



Un projet d'envergure
pour la décarbonation
des industries du Grand Ouest
DOSSIER DE CONCERTATION

FICHE 3



DÉCARBONER LES PRODUCTIONS DU CIMENT ET DE LA CHAUX

**Pourquoi et comment ?
Quelles sont les alternatives ?**



La
décarbonation des
productions du ciment et de la
chaux est indispensable à plusieurs
titres. La fabrication de ces matériaux,
essentiels à de nombreuses activités en
grande quantité, génère d'importantes émissions
de CO₂, dont la majeure partie est inévitable. Dans
le même temps, ces filières de proximité contribuent
à la vitalité économique locale de nombreux
territoires : leur pérennisation est donc un enjeu
économique et social. Depuis plusieurs décennies, les
cimentiers et fabricants de chaux travaillent à réduire
l'empreinte carbone de leur production, au moyen
d'une combinaison de solutions techniques. En
complément de celles-ci, le captage du CO₂
en vue de son stockage est incontournable
pour atteindre la neutralité carbone
et assurer la pérennité de ces
secteurs industriels.

3.1 Un objectif global : la neutralité carbone

Pour limiter les effets du changement climatique, les émissions de gaz à effet de serre, dont le CO₂, doivent être réduites. L'Accord de Paris, adopté en 2015 lors de la COP21, a marqué un tournant historique : les pays signataires se sont engagés à maintenir l'augmentation des températures en dessous de 2°C, et à poursuivre les efforts pour la limiter à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels.

Pour atteindre cet objectif à son échelle, l'Union européenne s'est engagée dans une démarche de neutralité climatique en adoptant le **Pacte vert pour l'Europe, qui vise la neutralité carbone d'ici à 2050**. Pour y parvenir, l'Union européenne a mis en place un ensemble de mesures regroupées dans le « Paquet climat » (*Fit for 55*)¹ qui renforce le cadre réglementaire pour l'industrie. Parmi ces mesures figurent l'évolution du marché du carbone européen, avec la suppression progressive des quotas gratuits attribués aux sites industriels et la mise en œuvre du Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF). Ces évolutions doivent inciter les industriels les plus émetteurs à investir dans la décarbonation, tout en évitant des distorsions de concurrence. Le ciment est une des premières industries concernées par les évolutions du marché carbone européen et l'industrie de la chaux devrait suivre dans les prochaines années.



La neutralité carbone correspond à l'équilibre entre les émissions de CO₂ et leur absorption par les puits de carbone.



Pour en savoir  sur les enjeux économiques de GOCO₂
—> voir la Fiche 6a

Dans sa **Stratégie nationale bas-carbone (SNBC)**, la France s'est fixé une feuille de route pour atteindre cette neutralité carbone² instaurée par la **Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV)**. Des objectifs ont été définis pour tous les secteurs : transport, bâtiment, industrie, agriculture, etc. Selon le rapport annuel 2023 du Haut Conseil pour le Climat³, les émissions du secteur de l'industrie s'élèvent à 73 millions de tonnes de CO₂ en 2022, soit 18,1 % des émissions totales de gaz à effet de serre.

¹ Le paquet « Ajustement à l'objectif 55 » est un ensemble de dispositions législatives visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'Union européenne d'au moins 55 % d'ici à 2030 par rapport à 1990 et à mettre l'Union européenne sur la voie de la neutralité climatique d'ici à 2050.

² Ministère de la Transition écologique, Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

³ Haut Conseil pour le Climat, Rapport annuel 2023 – Acter l'urgence, engager les moyens : <https://www.hautconseilclimat.fr/publications/rapport-annuel-2023-acter-lurgence-engager-les-moyens/>

