituent le squelette granulaire de la terre, apportent une structure au matériau. Les argiles, mélangées à l'eau, agissent comme une colle. Elles sont donc le liant du matériau terre, tout comme le ciment est le liant du béton.

“Béton” est, en réalité, un terme générique. Il désigne un matériau de construction composite fabriqué à partir de granulats agglomérés par un liant. Ainsi la terre n'est qu'un béton parmi tant d'autres, mais naturel et prêt à l'emploi. La grande diversité des techniques de construc-

tion en terre (pisé, bauge, torchis, adobe...) est en partie liée à la grande diversité de composition du matériau. À partir de ces éléments, on obtient un matériau solide qui permet de construire des édifices pouvant atteindre jusqu'à 30 mètres de hauteur, comme dans la ville de Shibam² au Yémen. Correctement protégé de la pluie et des remontées capillaires, le matériau “terre” ne craint aucune altération chimique et ne brûle pas. Il a une durabilité exceptionnelle, comme en témoignent la Grande Muraille de Chine, certaines pyramides égyptiennes, chinoises ou péruviennes.

UN IMPACT ENVIRONNEMENTAL PROCHE DE ZÉRO

L'habitat est un enjeu écologique, géostratégique et politique de premier plan. Les bâtiments dépensent de l'énergie et émettent du CO₂ à toutes les étapes de leur édification, de leur utilisation, et enfin de leur destruction. Cela commence par la production des matériaux de construction : la fabrication du ciment, à elle seule, est à l'origine de 5 % des émissions de CO₂ mondiales. Vient ensuite le transport des matériaux et la construction proprement dite. Les besoins en chauffage et en climatisation représentent ►►

ENCADRÉ 1

IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET POIDS ÉCONOMIQUE : LE BÂTIMENT EN CHIFFRES

Le secteur du bâtiment représente actuellement entre 25 et 40 % de l'énergie consommée dans le monde, produit 30 à 40 % des déchets solides et contribue à hauteur de 30 à 40 % à l'émission des gaz à effet de serre. Dans le même temps, il emploie 111 millions de personnes à travers le monde (UN Department of Economic and Social Affairs, 2010), dont 75 % dans les pays en développement et 90 % dans des micro-entreprises.

² La ville de Shibam est inscrite au patrimoine mondial de l'humanité en tant que plus ancienne cité gratte-ciel de l'humanité (la plupart des immeubles datent du XVI^e siècle) : elle est entièrement construite en briques de terre crue moulées.

Le ciment, entre responsabilité écologique et impératifs économiques

►►► l'essentiel de la facture énergétique. Enfin, la phase de destruction, de stockage et de recyclage des matériaux achève le cycle d'une filière de production qui pose problème par son fort impact sur l'environnement.

La terre est une ressource naturelle souvent largement disponible. Quasiment toutes les terres minérales qui contiennent de l'argile peuvent servir à la construction (Guillaud et Houben, 2006). À toutes les étapes de son utilisation, elle ne nécessite que très peu d'énergie grise³. Accessible localement, la terre ne nécessite aucun transport, aucune transformation ou cuisson coûteuses en énergie. Son entretien et les réparations sont aisés. En fin de vie, le bâtiment est détruit et la terre peut être réutilisée ou bien retourner au sol dont elle provient. Elle est donc recyclable et ne génère pas de déchets. Son empreinte écologique proche de zéro représente un énorme avantage face au réchauffement climatique et à la nécessaire réduction de la consommation énergétique. La terre peut donc avantageusement remplacer les constructions en bétons de ciment dans de nombreux cas, tout particulièrement pour les habitations individuelles et de faible hauteur.

Lors de son utilisation, et grâce à ses propriétés de régulation thermique, la terre permet des économies substantielles de chauffage en hiver et de climatisation en été. Les murs en terre régulent les écarts de température entre la nuit et le jour, ce qui permet de conserver une température agréable et constante. Cela est dû à l'inertie thermique, favorisée par la densité importante du matériau terre.

En climat chaud, la terre confère naturellement fraîcheur et climatisation à l'habitat. Lorsque la température augmente, de l'eau liquide, condensée à la surface des argiles, s'évapore. Ainsi, le mur "transpire" pour rester frais, de la même manière que la sueur s'évapore pour aider le corps humain à conserver sa température constante.

Dans les régions froides et tempérées, la terre stocke et diffuse la chaleur transmise par les rayons du soleil. Associée à un matériau isolant, la paroi est optimale car elle associe des propriétés thermiques complémentaires : l'iso-

lant empêche la chaleur de sortir, l'inertie de la terre amortit les variations de température.

Enfin, grâce à leur capacité d'absorption et d'évaporation, les argiles régulent l'humidité de l'air, favorisant un climat intérieur sain : elles absorbent l'excès d'humidité et la restituent lorsque l'air est plus sec. Cette régulation hydrométrique naturelle n'existe pas pour le béton de ciment.

PRIVILÉGIER LE LOCAL À L'INTERNATIONAL

Selon l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), "le secteur du bâtiment a des incidences importantes sur la vie économique et sociale, mais aussi sur l'environnement naturel et le cadre bâti" (OCDE, 2003). Une approche locale permet de privilégier les filières courtes, peu énergivores, tout en valorisant les savoir-faire et la capacité de la main-d'œuvre locale à s'approprier les techniques.

