

Comment décarboner l'industrie cimentière et gérer le recyclage du béton ?

D'après la conférence de Laurent Duveau, par Paul Rigny

D'après la conférence de Laurent Duveau, Directeur Performance Environnementale pour le groupe Vicat. Diplômé d'AgroParis-Tech et de l'ESSEC, il a débuté sa carrière dans le domaine de la production microbiologique, avant de s'orienter vers la gestion des systèmes d'information et devenir le directeur des systèmes d'information du groupe Vicat en 2008. Depuis 2020, il supervise le plan d'action destiné à accompagner la transition du groupe Vicat vers une industrie du ciment et du béton bas carbone, en intégrant l'ensemble des enjeux environnementaux majeurs. (Figure 1).



Figure 1

Présentation de la conférence et du conférencier.

1 Présentation du groupe Vicat et de ses activités

1.1. Historique du groupe

Le ciment est une invention française (**Figure 2**). En 1817, Louis Vicat, ingénieur diplômé de l'École polytechnique et des Ponts et Chaussées, découvre qu'en combinant, à haute température, des proportions précises de calcaire et d'argile, une réaction chimique permet d'obtenir un matériau à la formulation homogène et stable. Cette invention permet d'industrialiser un procédé déjà connu depuis l'Antiquité, les Romains utilisant des pierres pouzzolaniques aux propriétés similaires.

L'histoire du groupe est marquée par une forte dimension familiale : c'est le fils de Louis Vicat qui fonde la première

cimenterie, et aujourd'hui, Vicat est toujours une entreprise familiale, dirigée par la 7^e génération. Estimant devoir son invention à la nation française, Louis Vicat renonce à la déposer sous brevet, permettant ainsi à l'industrie cimentière de se développer rapidement. Si l'on entend souvent le nom de « ciment Portland » pour qualifier le ciment commun, c'est parce qu'un de nos voisins anglais, sur la base des travaux de Louis Vicat, a ensuite breveté un procédé similaire¹.

Pour introduire ce chapitre, je commencerai par un mot du PDG² de Vicat (**Figure 3**) :

« Le Groupe met tout en œuvre pour atteindre

1. Le ciment Portland est le nom donné par Joseph Aspdin, détenteur du premier brevet sur le ciment.

2. Président directeur général.

À l'origine, une découverte scientifique

- En 1817, Louis Vicat invente le ciment moderne lors de la construction du pont de Souillac dans le Lot (46).
- En 1853, son fils, Joseph Vicat crée la première cimenterie du Groupe au Genevrey-de-Vif en Isère (38).
- De 1853 à nos jours, 7 générations de dirigeants ont développé le groupe Vicat.



Pont de Souillac sur la Dordogne (Lot), dit Pont Louis Vicat



Les fours dits « biberons » de l'usine du Genevrey-de-Vif

Figure 2

Historique du béton et de l'entreprise Vicat.

sur l'ensemble de sa chaîne de valeur. »

Une affirmation forte, qui soulève une question : pourquoi un dirigeant dont l'objectif premier est de produire et vendre du ciment accorde-t-il une telle importance à l'environnement ? Nous allons tenter de le comprendre.

Avec un chiffre d'affaires proche de 4 milliards d'euros et environ 10 000 collaborateurs, Vicat est présent dans 12 pays (Figure 5). Ses activités couvrent la chaîne de valeur de la fabrication du béton : des cimenteries, des centrales à béton et des carrières de granulats, comme le montrent les chiffres clés de son activité (Figure 4).

1.2. Les enjeux de la production de béton

Le béton est un matériau remarquablement polyvalent, composé de trois éléments :

Le mot du Président

« Le Groupe met tout en œuvre pour atteindre l'objectif de neutralité carbone sur sa chaîne de valeur. »

Guy Sidos
Président-directeur général



Figure 3

Engagement écologique du PDG de l'entreprise Vicat.