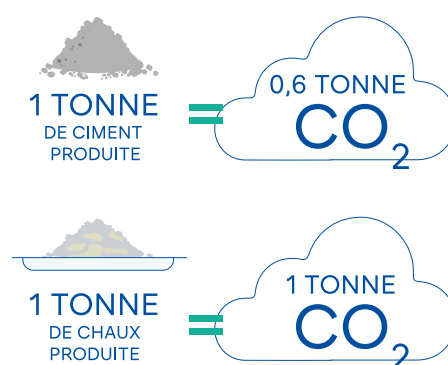
Au mois de novembre 2022, le Gouvernement a réuni les 50 sites industriels les plus émetteurs du pays et a fixé un objectif de division par deux des émissions industrielles françaises au cours de la prochaine décennie. Parmi ses axes stratégiques, l'État français a identifié quatre principales technologies de rupture dont l'hydrogène bas-carbone, la biomasse, l'électricité bas-carbone et le captage-stockage de carbone. Les différentes filières industrielles ont aussi été invitées à élaborer des feuilles de route pour la décarbonation de leurs activités : à ce titre, **les filières du ciment et de la chaux ont été identifiées comme prioritaires.**

3.2 Le ciment et la chaux : des matériaux dont la production doit être prioritairement décarbonée

De grands émetteurs de CO₂

Selon France Ciment, la production de ciment génère en moyenne 0,6 tonne de CO₂ par tonne produite. Avec une production atteignant les 15,4 millions de tonnes en 2023⁴, ce secteur est responsable d'environ 9,6 millions de tonnes d'émissions de CO₂ par an⁵, soit près de 3,5 % des émissions nationales. La chaux, quant à elle, émet environ une tonne de CO₂ pour chaque tonne produite. En 2023, sa fabrication a généré environ 2,5 millions de tonnes de CO₂⁶, soit 0,9 % des émissions nationales.

Les trois sites industriels concernés par le projet GOCO₂ – la cimenterie de Saint-Pierre-la-Cour (Lafarge), la cimenterie d'Airvault (Heidelberg Materials) et le site de production de chaux de Neau (Lhoist) – figurent ainsi dans la liste des 50 sites français les plus émetteurs de CO₂.



⁴ France Ciment, Le ciment en chiffres 2023-2024 : https://www.france-ciment.fr/wp-content/uploads/2024/12/CIMENT-CHIFFRES_2023-2024.pdf

⁵ Citepa, Rapport Secten 2025, Citepa : <https://www.citepa.org/donnees-air-climat/donnees-gaz-a-effet-de-serre/secten/>

⁶ Idem.

Des matériaux qui restent irremplaçables

Le ciment est le liant principal du béton, matériau de construction le plus utilisé au monde et l'un des produits le plus consommé. À ce jour, **aucun autre matériau ne permet de le remplacer à grande échelle dans de nombreuses infrastructures et activités économiques.**

La chaux joue également un rôle crucial dans des secteurs comme la sidérurgie, le traitement de l'eau, l'agriculture, la chimie ou encore la construction. **La chaux est irremplaçable dans la plupart des applications existantes et nécessaire à des applications émergentes** (notamment dans la filière du lithium).

Pour en savoir  sur les usages du ciment et de la chaux —> voir la Fiche 2

De nouvelles attentes des clients

Les utilisateurs de ciment et de chaux sont à la recherche de produits présentant une empreinte carbone réduite.

Pour le secteur du ciment, cela tient notamment à l'entrée en vigueur de la Réglementation environnementale 2020 (RE2020), dont l'un des principaux objectifs est la diminution de l'empreinte carbone de la construction neuve.

Pour la chaux, les clients ont aussi fait part de leur intérêt pour des produits présentant une empreinte carbone réduite afin de maîtriser l'impact environnemental de leur production.

Des filières de proximité

Le ciment et la chaux sont des matériaux pondéreux qui doivent être fabriqués à proximité de leurs lieux d'utilisation afin de limiter les coûts et les émissions de CO₂ liées à leur transport. **Leur production sur le territoire permet de sécuriser l'approvisionnement, de répondre à la demande et de préserver l'activité économique locale**, tout en produisant dans un cadre réglementaire exigeant assurant la protection de l'environnement.

À cet effet, les usines de production de ciment et de chaux, réparties à proximité de gisements de calcaire, contribuent à la vitalité économique locale de nombreux territoires, en garantissant des emplois qualifiés, stables et non délocalisables. L'industrie cimentière génère ainsi environ 4 500 emplois directs en France, auxquels s'ajoutent 25 000 emplois indirects (fournisseurs, transporteurs, partenaires de valorisation énergétique, producteurs d'énergies renouvelables...), et 510 000 emplois induits dans les secteurs aval de la production et la mise en œuvre du béton⁷. L'industrie de la chaux est aussi présente partout en France, avec près de 1 000 emplois directs⁸.