Il s'agit donc de mettre à profit les "cultures constructives" (savoirs et savoir-faire) pour prendre en compte l'environnement local, la culture des habitants et leur histoire. En s'appuyant sur les potentiels et savoir-faire locaux, on peut valoriser une expérience, parfois millénaire, et lui garder toute sa place aux côtés des productions industrielles.

L'ambition est de produire une "architecture située", basée sur le développement économique et culturel local, par opposition à une conception, soit disant moderne, d'une "architecture internationale" (Fathy, 1999). Il est essentiel de privilégier la diversité locale à des solutions imposées de plus en plus globales.

Le bâtiment, dès lors qu'il se développe sur la base d'une politique planifiée, se glisse aisément dans les draps soyeux de solutions "clefs en main". Ces solutions, proposant l'efficacité, répondent à des cahiers des charges qui fixent des quantitatifs et des délais ambitieux. En créant un effet d'échelle, on attire les grands groupes industriels dont les procédés et les technologies peuvent effectivement apporter des solutions efficaces du point de vue des volumes de production. Mais trop souvent, ils apportent aussi des solutions architecturales peu adaptées des points de vue climatiques, sociaux et culturels.

Or, ces transferts de technologie sont dictés par les logiques propres des grands groupes industriels aux stratégies internationales. Dans des pays dont l'économie ne repose pas sur un tissu diversifié d'entreprises, ils peuvent être facteurs de déséquilibres.

ENCADRÉ 2

MAYOTTE : 500 ENTREPRISES PRODUISENT 20 000 LOGEMENTS.

Dans les années 1980, l'île française de Mayotte (150 000 habitants) a choisi de faire de la production de logements sociaux un vecteur de développement local. Structurant l'ensemble de la filière de production (de la fabrication des blocs de terre crue stabilisés au ciment dans de petites unités, jusqu'à la formation des artisans), ce sont plus de 20 000 logements qui ont été produits, permettant à un tissu de plus de 500 petites entreprises de se développer localement.

³ L'énergie grise correspond à la somme de toutes les énergies nécessaires à la production (extraction, transport et transformation des matières premières), à la fabrication, à la mise en œuvre, à l'utilisation (y compris l'entretien et les réparations) et enfin au recyclage des matériaux ou des produits.

LA TERRE, VECTEUR DE DÉVELOPPEMENT

Le besoin de développement et le souci d'efficacité peuvent pousser les pouvoirs publics des pays émergents à faire appel à des solutions importées. Si, cela peut s'avérer nécessaire pour les grandes infrastructures, c'est oublier que le bâtiment est une industrie qui peut aussi se structurer à l'échelle artisanale, générant des filières locales de production.

Disponible et souvent prête à l'emploi, la terre peut être utilisée sans recours à des procédés industriels complexes et coûteux. Pas besoin de fours énergivores, ni de carrières d'extraction nécessitant des engins d'une valeur totalement hors d'échelle au regard du revenu des habitants. Ce matériau repose aussi souvent sur des savoir-faire partagés par tous. Ses nombreuses et diverses possibilités techniques (murs massifs, briques, remplissage...) correspondent à des savoirs et des modes d'organisation conformes à ce que toute politique de développement recherche : le ferment sur lequel faire fructifier une économie valorisant au mieux les ressources matérielles et humaines locales.

Certains systèmes d'organisation sociale permettent de produire des constructions durables et confortables à des coûts extrêmement bas, pouvant aller jusqu'à moins de 25 % du coût des constructions conventionnelles⁴. D'utilisations rustiques à des solutions techniques plus élaborées, il y a là matière pour qu'un tissu entrepreneurial, en premier lieu artisanal, puisse se développer.

L'artisanat permet une grande flexibilité dans le choix des solutions techniques et la répartition des investissements. De plus, il place l'individu au centre du dispositif économique. Il est opportun de valoriser la capacité des entrepreneurs à s'engager dans un processus de développement dont la durabilité est d'autant plus assurée qu'elle repose sur son ancrage local et donc sur l'économie locale.

Le choix des matériaux locaux, notamment de la terre, et de modes de production reposant sur un réseau entrepreneurial local, n'est pas antinomique avec des objectifs quantitatifs ambitieux. Dès lors que l'ensemble de la filière bâtiment est pris en compte, son efficacité est redoutable.

Les exemples de Mayotte ou du Salvador ont d'ores et déjà fait la preuve de leur pertinence. Ils ont débouché sur la construction de plusieurs milliers de logements par de petites entreprises ou des tâcherons locaux (Encadré 2).

Ainsi, la fragilité générée par un nombre trop limité d'acteurs, à la taille parfois handicapante,

est fortement réduite. L'ancrage local de ce tissu d'entreprises, par nature flexible, le rend de fait durable et générateur de richesses.

JOUER SUR LA COMPLÉMENTARITÉ DES MATÉRIAUX

Face aux enjeux du logement, liés notamment à l'accroissement exponentiel de la population, en particulier dans les pays en développement, la terre est incontournable. Son coût, son adaptation aux évolutions économiques et culturelles en font un matériau complémentaire aux solutions industrielles plus lourdes. La résolution du problème du logement dans le monde ne se fera pas sur la prédilection d'un matériau unique. Ciment et terre sont intimement liés et complémentaires.