Le groupe Vicat en chiffres

3,9 Mds€
de chiffre d'affaires
2/3 réalisés hors de France

Près de
10 000
collaboratrices et
collaborateurs

12 pays
d'implantation

3 activités
principales



CIMENT
17 cimenteries
5 centres de broyage
28 millions de tonnes
de ciment vendues



BÉTON
275 centrales à béton
9,4 millions de m³ de
béton vendus



GRANULATS
67 carrières de granulats
22,9 millions de tonnes
de granulats vendues

Figure 4

Chiffres-clés sur la taille et l'activité du groupe Vicat.

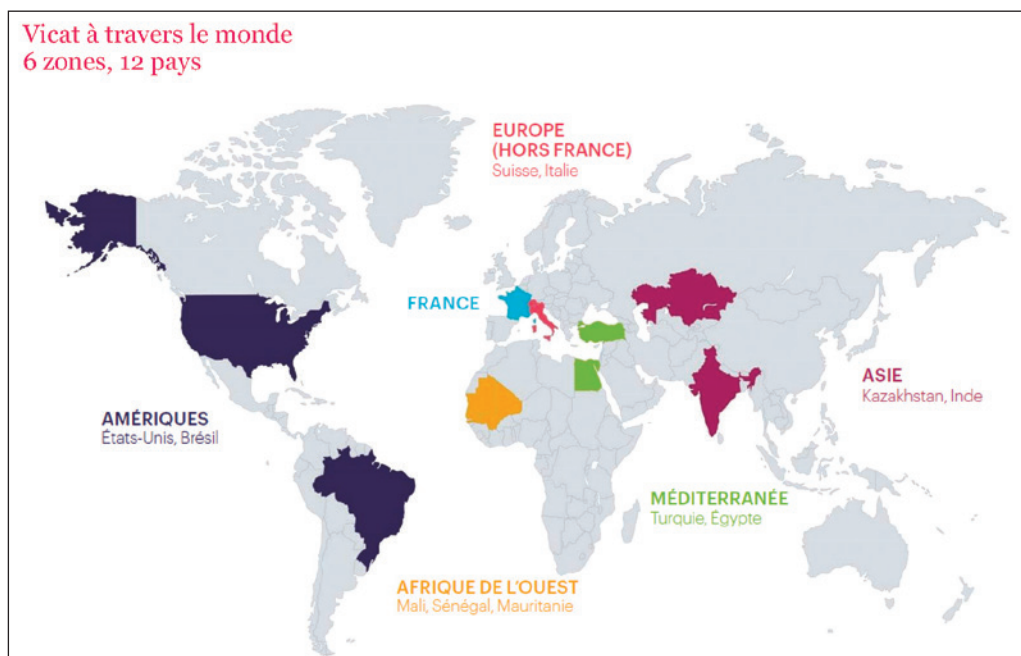


Figure 5

Implantation mondiale du groupe Vicat.

le ciment, les granulats (des cailloux concassés) et l'eau (**Figure 6**). Sa propriété fondamentale repose sur la réaction du ciment qui, au contact de l'eau, durcit en liant les granulats entre eux. À l'instar des adhésifs (comme évoqué dans le **chapitre de François Court** dans cet ouvrage), le ciment agit comme une colle, un liant hydraulique : au contact de l'eau, il permet d'assembler les granulats pour former une pierre artificielle, modulable à volonté. La force du béton réside dans son accessibilité universelle, son bas coût et sa facilité de mise en œuvre.

Ses qualités intrinsèques sont telles qu'elles suscitent parfois des remarques ironiques, comme « *Le béton est si simple et économique à produire qu'on*

arrive même à faire des choses très laides avec », ou encore l'usage péjoratif du verbe « *bétonner* ». Pourtant, il ne faut pas s'y tromper : le béton permet aussi de réaliser des œuvres architecturales magnifiques. Pour s'en convaincre, il suffit, par exemple, d'admirer le palais d'Iéna, réalisation en béton par l'architecte Auguste Perret au début du ^{xx}^e siècle, siège du CESE³ (Conseil Économique, Social et Environnemental), 3^e institution démocratique française après l'Assemblée nationale et le Sénat.

