

REPORTAGE CIMALUX

Décarboner la filière béton : intégrer ou dériver

Dans un contexte d'urgence climatique, il est dès à présent possible de décarboner la filière béton au sein du secteur de la construction. Suite de l'article « Décarboner la filière béton : un coup dans l'aile du colibri » publié en juin 2019 [1].

Contenir le réchauffement climatique et freiner le déclin des écosystèmes et de la biodiversité nécessitent une transformation écologique de nos sociétés au travers d'une volonté politique forte qui remet l'intérêt général au centre de toute action et oriente les flux financiers du système capitalistique au profit d'une économie de marché durable. Cette évolution a besoin de régulation, mais également de compétitivité et d'innovation, rendant qualité de vie, développement économique, respect de l'environnement et protection du climat compatibles.

Le principal obstacle à cette transformation provient du fait qu'elle requiert l'adhésion de toutes les parties prenantes au travers du partage d'un même constat et d'une volonté commune d'agir. Ce n'est politiquement pas une mince affaire alors qu'il s'agit de reprendre la main sur un système capitalistique mondialisé. Ce n'est cependant pas non plus une révolution remettant en cause les fondements de nos sociétés. Au niveau régional européen, il s'agit par exemple pour les citoyens d'accepter le fait qu'une qualité de vie élevée n'est pas liée à la hausse d'un standard de vie basé

sur une consommation matérielle croissante. Il s'ensuit que les acteurs économiques doivent modifier leurs modèles, les industriels adapter leur processus de production en tenant compte des principes de l'efficacité énergétique et de l'utilisation rationnelle des ressources, les éleveurs et agriculteurs évoluer vers des pratiques d'exploitation durables garantissant une alimentation saine et de qualité pour tous.

L'engagement insuffisant d'un acteur ne peut dans ce contexte être pallié par le report de charge sur un autre, car le succès dépendra essentiellement de l'effet démultiplicateur des synergies créées. L'industrie ne peut ainsi compenser les efforts individuels nécessaires de réduction de l'empreinte carbone de chaque citoyen. Individuellement, il ne nous est de même pas possible de réduire de plus de 25% notre empreinte carbone sans transformation collective systémique induite par l'État afin de nous permettre d'adopter un mode de vie durable [2].

Les efforts à entreprendre doivent être répartis de façon à aboutir à un système collaboratif intégré au service d'un objectif commun.

C'est dans cette perspective que l'industrie cimentière luxembourgeoise s'inscrit afin de contribuer à la réduction substantielle des émissions globales de CO₂ du secteur de la construction.

Pour la filière béton, matériau le plus utilisé au monde, cela se traduit par une approche intégrée de la chaîne de valeur - de la fabrication du ciment en passant par la formulation du béton jusqu'à la conception, la construction et la déconstruction des ouvrages. Cette approche, répartissant les efforts nécessaires sur l'ensemble des acteurs concernés, est privilégiée dans le rapport d'étude publié par l'ETH Zürich et l'EPF de Lausanne mentionné dans la 1^{re} partie de cet article [3]. Les chercheurs suisses ont identifié 10 leviers technologiques et organisationnels et étudié 3 scénarios d'application possibles par rapport à un scénario de référence.

Ces leviers s'appliquent à différents niveaux de la chaîne de valeur de la construction béton. Leurs contributions à la réduction des émissions de CO₂ peuvent être résumées comme suit :

- au niveau du clinker, composant actif primaire du ciment dont la production est à la source des émissions de CO₂, par l'optimisation du processus de fabrication et l'utilisation de matières premières ainsi que de combustibles de substitution. En dernier recours le CO₂ émis peut être capturé et séquestré géologiquement ou réutilisé ;
- au niveau du ciment par la réduction de la part de clinker qu'il contient (abaissement du ratio clinker/ciment) en recourant à d'autres constituants cimentaires d'origine naturelle ou artificielle resp. d'autres types de liants
- au niveau du béton par la réduction de sa teneur en ciment au travers de formulations optimisées et de choix qualitatifs judicieux ;
- au niveau structurel des constructions par la réduction du volume de béton mis en œuvre grâce à l'optimisation de leur conception, le recours à des bétons hautes performances et l'application de principes de l'économie circulaire.

Ils sont combinés au sein de scénarios en fonction des investissements financiers et du niveau d'implication des acteurs concernés par leur mise en œuvre. En complément d'un scénario de référence, deux scénarios particuliers sont brièvement discutés ci-après. Le premier suppose l'implémentation de technologies de rupture et le second une répartition des efforts impliquant l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur.

SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE

LEVIERS TECHNOLOGIQUES ET ORGANISATIONNELS		
PROCESSUS	DESCRIPTION	CHAÎNE DE VALEUR
1	Efficience du processus de fabrication du clinker	Clinker
2	Combustibles alternatifs	
3	Matières premières alternatives	
4	Capture et stockage du CO₂	
5	Substitution du clinker	Ciment
6	Recours à des liants alternatifs	
7	Optimisation de la formulation du béton	Béton
8	Strict respect des classes d'exposition	
9	Réduction du volume de béton contenu dans les structures	Structure
10	Réutilisation et recyclage	

L'industrie cimentière européenne a réduit de 40 % ses émissions de CO₂ entre 1990 et 2015. 30 % sont néanmoins dus à un recul durable de la demande suite à la crise économique de 2008 [4]. Ce secteur souffre d'une surcapacité de production alors que le maintien et la modernisation de ses installations sont intensifs en capitaux avec un faible retour sur investissement. Tenant compte de ce fait, le scénario de référence table sur de faibles investissements permettant d'améliorer l'efficacité des fours à clinker et d'augmenter les taux de substitution de combustible et de clinker. Ce scénario a effectivement déjà permis de réduire substantiellement les émissions de CO₂ depuis 1990, à savoir de 721 kg/CO₂ par tonne de matériaux cimentaires à 627 kg/CO₂ par tonne (-13 %) en 2017 [4]. Le potentiel de réduction restant ne dépassera pas 15 % d'ici 2050. Les technologies appliquées aux fours rotatifs sont en effet matures en Europe et ne permettent que des améliorations marginales de l'ordre de 4 %. Des investissements plus élevés, visant à l'amélioration de l'efficacité énergétique, peuvent

permettre une réduction complémentaire de 10 % des émissions actuelles.

SCÉNARIO DE RUPTURE TECHNOLOGIQUE

Ce scénario repose principalement sur la capacité de l'industrie cimentière à mobiliser d'importants investissements en vue d'implémenter des technologies de capture du CO₂ d'une part et de développer la production à grande échelle de liants alternatifs tels les ciments sulfo-alumineux ou les liants alcali-activés d'autre part. Les émissions de CO₂ liées à la production de ces liants peuvent être inférieures de 40 % à 50 % par rapport à un ciment portland de type CEM I. Leur production à grande échelle est cependant fortement limitée par la disponibilité des matières premières nécessaires. Les impacts environnementaux et la sécurité d'utilisation des liants alcali-activés requièrent des précautions particulières d'utilisation. De manière générale, nombre de difficultés techniques et de spécificités caractéristiques restreignent les champs d'application de ces liants. Leur potentiel de substitution du ciment ordinaire est estimé à tout au plus 10 % d'ici 2050. Le développement de technologies de capture de CO₂ appliquées à l'industrie cimentière est en cours. Leur déploiement s'annonce d'ores et déjà extrêmement coûteux. Il ne pourra aller de pair qu'avec le développement parallèle d'infrastructures de transport et de séquestration géologique à grande échelle nécessitant des investissements publics et privés. Une partie du CO₂ capturé pourra être utilisée en tant que matière première pour le stockage chimique d'énergie ou la

synthétisation de polymères et autres produits chimiques. Le déploiement industriel de technologies de capture et de séquestration ou d'utilisation présuppose une abondante disponibilité d'énergie électrique renouvelable. Combiné aux mesures du scénario de référence, jusqu'à 35 % de réduction des émissions de CO₂ par rapport à 2015 sont envisageables.

SCÉNARIO D'OPTIMISATION ET D'APPLICATION DES PRINCIPES DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE SUR L'ENSEMBLE DE LA CHAÎNE DE VALEUR

Ce scénario s'appuie sur la coopération de l'ensemble des acteurs du secteur de la construction dans un contexte d'intégration de la chaîne de valeur qui va du ciment à la déconstruction des structures bâties. Il suppose par ailleurs une application efficace des principes de l'économie circulaire avec une gestion étendue des ressources. Les investissements nécessaires, de modérés à élevés, sont répartis entre les différentes parties prenantes.

de recyclage, de déchets en fin de vie et de co-produits issus d'activités économiques afin de valoriser ceux-ci en tant combustibles secondaires et de ressources minérales. Ainsi, un recyclage efficient du béton issu de la déconstruction ainsi que des rebuts de production permet de valoriser les fractions fines en tant que matière première dans la production de clinker et les autres fractions en tant qu'agré-gats recyclés pour la production de béton. D'autres produits, tels des cendres, scories ou argiles calcinées, peuvent se substituer au clinker dans le ciment à performances égales ou pour lui conférer des propriétés particulières. L'industrie cimentière luxembourgeoise valorise ainsi depuis un siècle le laitier de haut-fourneau issu de la fonte de minerai de fer pour produire des ciments qui en contiennent jusqu'à 80 %. Il convient cependant de noter une tendance à la baisse durable des volumes de laitiers produits en Europe.