Ce cercle vertueux peut être plus lent à mettre en place – c'est là son principal handicap. En revanche, il est moins coûteux et présente infiniment plus de garanties dans sa capacité à s'inscrire durablement sur un territoire et à faire du bâtiment un vecteur majeur du développement.

Ce lien étroit entre un matériau disponible, une culture constructive et des savoir-faire locaux sur lesquels asseoir une technicité, et enfin la richesse locale qui peut être générée, font de la terre une solution cohérente de développement local. C'est une solide alternative à des solutions industrielles lourdes. Leur recours trop systématique fait oublier que la technologie est la sociologie de la technique, c'est-à-dire la capacité à s'emparer des savoir-faire et des ressources locales pour en faire des modes de production, donc de l'économie locale. Toutefois, il reste important de reconnaître les complémentarités et l'intelligence de solutions mixtes qui permettent de bénéficier au mieux des qualités intrinsèques de matériaux de différentes natures. ●

“La résolution du problème du logement ne se fera pas sur un matériau unique”.

⁴ Pour exemple, en 2010, le programme de reconstruction post-inondation à Bandiagara au Mali financé par la Fondation Abbé Pierre et Misereor a été réalisé à 40 euros le m² alors que les programmes d'habitat social “classiques” sont exécutés à plus de 160 euros le m².

REPÈRES

Créé en 1979, CRATerre-ENSAG est labellisé laboratoire de recherche en 1986, sous tutelle de la direction de l'architecture et du patrimoine du ministère de la Culture et de la Communication. L'équipe de 25 personnes collabore avec le Centre du patrimoine mondial de l'Unesco, UNHabitat, des Organisations non gouvernementales internationales d'aide au développement (Caritas, Croix-Rouge, Misereor...), mais aussi sur des actions de développement soutenues par l'Union européenne.

Une industrie cimentière aux effets positifs

L'urbanisation croissante génère des besoins en ciment toujours plus importants. Pour répondre à cette demande, limiter son empreinte carbone et participer au développement des territoires où elle est implantée, l'industrie cimentière dispose de quelques atouts. Peu coûteux, adaptable et plébiscité, le ciment peut être fabriqué en améliorant son impact environnemental. Le secteur génère en outre de nombreux emplois, favorise l'éducation et le niveau de santé des populations locales.

Pierre-Olivier Boyer

Directeur des relations humaines, groupe Vicat

Croissance économique des pays émergents, exode rural et dynamisme démographique : la planète connaît un développement urbain sans précédent. Comme le pressent Lewis Mumford dès 1961¹, la planète devient ville. En 2008, pour la première fois dans l'histoire de l'Humanité, la population vivant dans des zones urbaines devient plus nombreuse que celle des zones rurales. Désormais, plus de 3,3 milliards de

personnes habitent en ville. Le taux d'urbanisation continue à croître d'année en année ; il devrait atteindre 59,7 % en 2030 et 69,6 % en 2050, selon les prévisions de l'Organisation des Nations unies (ONU, 2008). Cette croissance urbaine est particulièrement forte en Asie et en Afrique. La population urbaine africaine devrait passer de 373 millions de personnes aujourd'hui à 1,2 milliard en 2050. C'est dans ces régions que les besoins - présents et à venir - en matière d'infrastructures et de logements sont les plus importants. En mars 2011, les nouvelles autorités égyptiennes ont ainsi annoncé la construction d'un million de logements sociaux sur cinq ans, à la fois pour répondre aux besoins des populations défavorisées et pour soutenir le secteur de la construction, fortement créateur d'emplois. La crise économique et finan-

cière n'a pas ralenti la consommation mondiale de ciment. De 2 830 millions de tonnes en 2008, elle est passée à 2 998 millions en 2009 et à 3 294 millions en 2010 (International Cement Review, 2011). Près de 80 % du ciment a été utilisé dans les pays en développement. L'industrie cimentière y a fortement augmenté ses capacités de production pour satisfaire cette demande et pour accompagner l'urbanisation.

Néanmoins, une approche purement quantitative ne suffit plus aujourd'hui pour réussir sur ces marchés. À l'heure du développement durable, alors que les Objectifs du Millénaire pour le Développement sont réaffirmés en septembre 2010 au sommet de l'ONU à New-York, l'industrie cimentière doit se penser en partenaire des territoires où elle est implantée. À sa manière, elle s'investit pour relever le défi de l'urbanisation, en privilégiant deux approches. La première concerne les qualités intrinsèques du matériau cimentaire qui, compte tenu des derniers développements techniques en la matière, peut mieux répondre aux enjeux de la ville durable dans les pays émergents. La seconde approche cherche à favoriser les impacts positifs de l'industrie cimentière sur le développement économique, social et environnemental des territoires où elle est présente.

UNE VALEUR SÛRE

Le succès du ciment dans les pays en développement n'est pas nouveau. Ce qui a été vrai dès la fin du XIX^e siècle pour les pays aujourd'hui développés l'est actuellement dans les pays en développement. Le ciment permet en effet de construire "en dur", à des prix abordables et pour le plus grand nombre.