Disponible partout dans le monde, le béton (et donc le

3. Le CESE, situé au palais d'Iéna à Paris, représente les professionnels et permet de les mettre en relation.

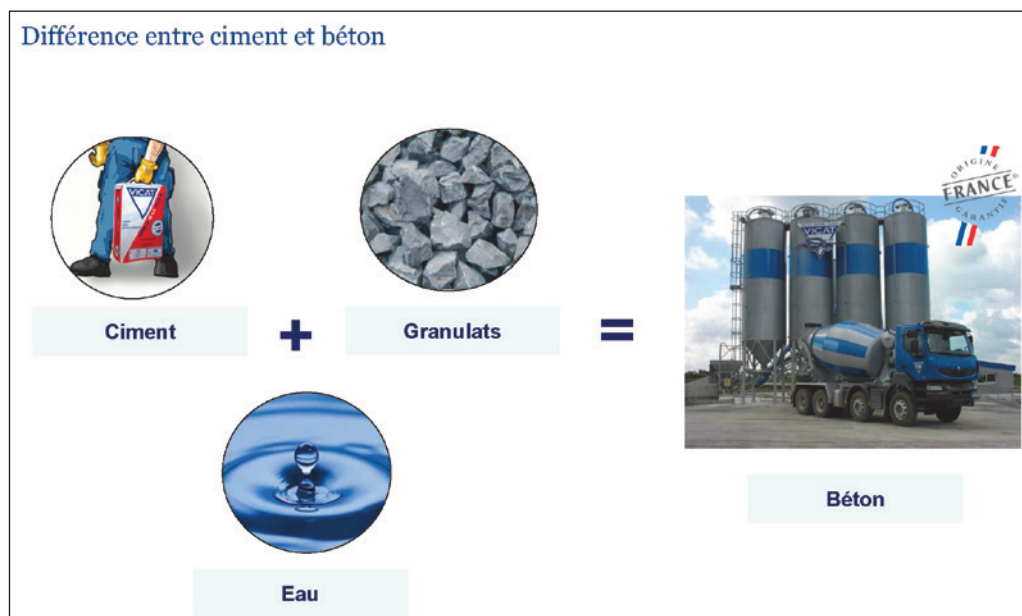


Figure 6

Détail de la composition du béton.

ciment) est aujourd'hui un matériau de construction indispensable, malgré l'émergence d'alternatives. Le bois, par exemple, bien que séduisant, voit son utilisation limitée par les ressources disponibles : la planète ne peut en produire assez pour répondre aux besoins mondiaux en construction. D'autres innovations proposées par des start-ups peinent à offrir la même durabilité et reposent sur des matériaux issus d'autres industries, disponibles en quantité limitée, comme ceux issus des hauts fourneaux⁴.

Le béton est avant tout utilisé pour le logement, ce qui nous conduit directement au défi

du changement climatique. En 1900, la Terre comptait 1,6 milliard d'habitants. Aujourd'hui, la population mondiale atteint environ 8 milliards d'habitants et devrait dépasser les 10 milliards à l'horizon 2050, selon les projections de l'ONU. Or, cette population croissante doit être logée dans des maisons et des immeubles, et dotée d'infrastructures telles que routes, ponts, hôpitaux... Sans le béton, il serait impossible de répondre à ces besoins en termes de volume, de quantité et de coût.

Cependant, ce matériau présente un inconvénient majeur : son empreinte carbone. La responsabilité de l'industrie cimentière est donc double : répondre aux besoins fondamentaux de construction à l'échelle mondiale, tout en limitant ses émissions de CO₂

4. Le métier de haut fourneau désigne l'action de surveiller et contrôler la qualité des installations de production de fontes.

afin de préserver l'équilibre climatique. Et cette réflexion ne peut se limiter à la France : elle doit englober la planète entière. À cet égard, les initiatives comme celles de l'école de Madagascar présentée dans cet ouvrage montrent que des solutions émergent aussi en Afrique⁵.

