



HAL
open science

Bétons et durabilités : les perspectives de la recherche dans les revues scientifiques

Fabrice Bardet, Victor Villain

► **To cite this version:**

Fabrice Bardet, Victor Villain. Bétons et durabilités : les perspectives de la recherche dans les revues scientifiques. Sacré Béton! Fabrique et légende d'un matériau du futur, 2015. hal-03107227

HAL Id: hal-03107227

<https://hal.science/hal-03107227>

Submitted on 12 Jan 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

F. Bardet, V. Villain, « Bétons et durabilités : les perspectives de la recherche dans les revues scientifiques » in P. Gras, Ph. Genestier (dir.), *Sacré Béton ! Fabrique et légende d'un matériau du futur*, Libel, 2015.

La construction en béton est-elle compatible avec l'espoir d'un « tournant vert » des économies ? La question est d'importance si l'on considère à la fois que le secteur du bâtiment est le plus consommateur d'énergie finale dans les économies les plus développées, et que le matériau de construction le plus répandu depuis le dernier demi-siècle est le béton. Si construire en béton se révélait peu compatible avec la préservation des ressources de la planète, c'est un pan important de l'économie mondiale qui s'en trouverait bousculé ! La question est trop essentielle pour qu'elle n'ait pas fait déjà l'objet de réflexions stratégiques d'envergure. Si la fabrication du ciment a bien été repérée très tôt comme une activité fortement consommatrice d'énergie, les promoteurs du béton défendent depuis des années la résistance au vieillissement des structures en béton. En termes d'analyse de cycle de vie, le bilan énergétique des constructions en béton serait ainsi moins défavorable qu'il pourrait y paraître au premier abord. Et en élargissant encore l'angle d'observation vers une comptabilité environnementale forte des entreprises constructrices, que serait le bilan d'un tel mode de construction ?

La durabilité : une question à la fois politique et technique

Cruciale pour l'ensemble des économies, et en cela fondamentalement politique, cette interrogation se présente aussi à l'évidence comme une question très technique. Ce qui suggère de s'intéresser aux débats des experts scientifiques et à leurs conclusions. Dans une telle perspective, qui sont les experts légitimes pour apporter des réponses ? En réalité, il existe plusieurs sortes d'experts, issus de disciplines ou sous-disciplines scientifiques très différentes. On peut considérer cependant que le plus grand nombre de spécialistes provient du secteur des sciences de la construction, appelé « génie civil ». Parmi les chercheurs en génie civil, certains sont spécialisés dans le comportement des structures de construction, leur dynamique ; d'autres proviennent du champ de la mécanique des sols ; d'autres encore sont des spécialistes de certains matériaux, conventionnels comme le béton ou la terre cuite (c'est-à-dire la brique), ou au contraire alternatifs comme la « terre crue », les pierres sèches ou encore les bétons de récupération. C'est justement sur ce dernier champ des spécialistes, auquel les acteurs économiques du secteur de la construction sont très attentifs, que la présente recherche s'est focalisée.

Pour appréhender le point de vue des spécialistes des matériaux de construction en matière de durabilité du béton, s'intéresser aux controverses qu'ils alimentent dans leurs publications scientifiques, et en particulier dans les revues de génie civil, a semblé pertinent. Comment les scientifiques discutent-ils entre eux de la durabilité du béton ? Il convenait de choisir les revues dans lesquelles se plonger pour répondre à cette question. Deux ont été retenues, pour leur positionnement susceptible de favoriser la dynamique de l'enquête. La première, *Cement and Concrete Research (CCR)*, est la revue académique de référence dans le domaine de la construction en béton, à ce

titre incontournable. Elle a ainsi publié en 2000 un article appelant au « virage vert » des industries du ciment et du béton qui a fait date dans le champ scientifique : c'est la raison pour laquelle nous avons arrêté à cette date le départ de nos recherches historiques. En complément, nous avons ensuite décidé de retenir l'une des revues qui se sont développées de manière plus récente, en lien avec l'agenda environnemental et la recherche de matériaux alternatifs. *Construction and Building Materials (CBM)* a ainsi accueilli depuis plusieurs années soit des articles s'intéressant aux bétons dits alternatifs, c'est-à-dire issus de matériaux de récupération, soit, de manière plus alternative encore, à des matériaux dits « premiers » comme la terre ou la pierre sèche, largement abandonnés avec l'avènement des modes industriels de construction¹. Nous disposons ainsi de deux paires de lunettes capables d'offrir des angles très complémentaires sur les débats des scientifiques.