¹ L'historien américain, spécialiste de l'urbanisme, publie cette année-là un de ses ouvrages les plus importants : *The City in History*.



PIERRE-OLIVIER BOYER

Pierre-Olivier Boyer est diplômé de l'École du commissariat de la marine ; il est aussi titulaire d'une maîtrise de sciences économiques. Il a rejoint le groupe Vicat en 2001 où il occupe la fonction de directeur des relations humaines. Depuis 2007, il est également président du "Pôle innovations constructives" en Rhône-Alpes - un pôle d'excellence qui rassemble des acteurs publics et privés de la filière de la construction et qui promeut la diffusion des innovations dans ce secteur.

Il est devenu incontournable pour transporter et assainir l'eau, pour l'aménagement de la voirie et des espaces urbains ; il est essentiel pour les transports collectifs nécessitant de grandes infrastructures (lignes ferroviaires, tramways, canaux, etc.). La route en béton que le groupe Vicat va prochainement tester au Sénégal paraît bien adaptée aux zones très chaudes, où il est difficile d'envisager des opérations de maintenance régulières. D'après les tests réalisés en Amérique du Nord, cette route présentera également l'avantage de réduire d'environ 4 % les consommations des véhicules – et notamment des poids lourds – qui l'utilisent (Maillard et Smith, 2007).

Dans le domaine de la construction de logements, le ciment est demandé aussi bien par les professionnels du bâtiment que par les particuliers, très souvent auto-constructeurs. Si la récolte a été bonne au Sénégal, par exemple, la première préoccupation du paysan sera de construire "en dur", en utilisant du ciment. L'habitant des villes agira de même, dès qu'il en aura les moyens (Encadré).

L'usage du ciment s'inscrit dans le long terme ; il bénéficie d'une image positive que n'a pas, par exemple, le matériau terre au Sénégal. Densifier la construction permettra en partie de régler les problèmes de l'étalement urbain observé dans les grandes mégapoles émergentes ; cela suppose de construire en hauteur, donc dans la plupart des cas, en béton et de pousser vers une approche collective de la construction immobilière.

MATÉRIAU INNOVANT POUR VILLE DURABLE

La dimension "durable" du ciment est plus récente. Elle est liée aux débats contemporains sur la notion de "ville durable" – une ville qui, pour le moins, doit limiter son empreinte écologique. Par la nature même de son processus de production (la décarbonatation du calcaire), le ciment est fortement émetteur de CO₂. Néanmoins, son empreinte carbone doit être mesurée lorsque le ciment est utilisé sous la forme de béton

(mélange de ciment, de granulats et d'eau) qui est son usage normal. L'empreinte carbone du béton est alors parfaitement compétitive, en comparaison d'autres matériaux, comme le montre le guide méthodologique *Bilan carbone® appliqué au bâtiment* publié par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie et par le Centre scientifique et technique du bâtiment. Il contribue par ailleurs à l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments. En France, les dernières innovations en matière de construction en béton permettent désormais de respecter les normes "bâtiment basse consommation" (BBC). Elles pourraient constituer une solution transposable dans les pays en développement, où une des principales préoccupations est le coût énergétique de la climatisation. L'inertie propre au béton, constatée empiriquement, peut permettre d'obtenir dans les pays chauds des résultats très intéressants. Enfin, produire le ciment localement diminue encore son empreinte carbone en supprimant les émissions de dioxyde de carbone liées au transport.

Le ciment contribue par ailleurs à répondre aux enjeux de la construction durable lorsqu'il est correctement fabriqué ; l'utilisation de nouvelles technologies de fabrication, au cours de ces vingt dernières années, permet de réduire son empreinte carbone. Les fours à voie sèche ont ainsi remplacé ceux à voie humide et semi-humide², permettant de réduire la consommation énergétique de 40 % et les émissions de dioxyde de carbone de 20 %. Pour alimenter ses fours, le groupe Vicat utilise par ailleurs des combustibles alternatifs, moins émetteurs de CO₂. Des expériences de culture de jatropha³ ont ainsi été menées au Sénégal. La noix de cet arbuste produit un agrocombustible qui peut se substituer aux importations de charbon. De plus, cette plante ne nécessite pas l'usage de terrains agricoles et donne du travail à une main d'œuvre paysanne riveraine de la cimenterie. Le projet déposé par le groupe Vicat auprès de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques vise une production de 70 000 tonnes de noix par an sur 11 000 hectares. Cette production pourrait se substituer à 56 000 tonnes de charbon importé. Elle devrait en outre créer 2 600 emplois.

L'usage de combustibles de substitution, ►►►

"La crise économique et financière n'a pas ralenti la consommation mondiale de ciment."

LE MARCHÉ DU CIMENT AU SÉNÉGAL

Au Sénégal, 95 % du ciment vendu est consommé en sac et 5 % en vrac (grandes entreprises du bâtiment), d'après les estimations du groupe Vicat. La distribution en sac se fait principalement par l'intermédiaire de "grossistes" nationaux ou régionaux qui fournissent un réseau de petits magasins, quincailleries et marchands de peintures. Le ciment est considéré comme un produit de première nécessité et les grossistes qui le distribuent sont aussi ceux qui commercialisent le riz et le sucre. La marque est très importante pour le client final : elle est pour lui un gage de qualité et de sécurité. Les zones de consommation les plus importantes sont les zones urbaines de Dakar, de Touba et de Sally-Thiès – qui représenteraient environ 65 % du marché sénégalais.