1.3. Procédé de fonctionnement de l'entreprise

Le modèle économique de Vicat repose sur trois étapes clés (Figure 7) :

1. l'extraction des matières premières : calcaire, argile et granulats,
2. la production du ciment dans une cimenterie, une industrie lourde, suivie de

son mélange avec des granulats et de l'eau dans une centrale à béton,

3. la fourniture du béton à ses clients constructeurs de bâtiments ou d'infrastructures.

La figure 8 illustre le procédé de fabrication du ciment. Les pierres extraites sont d'abord broyées, puis introduites dans une tour de préchauffage avant de passer dans le four de cuisson. Sous l'effet d'une chaleur intense, la matière se transforme progressivement pour devenir du clinker⁶. Une fois broyé, ce dernier acquiert cette propriété unique : celle de se lier à l'eau pour former une pierre artificielle, le béton.

Dans un groupe comme Vicat, où le ciment représente environ 50 % du chiffre d'affaires,

5. Exemple évoqué dans une conférence précédente de ce cycle.

6. Le clinker est le principal composant du ciment.

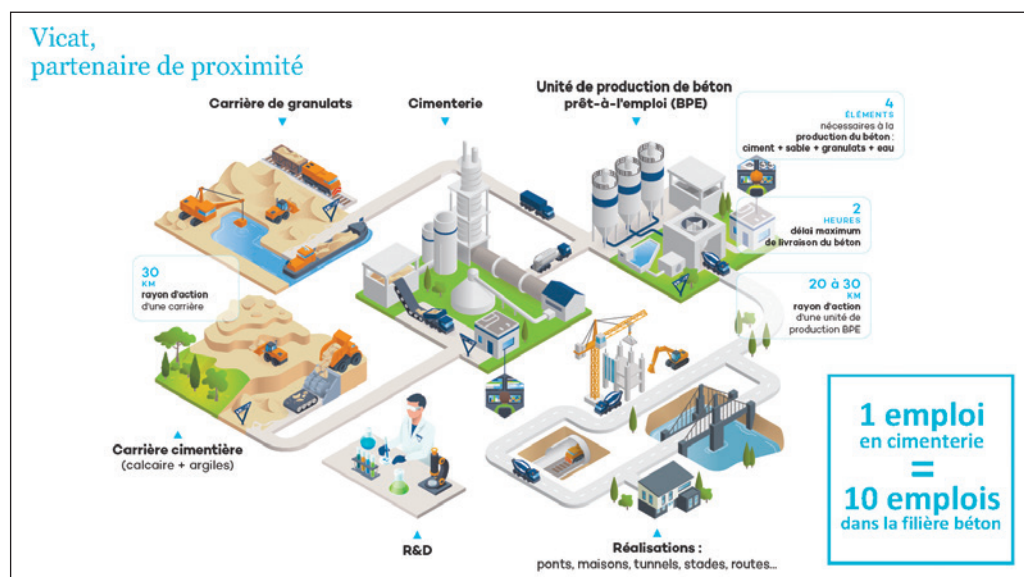


Figure 7

Organisation générale du groupe Vicat.