L'enquête a permis de mettre en évidence plusieurs éléments qui structurent les débats des scientifiques autour de la durabilité des constructions en béton. Le premier d'entre eux est l'ambivalence de la notion de « durabilité » dans un champ scientifique pour lequel la longévité des constructions constitue historiquement l'objectif principal. L'avènement en France, au début des années 2000, dans le cadre du « virage vert » des économies les plus développées, de la notion de « durabilité » – et non pas de « soutenabilité » comme dans les pays anglophones – a introduit à ce titre, une confusion dans le secteur de la construction. Cette confusion a eu par ailleurs des répercussions à l'échelle internationale, du fait de la place historique de la recherche française dans le génie civil.

Cette première difficulté contournée, le secteur de la construction a été confronté aux questions posées dans tous les secteurs industriels par l'avènement de la « soutenabilité » : comment la calculer ? Les pistes dessinées dans *CCR* notamment permettent de souligner le poids des conventions, implicites ou arbitraires, qui précèdent les calculs. Que compter ? Comment ? Aucune norme n'a encore été établie à l'échelle internationale, privant les recherches de capacité cumulatives. Ce manque explique d'ailleurs l'émergence de nombreuses revues scientifiques « alternatives » visant à proposer d'autres perspectives pour évaluer la durabilité (c'est-à-dire d'autres conventions de calcul). La dynamique de la revue *CBM* sera l'occasion d'appréhender ces tentatives pour penser différemment la durabilité, pour imposer de nouvelles conventions de calcul au sein d'une discipline scientifique dont on aura souligné les liens historiques avec le secteur industriel des matériaux de construction.

L'académie peu réceptive au changement de sens de la notion de « durabilité »

Historiquement, la « durabilité » des bétons – au sens de leur longévité – a constitué un des motifs premiers du succès industriel planétaire de ce matériau. À ce titre, les articles abordant la « durabilité » des bétons sont légion dans toutes les revues scientifiques spécialisées dans les matériaux de construction, dans *CCR* en particulier. Cette terminologie a sans doute contribué à compliquer la réalisation, en France, du « virage vert » des économies, proposée à travers le projet d'un nouveau « développement durable ». Dans le monde anglophone, le choix de la notion de « soutenabilité » a simplifié ces aspects sémantiques. Cependant, le principal enjeu lié à l'introduction de ce nouvel objectif demeurait. En effet, même si la recherche de

longévité des bétons apparaît souvent antagoniste à celle de leur plus grande durabilité – au sens d’une consommation plus économe des ressources énergétiques – , l’agenda de la « soutenabilité » ne pouvait être négligé par la recherche dédiée au matériau béton, dans la mesure où l’industrie cimentière génère environ 5 % des émissions de dioxyde de carbone des activités anthropiques, c’est-à-dire environ 3 % de l’ensemble des gaz à effet de serre. C’est ainsi que depuis les années 2000, la revue *CCR* a consacré de nombreux articles à la « soutenabilité » du béton.

La longévité n’a pas disparu pour autant, mais la préservation de l’environnement par le développement d’un « béton vert » s’est fait une place non négligeable parmi les articles de la revue. L’attention se consacre principalement à la dimension environnementale du développement durable et plus particulièrement sur les émissions de dioxyde de carbone. Toutefois, dans ce courant important, la dimension de la « soutenabilité » est abordée de différentes manières qu’il est intéressant de distinguer. Certains articles proposent de comparer différents types de bétons sous l’angle de leurs capacités à satisfaire les exigences d’un développement durableⁱⁱ. D’autres procèdent, à l’inverse, à une comparaison des comportements de bétons reconnus comme plus « soutenables » pour identifier ceux d’entre eux qui disposent des meilleures performances en matière de longévitéⁱⁱⁱ. Ces différentes approches ont en commun de se focaliser sur les matériaux ou leur contexte de mise en œuvre.