² Voir à ce sujet l'article de Hendrik G. van Oss, p.12 de ce numéro de Secteur Privé & Développement.

³ *Jatropha curcas* (ou *Curcas curcas*) est une espèce d'arbustede la famille des Euphorbiaceae, originaire du Brésil.

Le ciment, entre responsabilité écologique et impératifs économiques

►►► issus des déchets produits par l'homme, est une autre piste à explorer. Au Sénégal, la Sococim Industries, filiale du groupe Vicat, a ainsi noué un partenariat avec une nouvelle décharge pour y installer un centre de tri qui doit permettre de collecter 22 000 tonnes de déchets plastiques pour les transformer en combustibles. Ils viendront s'ajouter aux coques d'arachides déjà valorisées dans les fours de la cimenterie. Ces solutions viennent compléter les autres dispositifs d'élimination des déchets, encore peu développés dans les zones urbaines des pays émergents.

Enfin, les carrières de calcaire ou d'argile – qui se trouvent très souvent, du fait de l'urbanisation galopante, intégrées dans le tissu urbain – sont replantées en arbres et deviennent des espaces verts au cœur des villes. C'est le cas à Konya, en Turquie, au cœur du plateau anatolien.

ACTEUR DU DÉVELOPPEMENT

Une cimenterie peut être un puissant facteur de développement économique et social, à condition qu'elle prenne en compte ces objectifs dès sa conception et que ses propriétaires soient conscients de leur responsabilité sociale. L'industrie cimentière s'inscrit dans le long terme, car les capitaux investis dans l'outil de production sont très importants. Ainsi, une cimenterie neuve d'une capacité de 1,5 millions de tonnes implantée dans un pays émergent peut coûter 250 millions de dollars, voire beaucoup plus.

À l'image de ce qu'elle fait dans les pays développés, l'industrie cimentière accompagne la création et le développement d'entreprises locales, génératrices d'emplois. C'est dans cet esprit qu'à été créé tout récemment la Fondation Sococim au Sénégal : créer et développer des TPE⁴. Il est par ailleurs admis dans les pays développés qu'un emploi en cimenterie crée dix fois plus d'emplois indirects dans les filières économiques amont et aval. Dans les pays en développement, ce chiffre pourrait être quatre ou cinq fois supérieur. Les activités ainsi favorisées localement ne concernent pas que les services ;

elles relèvent aussi de domaines techniques, comme la chaudronnerie, l'électromécanique et les automatismes. Elles permettent de développer des compétences et des savoir-faire utiles à l'implantation d'autres industries et participent ainsi au développement général du territoire. Cet effet d'entraînement est loin d'être négligeable.

L'industrie cimentière est par ailleurs un puissant vecteur de progrès social. Elle offre des emplois variés, pour toutes les qualifications. Très souvent, elle participe localement à l'effort d'éducation de ses collaborateurs ou de ses futurs employés, en accompagnant le développement d'écoles ou d'établissements d'enseignement supérieur. À Rufisque, le groupe Vicat soutient la première médiathèque privée du Sénégal ; en Égypte, il attribue des bourses aux étudiants inscrits à l'université

d'El-Arish, située à proximité de sa cimenterie de Sinai Cement Company. Des programmes similaires sont en cours de mise en œuvre au Kazakhstan et en Inde. Enfin, toute entreprise responsable est particulièrement attentive à la santé de ses employés. Lorsque la situation l'exige, des dispensaires pour soigner les collaborateurs ou leurs familles sont ouverts.

Pour favoriser ces effets positifs en matière de développement, il faut veiller, et c'est de la responsabilité des pouvoirs publics, à ne pas générer des surcapacités de production sur un territoire donné. Une concurrence exacerbée provoquerait en effet à court terme une pression sur les emplois, les salaires et les fournisseurs. Elle provoquerait également le développement des exportations, donc une empreinte carbone plus importante due au transport, alors que le ciment est un matériau au faible rapport valeur/poids. De plus, à moyen terme, les établissements qui n'équilibreraient plus leurs comptes seraient condamnés à la fermeture et décourageraient l'investisseur privé.

Construction durable, emplois, éducation, santé : l'impact de l'industrie cimentière sur le développement des pays où elle est implantée ne se limite donc pas à la simple production de matériaux de constructions – par ailleurs indispensable. C'est là sa force et sa légitimité à être présente sur ces marchés. ●

“Correctement fabriqué, le ciment peut contribuer à répondre aux enjeux de la construction durable.”

REPÈRES

Le groupe Vicat emploie plus de 7 200 personnes et a réalisé un chiffre d'affaires consolidé de plus de 2 milliards d'euros en 2010. Présent dans onze pays – France, Suisse, Italie, États-Unis, Turquie, Égypte, Sénégal, Mali, Mauritanie, Kazakhstan et Inde – le Groupe a réalisé près de 59 % de son chiffre d'affaires à l'international. Créé en 1853, il est spécialisé aujourd'hui dans les métiers du ciment, du béton prêt à l'emploi et des granulats.