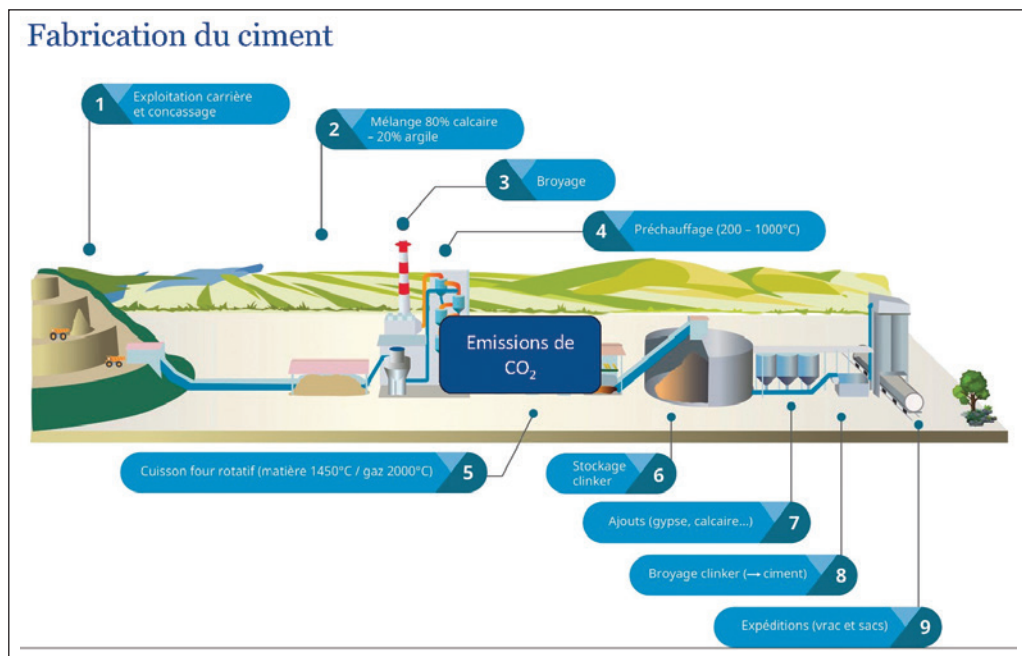


Figure 8

Procédé de fabrication du ciment.

95 % de nos émissions (scopes 1, 2 et 3⁷) proviennent de cette phase de transformation en cimenterie. C'est donc là que se joue l'enjeu majeur de notre activité. Et c'est précisément dans ce contexte que l'expertise des chimistes devient indispensable.

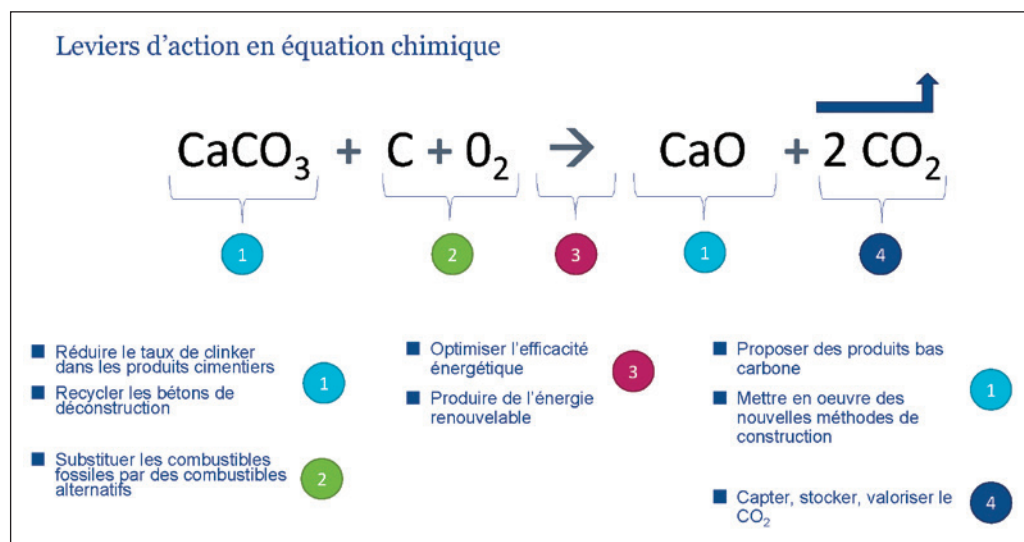
7. Scope : étendue en français. Lorsque l'on dresse un bilan carbone, on regarde différents domaines d'émissions de gaz à effet de serre. Dans le scope 1, nous prenons en compte les émissions réalisées par les installations de l'entreprise. Dans le scope 2, nous regardons les émissions indirectes liées à l'achat d'énergie (chauffage, électricité...) par l'entreprise. Enfin, le scope 3 permet la prise en compte des émissions indirectes induites par l'activité en amont et à l'aval de ses activités, notamment les approvisionnements et les transports réalisés par des tiers.