Dans une autre perspective, certains travaux ont cherché à évaluer les processus sous un angle macro-économique, avec l’idée de défendre le fait que l’industrie cimentière contribue globalement aux initiatives prises dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique. L’un des articles emblématiques de ce courant permet de formuler quelques remarques sur ces dynamiques^{iv}. Globalement, ses auteurs entretiennent des liens privilégiés avec l’industrie cimentière, à divers titres ou niveaux, par exemple avec le groupe Aalborg Portland (J.S. Damtoft et D. Herfort) ou le groupe Lafarge (J. Lukasik, D. Sorrentino et E.M. Gartner). Loin d’être exceptionnel, le lien des chercheurs spécialisés dans le matériau béton est au contraire très structurant dans le développement de la discipline, pour des raisons qui apparaissent à la fois logiques et possiblement limitantes. Logiques, tant la collaboration des chercheurs avec les cimentiers leur offre des garanties pour disposer de conditions expérimentales privilégiées, à la fois dans la phase de conception mais également dans celle de la mise en œuvre des formules élaborées. Mais potentiellement limitantes comme le suggère le contexte de l’impératif de « soutenabilité ». La notion est en effet susceptible de contester un certain nombre de positions et d’équilibres établis dans le secteur industriel de la construction.

La place historique des partenaires économiques

À ce titre, il faut insister sur la place historique qu’occupent les chercheurs bénéficiant d’un accès privilégié au secteur de l’industrie cimentière dans le pilotage de la revue de référence en matière de construction en béton. Karen Scrivener, la rédactrice en chef de *CCR*, aujourd’hui professeure à l’École polytechnique fédérale de Lausanne, a été auparavant chercheure au Laboratoire central de recherche du groupe Lafarge de 1995 à 2001 – place qu’elle avait occupée à la suite de sa direction d’un groupe de recherche sur le béton et le ciment à l’*Imperial College* de Londres. Ellis Gartner, rédacteur associé,

est membre du laboratoire de recherche de Lafarge depuis une trentaine d'années. Fredrik Glasser, lui aussi rédacteur associé, indique sur sa page du site web de l'université d'Aberdeen que la plupart de ses recherches sont soutenues par le gouvernement britannique et l'industrie, dont le groupe Lafarge. C'est aussi le cas de Ian Richardson, dont certaines recherches ont été financées par le Laboratoire central de recherche Lafarge, Castle Cement ou encore W.R. Grace, une entreprise faisant partie des leaders internationaux spécialisés sur la chimie et les matériaux de construction. D'autres rédacteurs de la revue ont été liés ou sont liés à l'industrie cimentière, comme Roberto Torrent (lié au groupe Holcim, première industrie cimentière suisse), Paulo J.M. Monteiro (groupe Grupo de Cimento Paraiso) ou encore Kazuo Yamada (groupe Taiheiyo Cement Corporation).

L'influence de ces diverses collaborations – dont on voit bien qu'elles constituent une dimension structurante de ce secteur de la recherche – sur la dynamique scientifique du champ est manifeste sur le sujet de la « soutenabilité ». Un indicateur de cette influence est par exemple offert par les sources institutionnelles retenues par les auteurs pour la définition de la notion de développement durable. Dans les articles des auteurs qui ont été ou qui sont liés à l'industrie cimentière, la définition du développement durable est souvent celle proposée par le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (*World Business Council on Sustainable Development*), une organisation non-gouvernementale née en 1995 de la fusion du Conseil des entreprises pour le développement durable (BCSD, *Business Council for Sustainable Development*), qui représentait les intérêts des entreprises au Sommet de Rio de Janeiro (1992), et du Conseil mondial de l'industrie pour l'environnement (WICE, *World Industry Council for the Environment*) qui avait pour objectif de faire participer l'industrie aux différentes étapes qui ont succédé au Sommet de Rio. Son siège étant installé à Genève, cette coalition d'entreprises transnationales a été l'un des premiers lobbies à développer une action en partenariat avec les Nations Unies. Cette coopération s'est illustrée à l'occasion de rapports ou de projets conduits en commun et mis en place dans le cadre du Programme des Nations Unies pour l'environnement (UNEP), de la Conférence des Nations Unies pour le commerce et le développement (UNCTAD) ou plus récemment encore le *Business Action for Sustainable Development* 2012 (BASD 2012) qui organisa la représentation des intérêts des entreprises lors du nouveau Sommet de Rio, en 2012.