⁴ Les statuts de la Fondation Sococim Industries ont été publiés au journal officiel de la République du Sénégal daté du 29 janvier 2011.

Contenir l'empreinte carbone et favoriser le développement

Levier d'expansion économique dans les pays en développement, l'industrie cimentière est fortement émettrice de CO₂. Quelle attitude doivent adopter les institutions financières de développement pour limiter l'empreinte carbone tout en stimulant l'économie ?

S'appuyer sur le Mécanisme de développement propre issu des accords de Kyoto est une piste.

Guillaume Mortelier et Denis Sireyjol

Proparco

L'industrie cimentière locale a un impact positif sur le développement d'un pays, mais émet d'importantes quantités de CO₂. L'un des objectifs principaux des institutions financières de développement (IFD) étant de lutter contre le réchauffement climatique, en particulier en contribuant à la réduction des émissions de CO₂ au niveau mondial, les IFD s'interrogent sur l'opportunité de soutenir ce secteur. Il s'agit ainsi de mettre en balance d'un côté le développement local de l'emploi, des revenus, de la qualité de l'habitat et, de l'autre, l'émission globale de gaz à effet de serre.

Cette comparaison est particulièrement nécessaire dans le contexte de forte croissance économique et démographique des pays en développement, qui augmente les besoins en logements et en infrastructures.

À l'échelle d'un pays, la croissance économique et la demande de ciment sont fortement corrélées. Dans les pays les plus riches, qui pour la plupart ne connaissent plus d'expansion démographique, la demande en ciment se concentre

sur la réhabilitation de l'existant. On observe ainsi qu'à partir d'un niveau de développement correspondant à un PIB par habitant supérieur à 25 000 dollars par an, la consommation de ciment décroît pour tomber à 200 kg par an, par habitant (Figure 1).

La figure 1 montre surtout que les pays plus pauvres vont, au rythme de leur développement, augmenter fortement leur consommation de ciment et potentiellement atteindre des niveaux très élevés (jusqu'à 1 000 kg/habitant/an), comme la Chine aujourd'hui. Les chiffres présentés par l'Afrique subsaharienne sont encore très faibles – 70 kg/habitant/an contre 340 kg en moyenne à l'échelle mondiale (Lafarge, 2011). En revanche, avec une population urbaine qui va augmenter d'au moins un milliard dans les cinquante prochaines années et la croissance attendue, elle devrait compter parmi les grands consommateurs de ciment de demain. Plus globalement, la part des pays en développement dans la consommation globale de ciment, de 80 % aujourd'hui, devrait dépasser 90 % en 2025 (SP&D, 2011).

“À eux seuls, les pays en développement représentent déjà plus de 80 % des émissions de CO₂ du secteur cimentier.”

GUILLAUME MORTELIER

Guillaume Mortelier est ingénieur, diplômé de l'École polytechnique et de l'École nationale des ponts et chaussées. En 2008, après cinq ans d'expérience en conseil en stratégie (Bain et Compagnie) et en capital investissement (Astorg Partners), il rejoint Proparco où il réalise des investissements en fonds propres, notamment dans le secteur industriel. Guillaume Mortelier supervise par ailleurs les études de l'Institut de prospective économique du monde méditerranéen.

DENIS SIREYJOL

Diplômé de l'ESSEC, de l'ENSEEIHT et titulaire d'un master en intelligence artificielle, et après deux années comme chargé d'affaires pour la banque Allied Irish Banks, Denis Sireyjol prend en charge le financement du secteur privé à Madagascar pour l'Agence française de développement en 2007. Il rejoint Proparco en 2009 comme chargé d'affaires pour travailler sur les secteurs de l'agro-industrie, de la construction, des services et du tourisme.

UNE ÉTAPE CLÉ DU DÉVELOPPEMENT

Au-delà des besoins en ciment inhérents à la croissance économique des pays en développement, une industrie cimentière locale constitue, par ses effets induits, une étape importante de leur expansion économique. Elle peut, par exemple, amener à l'augmentation des capacités nationales de production d'électricité pour répondre aux besoins très importants des cimenteries. Elle soutient aussi la construction d'infrastructures publiques (routes, aéroports) ou encore la formation de techniciens.

Enfin, les emplois indirects contractés sur une cimenterie sont nombreux. On considère ainsi un facteur multiplicateur supérieur à 10 entre les emplois directs d'une cimenterie (200 à 400 employés pour une cimenterie moyenne) et ceux indirects.



TABLEAU 1 : COÛTS ASSOCIÉS À LA MISE EN ŒUVRE DE PROJETS DE MDP DANS LE SECTEUR CIMENTIER

Type de technologies	Opportunités	Coûts associés à la réduction des émissions
Récupération de chaleur (cogénération)	Intéressant particulièrement dans un contexte où l'énergie est chère et l'offre insuffisante 1 MW permet une réduction de 5 000 tonnes de CO ₂ par an	De 15 à 50 dollars par tonne de CO ₂
Utilisation de combustibles	Utilisation de biomasse, déchets industriels ou cendres volantes	Option 1 : (résidus de biomasse) : 4 dollars/t CO ₂
		Option 2 : (plantations de biomasse) : 12 dollars/t CO ₂
Modification du mix produit (réduction de la part clinker)	1 tonne de Pozzolane Portland Cement permet de réduire les émissions brutes de 20 %	De 4,3 à 6,2 dollars/t CO ₂
	1 tonne de Portland Slag Cement permet de réduire les émissions brutes de 45 %	
Efficacité énergétique	Réduit directement ou indirectement la consommation de combustibles fossiles	24 dollars/t CO ₂ (tour préchauffage)

Source : Gonnet, 2010

À l'inverse, l'Inde par exemple, en comptait près de 98 % en 2008 (World Bank/CF Assist, 2009).