L'empreinte carbone du béton peut être réduite par l'optimisation de sa formulation afin de restreindre non pas simplement sa teneur en ciment par m³ mais plus particulièrement la teneur

Il faut donc agir dès maintenant, sans se laisser égarer par des analogies et raccourcis que la croissance exponentielle des technologies de l'information pourrait suggérer

L'économie circulaire doit permettre une collecte et un traitement efficace des refus de tri

finale en clinker par m³ de béton et MPa (valeur de résistance à la compression). L'utilisation

grey

what a wonderful



Cimalux
Ciments & Matériaux

Producteur de ciments depuis 1920

www.cimalux.lu

d'agrégats à granulométrie maîtrisée et le recours à une adjuvantage performante forment la 1^{re} étape de cette démarche. La spécification différenciée des bétons en fonction des classes d'exposition réelles des éléments d'ouvrages en constitue la seconde. L'ensemble permet une réduction substantielle de la teneur en ciment du béton et le recours à plus de ciments à faible taux de clinker conformément aux normes en vigueur. Ces dernières sont également appelées à évoluer en définissant de nouvelles qualités de ciments plus riches en constituants cimentaires autres que le clinker d'une part, et en favorisant d'autre part une approche performancielle de la formulation du béton plutôt que l'imposition de valeurs limites à respecter.

L'optimisation structurelle des ouvrages, le développement de la préfabrication, le recours à la précontrainte et aux éléments structurels creux telles les dalles alvéolées, l'utilisation de bétons hautes et ultrahautes performances réduisant les sections et donc le volume de matériaux nécessaires, constituent, avec la déconstruction, le recyclage et le reconditionnement, un 4^e groupe de leviers. Ils sont à mettre en œuvre par les bureaux d'études ainsi que les entreprises et industriels de la construction afin de réduire la consommation de ressources et les émissions de CO₂ qui y sont liées.

CONCLUSIONS

La combinaison de l'ensemble de ces mesures permet potentiellement une réduction des émissions pouvant aller jusqu'à 50 % par rapport à 2015. Néanmoins, l'objectif de limitation du

réchauffement climatique à 2 °C voir moins, nécessitera à terme, en plus des mesures du scénario d'optimisation, le recours au captage d'une partie restante des émissions incompressibles de CO₂. Une contribution à la neutralité carbone sera probablement techniquement possible d'ici 2050, mais nécessitera des investissements très conséquents dans le développement des énergies renouvelables ainsi que dans les infrastructures de capture, de transport et de stockage géologique respectivement de transformation du CO₂ pour envisager de largement dépasser 80 % de réduction par rapport à 1990.

Maintenir le réchauffement climatique en dessous de 2 °C est donc un défi considérable alors que le temps imparti pour atteindre les objectifs de limitation des émissions se réduit. Il faut donc agir dès maintenant, sans se laisser égarer par des analogies et raccourcis que la croissance exponentielle des technologies de l'information pourrait suggérer, et croire que leur seul développement nous apportera demain des solutions salvatrices qui nous exempteraient de fournir aujourd'hui les efforts nécessaires. Ces efforts doivent être répartis sur l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur. Ce n'est qu'au travers d'une collaboration effective et intégrée, ainsi que de la mise en place d'un cadre réglementaire et de mesures incitatives favorisant cette coopération, que nous atteindrons les objectifs que nous nous sommes fixés pour 2030 et 2050. ●

Christian Rech

Sources :

[1] NeoMag #12 : Construction et cycle de vie ; #17 : Efficacité énergétique et construction

durable ; #23 : Décarboner la filière béton, 1^{re} partie ; #25 : Développement durable et certification, www.neomag.lu

[2] C. Dugast, A. Soyeux, Faire sa part ? Pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises et de l'État face à l'urgence climatique, CARBONE 4, 2018

[3] A. Favier, C. De Wolf, C. Scrivener, G. Habert, A sustainable future for the European Cement and Concrete Industry, ETHZ 2018

[4] Global Cement and Concrete Association, Getting the Numbers Right, EU28, Dataset 59cAGWct : Gross CO₂ emissions – weighted average excluding CO₂ from on-site power generation, grey and white cementitious products 1990 – 2017, <https://gccassociation.org/gnr/>

[5] CemBureau, A low-carbon European concrete and cement sector in 2050, <https://lowcarboneyconomy.cembureau.eu/> (consulté en décembre 2019)

[6] IEA-CSI, Technology Roadmap – Low carbon transition in the cement industry, April 2018, www.iea.org/reports/technology-roadmap-low-carbon-transition-in-the-cement-industry