À l'inverse, de manière tendancielle, les auteurs publiant dans *CCR* et qui ne revendiquent pas de liens privilégiés avec l'industrie cimentière emploient plus volontiers la définition du développement durable proposée par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Le rapport Brundtland en revanche est, quant à lui, quasiment absent des références de la revue. Ce qui n'est pas le cas pour la revue *CBM* dans laquelle huit articles le mentionnent sur la période étudiée. Mais c'est la définition de l'instance scientifique que représente le GIEC qui fait l'objet du plus grand nombre de citations, avec vingt-neuf articles la retenant. Alors même que la définition du WBCSD n'est quant à elle retenue que dans quatorze papiers. Il apparaît donc clairement un lien entre les positions occupées par les scientifiques vis-à-vis de l'industrie cimentière et les choix en matière de définition de la durabilité, préalable à son évaluation chiffrée.

Le virage pragmatique de l'édition alternative

Les bétons nouveaux ont fait leur apparition sous l'impulsion simultanée de programmes d'innovation conduits par les acteurs publics et privés du secteur de la construction et de travaux des chercheurs en génie civil pour envisager un développement durable. Béton respectueux de l'environnement (*eco-friendly concrete*), béton vert (*green concrete*), béton soutenable (*sustainable concrete*) : autant de notions qui ont émergé pour adapter le béton au « tournant vert » des économies. Mais derrière les bannières fédératrices ou unificatrices, ce sont deux approches du « tournant vert » qui peuvent être distinguées au sein du champ scientifique du génie civil à travers les articles publiés dans la revue *CBM*.

Certains auteurs défendent l'idée selon laquelle l'accroissement de la durée de vie des structures en béton permet de minimiser les impacts environnementaux. La « soutenabilité » potentielle du béton relèverait donc du rapport entre la performance en matière de durée de vie et les impacts environnementaux du béton^v. L'enjeu serait de compenser les impacts environnementaux par la longévité des structures en béton : plus la longévité serait élevée, plus les impacts environnementaux seraient compensés. La deuxième approche concerne le développement des bétons ayant le moins d'impacts environnementaux en substituant une partie du béton standard par un certain nombre de matériaux additifs comme des cendres volantes (*fly ash*), des laitiers de haut fourneaux (*blast furnace slag*) ou encore des bétons à base de granulats recyclés (*recycled aggregate concrete*). Les analyses portent alors sur les propriétés du béton : la maniabilité du béton après le mélange des différents minéraux, l'évolution de la température du béton dans les premières 24 heures, la pénétration de l'eau sous pression ou le développement de la résistance à la compression. Cette deuxième approche occupe tout de même une place centrale dans la revue par rapport à la première approche^{vi}.

Par ailleurs, la revue *CBM* n'étant pas dédiée au seul béton et s'intéressant également aux matériaux de construction nouveaux, elle s'est ouverte depuis plusieurs années à des matériaux alternatifs comme les matériaux dits « premiers ». Toutefois, il est notable qu'avec l'accroissement des études menées sur les « bétons verts », les matériaux alternatifs comme la terre crue sont aujourd'hui moins représentés dans les colonnes de la revue. Ainsi, alors qu'en 2002, seulement deux articles étaient consacrés au béton incorporant des cendres volantes, dix années plus tard, ce ne sont pas moins de 48 articles qui portent sur la même thématique. Tous bétons confondus, pour la même période, les articles passent de 49 à 892. En revanche, les articles portant sur un matériau alternatif comme la terre sont relativement peu nombreux. En 2002, ils sont au nombre de 8 pour passer à 87 en 2012. L'accroissement des articles est donc proportionnellement plus important pour le béton que pour la terre. L'analyse est par ailleurs similaire avec un autre matériau alternatif comme le bois. Globalement, les articles portant sur les matériaux alternatifs sont en croissance, avec par exemple un taux très favorable pour la terre, mais les articles qui concernent les bétons ont une croissance nettement plus rapide.

À la différence de *Cement and Concrete research*, dont le lectorat est composé principalement d'ingénieurs, la revue *Construction and Building Materials* s'adresse à un public plus large : ingénieurs, architectes, chefs de projet et consultants. Il est