LE MDP, UN CADRE APPROPRIÉ ?

L'amélioration de l'empreinte CO₂ d'une cimenterie peut se faire dans le cadre du Mécanisme de développement propre (MDP), introduit par les accords de Kyoto. Il prévoit notamment la transmission de certificats pouvant être vendus à des pays développés qui les utiliseront pour atteindre leurs objectifs de réduction d'émissions.

Les projets cimentiers peuvent y prétendre dans trois cas de figure : la substitution partielle des énergies fossiles par des combustibles alternatifs, l'augmentation de la part des composants autres que le clinker² dans le ciment, ainsi que l'utilisation de la cogénération pour la production d'électricité. Ces technologies permettant de limiter l'émission de CO₂ présentent néanmoins un coût élevé (Tableau 1).

Cette contrainte de coûts est telle que seulement 4 % des projets MDP dans le secteur cimentier sont approuvés, soit 52 sur un total de 1 300 (World Bank/ CF Assist, 2009). La plupart d'entre eux se situent en Chine et en Inde avec respectivement 25 et 17 projets. L'Afrique n'a obtenu qu'un seul agrément pour un projet d'approvisionnement en électricité par des fermes éoliennes au Maroc. Quelques-uns sont en cours de certification comme des remplacements du combustible fuel par de la biomasse en Égypte et par le jatropha au Sénégal³. Les projets biomasse ne manquent pas en Afrique, mais la certification MDP est rarement sollicitée. Les principaux obstacles sont les forts coûts de transaction dans le développement des projets, un environnement des affaires difficile, le faible accès aux

financements dans un contexte où les retours sur investissements des projets MDP sont plus longs que ceux d'une cimenterie. Rajoutons la faible connaissance de ce mécanisme de la part des intermédiaires financiers et des consultants et enfin, le faible soutien des autorités locales (pas d'autorité MDP désignée, ni de formations mises en place). De fait, beaucoup d'entrepreneurs, dans un contexte de forte croissance de la demande, ne se préoccupent pas des questions contraignantes d'émission carbone.

ACCOMPAGNER LES CIMENTIERS

Pour réduire les émissions de CO₂, il est pertinent d'intervenir dans les pays en développement, principaux producteurs et consommateurs de ciment sur les prochaines décennies. Cela implique d'agir sur les nouvelles cimenteries, mais aussi sur les existantes, à travers des plans de mise à niveau, en imposant les meilleurs standards de production, tant au niveau de l'efficacité énergétique que du respect de ratios clinker/ciment optimaux.

Le sujet du réchauffement climatique étant au cœur des préoccupations des IFD, celles-ci doivent, au-delà du simple apport de financement, initier un dialogue avec les cimentiers sur la question de l'empreinte carbone. Les IFD sont un vecteur de diffusion du potentiel du MDP en Afrique. Celui-ci devra être systématiquement envisagé pour les projets qu'elles financent, à travers un accompagnement sous forme d'assistance technique, en particulier dans les pays les moins avancés. ●

² Le clinker représente l'élément de base du ciment qui est obtenu par calcination d'une plante rustique, d'un mélange d'acide silicique d'alumine, d'oxyde de fer de chaux, fortement émissif en CO₂.

³ Voir à ce sujet l'article de Pierre-Alain Boyer p. 22 de ce numéro de Secteur Privé & Développement.

Les enseignements de ce numéro

PAR BENJAMIN NEUMANN **RÉDACTEUR EN CHEF**

S'il est fortement émetteur de CO₂, le ciment se révèle indispensable au développement des pays du Sud. Limiter l'empreinte carbone tout en favorisant le développement est tout l'enjeu du secteur cimentier dans les années à venir. Mais l'équation risque de tourner au casse-tête. D'ici à la seconde moitié du XXI^e siècle, la planète comptera 3 milliards de personnes de plus, et autant de mal logés. Pour répondre aux besoins, 4 000 logements devraient "sortir de terre" toutes les heures pendant les vingt-cinq prochaines années, sachant que depuis 2008, les personnes qui vivent en ville sont plus nombreuses que celles vivant à la campagne. Une tendance qui va s'accroître, en particulier en Asie et en Afrique. Ces régions en croissance connaissent des besoins en ciment particulièrement importants. D'ici 2025, les pays en développement représenteront plus de 90 % de la consommation mondiale de ciment.

Corollaire de cet énorme appétit, les pays en développement comptent déjà pour plus de 80 % des émissions de CO₂ d'un secteur cimentier, qui pèse à lui seul entre 5 et 7 % des émissions globales. Et ces pays devraient être responsables de l'essentiel des émissions de CO₂ additionnelles.