2 Lutte contre les émissions de gaz à effet de serre dans la production de ciment

2.1 Utilisation de l'équation de réaction chimique pour identifier les leviers d'action

Le clinker est le constituant principal du ciment. Pour simplifier, il résulte de la fusion partielle d'un mélange de calcaire pour 80 %, d'argile pour 20 % et de quelques autres additifs en très faible quantité.

La **figure 9** présente l'équation de formation de la chaux vive (CaO) qui se produit dans la tour de préchauffage par la réaction de décarbonatation du calcaire (CaCO₃) à haute température obtenue par une

**Figure 9**

Équation de formation de la chaux active et leviers d'actions contre l'émission de gaz à effet de serre.

combustion d'une source de carbone © et d'oxygène (O₂). Tant la décarbonatation que la combustion dégagent du CO₂. La chaux vive est le constituant de base du processus

de clinkérisation qui se produit dans le four.

Réduire les émissions de gaz à effet de serre revient à optimiser cette équation chimique.

L'offre bas carbone DECA
Exemple : béton

LE BAS CARBONE PAR VICAT





Une offre adaptée aux besoins des acteurs de la construction pour la RE2020

Engagé sur une trajectoire de neutralité carbone sur sa chaîne de valeur, Vicat présente son offre bas carbone : DECA. La gamme DECA répond ainsi aux enjeux de la RE2020 et plus globalement aux grands défis environnementaux.

Résidence ABC (Autonomous Building for Citizens) à Grenoble (France) : premier ouvrage réalisé avec du béton bas carbone DECA



Figure 10

Produits bas carbone proposés par le groupe Vicat.

On observe que la quantité de CO₂ rejetée est directement proportionnelle à la quantité de calcaire (CaCO₃) introduit dans le four et donc de clinker qui en sortira. Le premier levier pour réduire les émissions de CO₂ consiste donc à limiter la part de clinker dans les produits cimentiers, en le compensant par des ajouts minéraux variés moins carbonés. Ceci implique des travaux rigoureux de validation des nouveaux produits et leur adoption progressive sur le marché de la construction. Parallèlement, il est essentiel de développer des filières de recyclage adaptées aux bétons de déconstruction, permettant de limiter l'utilisation de produits neufs.

Le deuxième levier de réduction d'émissions de gaz à effet de serre vise à substituer les énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) par des combustibles alternatifs issus des déchets des territoires. La cimenterie est un outil particulièrement pertinent pour cette approche. La température de combustion très élevée (1 450 °C) permet en effet une destruction en quantité massive des polluants contenus dans les déchets, et le clinker réintègre les cendres issues de la combustion directement dans sa matrice. La cimenterie peut ainsi être considérée comme un outil industriel de valorisation et de destruction des déchets non dangereux ultimes, dont la production de ciment constitue le résultat final. On peut citer à titre d'exemple historique l'incinération des farines animales issues de la crise de la vache folle qui a été effectuée en cimenterie. Deux premières cimenteries du groupe Vicat

fonctionnent d'ores et déjà avec un taux de quasi 100% de combustibles alternatifs, sans recours aux combustibles fossiles.

Le troisième levier, mais on aurait pu commencer par lui, est l'optimisation du rendement de l'équation, qui passe par l'optimisation énergétique forte génératrice d'économies, diminution des consommations électriques par l'amélioration du rendement des machines et amélioration du bilan thermique.

Enfin, le quatrième levier est le déploiement de technologies de captation du CO₂ (projets CCU – Carbon Capture and Utilisation – et CCS – Carbon Capture and Storage), indispensables pour éviter toute émission résiduelle dans l'atmosphère. Ces technologies émergentes commencent à se concrétiser : la première cimenterie équipée d'un système de captation a démarré en Norvège, et Vicat prépare la sienne à Montalieu (Nord-Isère). Ces investissements, colossaux et non rentables à court terme sans mécanismes de support à la décarbonation, illustrent l'engagement du groupe en faveur de l'innovation et sa confiance en l'avenir.