Dans l'ouest de la France, Heidelberg Materials à Airvault, Lafarge Ciments à Saint-Pierre-la-Cour et Lhoist à Neau approvisionnent principalement les Pays de la Loire, la Bretagne, la Normandie, la Nouvelle-Aquitaine, le Centre Val-de-Loire et la région parisienne, répondant ainsi aux besoins locaux en matériaux.

⁷ France Ciment, Feuille de route de décarbonation de la filière ciment – Juin 2023 : <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Priorites-et-actions/Transition-ecologique/feuille-de-route-ciment.pdf>

⁸ Union des producteurs de chaux calcique, Feuille de route de décarbonation 2030-2050 : <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Priorites-et-actions/Transition-ecologique/feuille-de-route-chaux.pdf>

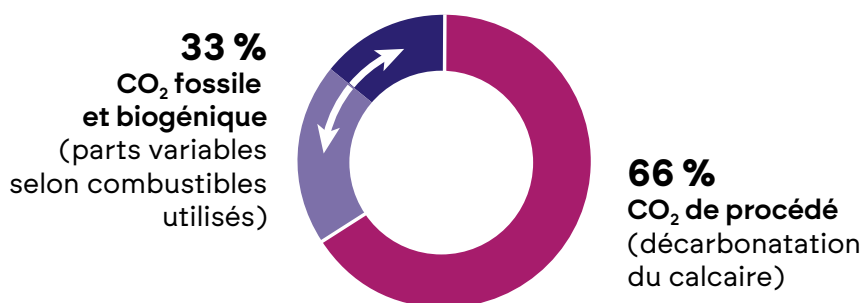
3.3 Le défi de la décarbonation des productions du ciment et de la chaux

Les productions du ciment et de la chaux génèrent d'importantes émissions de CO₂, en lien avec la nature même des procédés mis en œuvre. Sont distinguées :

- > Les émissions de CO₂ de procédé, associées à la décarbonation du calcaire, et inévitables⁹ ;
- > Les émissions de CO₂ d'origine fossile, provenant de l'utilisation de ressources fossiles (par exemple, le gaz naturel ou le coke de pétrole) ;
- > Les émissions de CO₂ biogéniques, provenant de l'utilisation de biomasse (pellets ou combustibles solides de récupération, notamment).

Le ciment et la chaux ont pour particularité, par rapport à d'autres filières industrielles, de présenter une part très importante d'émissions de CO₂ de procédé de l'ordre de 2/3 des émissions.

RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE CO₂ DU CIMENT ET DE LA CHAUX



⁹ À l'inverse, pour d'autres filières industrielles, des solutions alternatives sont envisageables afin de réduire voire d'éviter complètement les émissions de procédé : fours électriques ou réduction à l'hydrogène pour l'acier, par exemple.

3.4 Une stratégie de référence reposant sur des leviers de décarbonation progressifs et complémentaires

Pour répondre aux objectifs climatiques tout en assurant la continuité de leur activité, les filières du ciment et de la chaux ont publié en 2023, avec le soutien de l'État, **des feuilles de route pour leur décarbonation**. Ces documents fixent une trajectoire chiffrée de réduction des émissions à horizon 2030 et 2050, et identifient une combinaison d'actions (« leviers ») complémentaires à mettre en œuvre.

Cinq leviers pour la décarbonation de la production du ciment

La feuille de route de décarbonation de la filière cimentière¹⁰, issue des travaux conjoints du Conseil national de l'industrie, de l'État et des acteurs du secteur, identifie **5 actions principales et complémentaires à mettre en œuvre**.

Amélioration de l'efficacité énergétique

La recherche de l'efficacité énergétique des industries est primordiale dans toute démarche de décarbonation, afin de réduire à la source les besoins énergétiques, et donc les émissions de CO₂ associées à la combustion.

Dans l'industrie du ciment, les principales solutions mises en œuvre sont la mise en place de tours de préchauffage et de précalcinateurs (pour les sites industriels qui n'en sont pas encore dotés), ou encore le remplacement des refroidisseurs des fours à clinker.