Difficile pourtant de s'en passer, au risque de freiner la croissance des pays du Sud. Matériau essentiel pour la construction, le ciment représente un des premiers secteurs d'activité au monde. Il joue un rôle clé dans le développement économique, l'emploi et la réduction de la pauvreté dans de nombreux pays. Une industrie cimentière locale draine dans son sillage des capacités de production d'électricité supplémentaires et la construction d'infrastructures, mais aussi la formation de techniciens et la création de nombreux emplois. Elle renforce les PME et encourage les autres investisseurs étrangers. Enfin, une production cimentière locale stimule la concurrence et rapproche les centres de production des sites de consommation, ce qui entraîne une baisse des prix locaux et des importations, très coûteuses.

Pour réduire l'empreinte carbone du ciment, dans sa phase de production et d'utilisation, l'industrie n'est pas dépourvue de solutions techniques. D'autres pistes

existent, comme la construction en terre, pour des habitations de faible hauteur et de nouveaux ciments, moins énergivores, mais au stade quasi expérimental. À défaut de pouvoir remplacer le ciment, les industriels cherchent à offrir des produits aux propriétés plus durables. Ainsi, certains d'entre eux permettent une meilleure isolation des bâtiments, qui consomment 40 % de l'offre énergétique mondiale.

Le processus de production du ciment a par ailleurs fortement évolué. Les fours en voie sèche, au rendement énergétique bien supérieur, ont progressivement remplacé ceux en voie humide. L'utilisation de combustibles de substitution aux énergies fossiles, pour l'essentiel des déchets d'origine industrielle, ménagère ou végétale, prend de l'ampleur. De la même manière une partie du clinker utilisé pour fabriquer les ciments a été remplacée par des coproduits industriels, comme les cendres volantes issues des centrales thermiques au charbon ou encore les résidus des hauts-fourneaux de la sidérurgie. Autant de solutions qui ont été érigées en critères de sélection par les institutions financières internationales pour décider de leurs interventions dans le secteur. Ces institutions jouent un rôle crucial dans le soutien aux projets cimentiers sur les marchés émergents.

Afin de rendre l'industrie cimentière moins émissive et combler le manque de production locale dans les pays en développement, le Mécanisme de développement propre (MDP) du protocole de Kyoto semble particulièrement approprié. Par les financements additionnels qu'il génère à travers les crédits carbone, le MDP pourrait, dans les années à venir, devenir la clef de voûte de tout financement dans le secteur cimentier des pays en développement, en particulier en Afrique subsaharienne, qui n'a jusqu'ici pas du tout su en tirer profit.

Au sommaire de notre prochain numéro

L'assistance technique, un instrument en faveur d'un secteur privé pérenne.



GRUPE AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

INSTITUTION FINANCIÈRE DE DÉVELOPPEMENT,
PROPARCO A POUR MISSION DE FAVORISER
LES INVESTISSEMENTS PRIVÉS DANS LES PAYS
ÉMERGENTS ET EN DÉVELOPPEMENT.

SECTEUR PRIVÉ & DÉVELOPPEMENT est une publication de Proparco, Groupe Agence française de développement, société au capital de 420 048 000€, 151, rue Saint-Honoré - 75001 Paris, Tél. : 01 53 44 31 07 - Mail : revue_spd@afd.fr - Internet : www.proparco.fr • **Directeur de Publication** Étienne Viard • **Fondateur** Julien Lefilleur • **Rédacteur en Chef** Benjamin Neumann • **Rédacteur en chef adjoint** Charlotte Durand • **Comité éditorial** Laurent Demey, Alan Follmar, Adeline Lemaire, Élodie Parent, Véronique Pescatori, Denis Sireyjol, Aglaé Touchard • **Numéro coordonné par** Guillaume Morteliet (Proparco) et Denis Sireyjol (Proparco) • **Ont collaboré à ce numéro** Romain Anger (CRATerre-ENSAG), Pierre-Olivier Boyer (Vicat), Michel Folliet (Banque mondiale), Laetitia Fontaine (CRATerre-ENSAG), Philippe Guinet (Banque européenne d'investissement), Thierry Joffroy (CRATerre-ENSAG), Vincent Mages (Lafarge), Guillaume Morteliet (Proparco), Éric Ruiz (CRATerre-ENSAG), Jacques Sarrazin (Lafarge), Denis Sireyjol (Proparco), Jacques van der Meer (Banque européenne d'investissement), Hendrik G. van Oss (U.S. Geological Survey) • **Conception & Réalisation** **NOIS** 28, rue du Fbg Poissonnière - 75010 Paris Tél. : 01 40 34 67 09 www.nois.fr / Édition : Jeanne-Sophie Camuset / Mise en page : Julien Desperiere • **Traduction** Warren O'Connell, Christine Mercier • **Secrétariat de rédaction** (? ! ;)
DOUBLEPUNCTUATION www.double-punctuation.com • **Impression** Bulet Graphics Tél. : 01 45 17 09 00 - ISSN : 2103 3315 • **Dépôt Légal** 23 juin 2009



L'abonnement à la version électronique de la revue bimestrielle *Secteur Privé & Développement* est gratuit sur www.proparco.fr