2.2. Les solutions décarbonées développées par le groupe Vicat

En explorant des solutions pour réduire l'empreinte carbone de ses ciments, Vicat s'engage dans une démarche commerciale innovante, rompre avec les pratiques traditionnelles du secteur. Voici deux exemples de produits développés dans cette optique.

En France, Vicat propose la gamme DECA, une offre de produits aux bilans carbone réduits, conçus pour s'adapter aux besoins spécifiques des clients, aux différents types de construction ou à des exigences techniques particulières (Figure 10). La réglementation RE2020 joue un rôle clé dans cette approche, en fixant des limites strictes d'émissions de CO₂. Ces contraintes nous permettent de proposer des solutions clés en main, adaptées à une économie en transition. Sans ce cadre réglementaire, il serait en effet plus difficile de promouvoir ces nouveaux produits face au béton standard, largement dominant sur le marché.

Dans la gamme DECA, on trouve en particulier l'offre novatrice nommée CARAT. Celle-ci combine du clinker, émetteur de CO₂, avec du biochar, un matériau qui agit comme un puits de carbone (Figure 11). Le biochar, de couleur noire, donne au béton une teinte sombre. Il est aussi possible de substituer une partie du clinker par des argiles activées, ce qui confère au béton une couleur légèrement rosée. Les clients étant habitués au béton gris traditionnel sont aussi en transition pour adapter leurs habitudes. Convaincre les acteurs de la construction – un secteur par nature conservateur – prendra du temps, mais c'est une étape nécessaire pour effectuer la transition écologique.

Développement du premier liant zéro carbone

CARAT



L'offre bas carbone DECA de Vicat s'enrichit du **premier liant carbo-négatif CARAT** permettant d'obtenir un béton ultra bas carbone. Cette innovation renforce les engagements du Groupe pour atteindre la **neutralité carbone** sur sa chaîne de valeur d'ici 2050.

Disposant de **Modules d'Informations Environnementales vérifiées**, ce nouveau liant atteint les niveaux d'émissions nettes de CO₂ suivants :

- Le liant 0133H, dont les performances techniques se rapprochent d'un ciment 42,5 R a une valeur de -15 kg CO₂ /t.
- Le liant 2402H, dont les performances techniques se rapprochent d'un ciment 32,5 R a une valeur de -310 kg CO₂ /t.



Chantier de construction du nouveau siège social de Léon Grosse (Bron)

Figure 11

Projet CARAT à base de biochar proposé par le groupe Vicat.

Conclusion : de l'invention du ciment à l'industrie bas carbone

L'offre développée par le groupe Vicat illustre le passage d'un modèle linéaire à une économie circulaire intégrée aux territoires. À travers des solutions comme proposées par sa filiale CIRCULère (**Figure 12**), les matériaux issus de la déconstruction et les déchets locaux sont valorisés et réintroduits dans les cycles de production. Les cimenteries deviennent ainsi des plateformes industrielles locales, consommant des ressources et des énergies issues du territoire, et fournissant des matériaux à proximité des chantiers. Par leur ancrage géographique, elles limitent les transports, soutiennent l'emploi local et participent à une économie à taille humaine.

Le ciment et le béton, souvent perçus comme des matériaux bien connus, sont en réalité le support d'innovations scientifiques et industrielles continues. En 1817, Louis Vicat pose



Figure 12

Procédé du projet bas carbone CIRCULère du groupe Vicat.

les bases de la formulation du ciment et initie une aventure industrielle. Deux siècles plus tard, ses héritiers prolongent cette dynamique, pour répondre aux enjeux contemporains tout en réduisant l'empreinte carbone des produits (**Figure 13**).



Figure 13

Les actions menées par le groupe Vicat pour atteindre la neutralité carbone.