notable que certains articles développent leur argumentaire autour d'un indicateur de durabilité appliqué au secteur de la construction^{vii}. En effet, les dernières décennies ont compté un nombre croissant d'indicateurs pour tout type d'évaluation de la durabilité. La mise en visibilité de ces indicateurs passe notamment par le biais des revues de génie civil consultées par les acteurs du bâtiment. Parmi ces indicateurs, le succès du LCA (*Life cycle analysis*) dans les colonnes de *CBM* illustre l'insertion de l'évaluation du développement durable au sein du secteur de la construction. Selon une approche systémique, cet indicateur se veut d'abord un outil d'aide à la prise de décision pour les acteurs de la construction. Il permet d'identifier les atouts et les faiblesses des matériaux évalués selon leurs impacts dans les domaines économique (coût du matériau, coût de la construction, coût de la maintenance...), environnemental (épuisement des ressources, émissions de gaz à effet de serre, les déchets et leur gestion...) et social (acceptation sociale, esthétique, pollution sonore, ou encore vulnérabilité de la zone par des catastrophes naturelles). Dans cette perspective, une série d'articles a été publiée dans *CBM* concernant l'analyse du cycle de vie de matériaux comme le béton, les blocs de polystyrène ou les blocs de terre crue, afin d'offrir aux acteurs de la construction autant d'occasions de réinterroger les modes traditionnels de conception des bâtis.

Le béton renouvelable, une panacée ?

Le béton traditionnel est-il encore le roi des matériaux de construction à l'heure de la « soutenabilité » ? Ou le béton renouvelable sera-t-il bientôt la panacée ? Ou bien encore est-ce la construction artisanale en terre qui finira par recueillir les suffrages dans les sociétés acquises à l'horizon du « développement durable » ? Tant d'incertitudes demeurant sur l'efficacité des grilles d'analyses qui sont déployées pour répondre à ces interrogations, qu'on ne voit pas bien ce qui devrait pousser aujourd'hui les industriels des matériaux de construction à abandonner leurs positions économiques pour d'improbables gains en matière de « soutenabilité ». Les publications qui se développent depuis quinze ans ne permettent pas de discerner des perspectives de renversement des équilibres passés. De ce point de vue, on aurait tort de s'étonner de ce que les revues canoniques de la science du béton ne semblent pas engagées pour ménager les conditions de l'émergence de matériaux alternatifs, tout occupées qu'elles sont – logiquement, à bien y regarder – à prolonger les dynamiques de recherche anciennes consacrées à la robustesse des bétons. L'enquête suggère au contraire que l'émergence de revues alternatives nouvelles a d'ores et déjà permis de rouvrir des fronts de la recherche abandonnés pendant des décennies, pour identifier de nouveaux matériaux de construction « verts ». Mais il apparaît en revanche que la capacité de capitalisation de ces recherches nouvelles fait aujourd'hui défaut. Faut-il incriminer les scientifiques ? Ou bien les responsables politiques, qui ne fixent pas de cadres légaux ou réglementaires à l'établissement des conventions de calcul de la « soutenabilité » des modes de construction ?

En tout état de cause, les conventions portant sur le calcul de la durabilité des constructions demeurent aujourd'hui trop implicites ou trop peu débattues. De sorte qu'il ne dessine pas de perspective pour le renversement des rapports de force. Le béton traditionnel demeure un matériau dont le rapport longévité/coût de production

apparaît sans compétiteur, dans la mesure où l'on tient à l'écart le coût pour la société des atteintes au capital naturel. Pour réintégrer ces externalités et établir une véritable « comptabilité du développement durable », des travaux précurseurs ont été engagés qui suggèrent des pistes pour convenir collectivement d'une méthode de calcul de la durabilité^{viii}. Mais la perspective de ce « nouveau contrat social », qui nécessiterait la mobilisation des représentants des acteurs publics et privés du secteur de la construction à l'échelle internationale^{ix}, demeure aujourd'hui très largement hypothéquée, du fait notamment de la puissance des antagonismes des intérêts économiques historiquement organisés à l'échelle des nations.

NOTES :

ⁱ Miozzo Marcela et Paul Dewick, *Innovation in Construction. An European Analysis*, Cheltenham, UK / Northampton, MA, USA, Edward Elgar, 2004.

ⁱⁱ CCR, n°40, 2010.

ⁱⁱⁱ CCR, n°34, 2004.

^{iv} CCR, n°38, 2008.

^v CBM, n°67, 2014.

^{vi} CBM, n°56, 2014.

^{vii} CBM, n°25, 2011.

^{viii} Richard Jacques, *Comptabilité et Développement Durable*, Paris, Economica, 2012, 272 p.

^{ix} Emiliano Grossman et Sabine Saurugger, *Les groupes d'intérêt. Action collective et stratégies de représentation*, Paris, Armand Colin, 2012, 296 p.