¹⁰ France Ciment, Feuille de route de décarbonation de la filière ciment – Juin 2023 : <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Priorites-et-actions/Transition-ecologique/feuille-de-route-ciment.pdf>

Augmentation du taux de substitution des combustibles fossiles par des combustibles alternatifs

La production du ciment requiert beaucoup d'énergie pour la cuisson du clinker principalement et son broyage dans une moindre mesure. L'utilisation de combustibles alternatifs aux ressources fossiles, comme **la biomasse ou les combustibles solides de récupération**¹¹, est un moyen de réduire les émissions de CO₂ fossiles issues de la production de cette chaleur. En 2023, le secteur ciment a consommé plus de 1,7 million de tonnes de déchets. Ces combustibles alternatifs aux ressources fossiles représentent ainsi 52 % des besoins en énergie thermique¹².

Évolution attendue du taux de substitution des combustibles fossiles par des combustibles alternatifs

2015	2023	2030	2050
38 %	52 %	80 %	85 %

Mise sur le marché de ciments à plus faible teneur en clinker

Le clinker est le constituant principal du ciment, et lui confère tous ses atouts. Sa production génère toutefois des émissions de CO₂.

C'est pourquoi les industriels cherchent à développer de **nouvelles recettes de ciments dans lesquels la proportion de clinker est réduite au profit d'autres matériaux présentant une empreinte carbone moins élevée**. Les matériaux traditionnellement utilisés sont les laitiers de haut-fourneau (ils sont alors considérés comme des matières premières secondaires plutôt que des déchets de la production de l'acier) mais leur disponibilité tend à diminuer. D'autres matériaux sont aujourd'hui utilisés, notamment l'argile calcinée.

Développement de ciments alternatifs

L'industrie cimentière mène actuellement des travaux de recherche et de développement sur des ciments alternatifs.

D'après la feuille de route de décarbonation de la filière cimentière, « *Les ciments alternatifs correspondent à des innovations sur de nouveaux clinkers obtenus avec des températures de cuisson inférieures au clinker actuel et qui peuvent faire appel à d'autres mécanismes de réaction (par exemple, les géopolymères). Ces technologies sont considérées comme étant de rupture ou émergentes. Elles répondent à des applications spécifiques et n'ont donc pas encore fait l'objet d'un chiffre détaillé* ».

¹¹ Les Combustibles solides de récupération (CSR) sont des déchets non dangereux, non recyclables dans les conditions technico-économiques du moment, qui ont été préparés spécifiquement en vue d'être utilisés à des fins de valorisation énergétique en substitution d'énergies fossiles.

¹² France Ciment : <https://www.france-ciment.fr/enjeux/economie-circulaire/>

Captage et valorisation ou stockage de carbone

La feuille de route de la filière cimentière démontre que les leviers précités ne suffisent pas pour parvenir à la décarbonation de la production du ciment. Le captage en vue de la valorisation ou du stockage du CO₂ apparaît donc incontournable.

Les leviers de décarbonation pour la production de la chaux

L'Union des producteurs de chaux calcaïque a quant à elle identifié **trois grands leviers de décarbonation**¹³.

Changement de combustible

En 2021, le gaz naturel constituait encore le principal combustible (avec une part de 75 % environ¹⁴) utilisé pour la calcination du calcaire.

À l'instar du ciment, les combustibles fossiles sont amenés à être progressivement remplacés par des **combustibles alternatifs** (biomasse, biogaz, hydrogène vert, électricité bas-carbone).

Nouvelles technologies en développement

De nouvelles technologies, notamment de calcination, pourraient permettre de réduire les émissions de CO₂ associées aux consommations énergétiques (four électrique, four à séparation de CO₂ de process et de combustion).

Ces nouvelles technologies ne permettront toutefois pas de réduire les émissions de procédé liées à la décarbonation du calcaire. Par ailleurs, au regard du très faible niveau de maturité de ces nouvelles technologies (*« en cours de développement mais [qui] ne seront pas disponibles dans les années proches »*¹⁵), **ce levier est considéré comme non-atteignable à l'horizon de mise en œuvre de GOCO₂**.

Captage et valorisation ou stockage de carbone

Comme pour le ciment, le captage en vue de la valorisation ou du stockage du CO₂ est le dernier levier à actionner, en complément des autres, pour approcher la neutralité carbone de la production de chaux.



Les leviers de décarbonation sont complémentaires.



¹³ Union des producteurs de chaux calcaïque, Feuille de route de décarbonation 2030-2050 : <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Priorites-et-actions/Transition-ecologique/feuille-de-route-chaux.pdf>

¹⁴ Union des producteurs de chaux calcaïque, Feuille de route de décarbonation 2030-2050 : <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Priorites-et-actions/Transition-ecologique/feuille-de-route-chaux.pdf>

¹⁵ Union des producteurs de chaux calcaïque, Feuille de route de décarbonation 2030-2050 : <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Priorites-et-actions/Transition-ecologique/feuille-de-route-chaux.pdf>

Captage, valorisation et stockage du CO₂ : un levier incontournable et de dernier recours

Le captage, la valorisation et le stockage du CO₂ consiste à récupérer le CO₂ à la source, avant qu'il ne soit rejeté à l'atmosphère où il participe au changement climatique. Le CO₂ ainsi capté peut ensuite être utilisé comme matière première dans d'autres industries ou stocké dans des formations géologiques profondes.

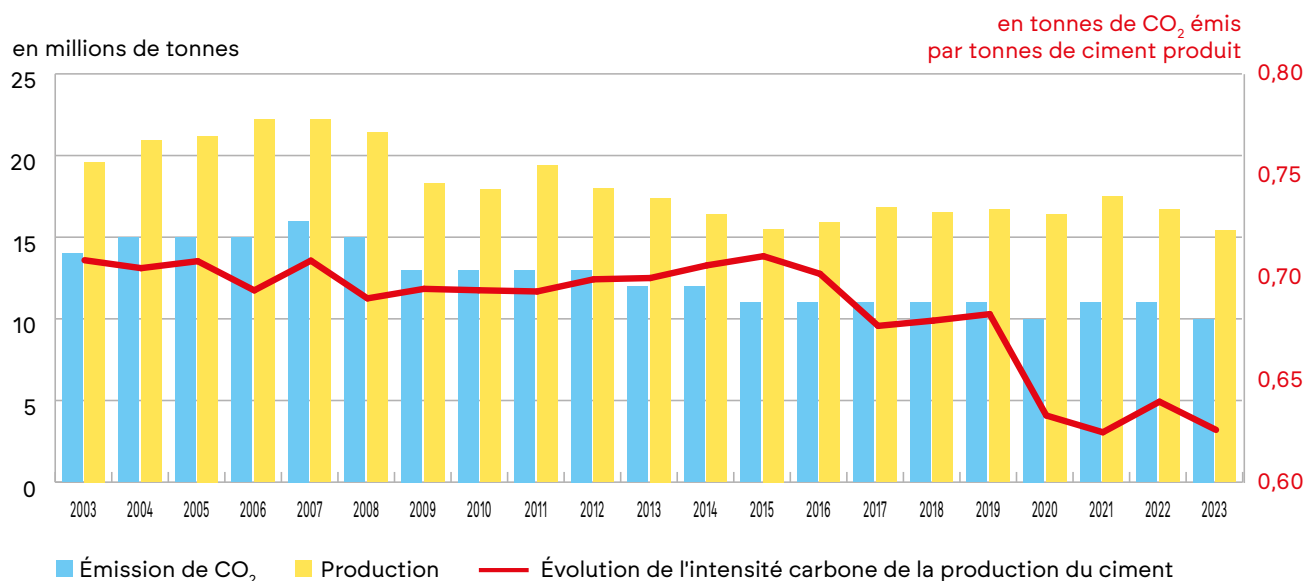
Ce levier est indispensable pour la décarbonation des productions du ciment et de la chaux car c'est le seul levier à même d'éviter le rejet d'émissions de procédé liées à la décarbonation du calcaire. C'est par ailleurs une **solution de dernier recours** : compte tenu de son coût et de sa complexité, les cimentiers et producteurs de chaux ont tout intérêt à maximiser les autres leviers de décarbonation pour réduire au maximum le

volume d'émissions à capter, à stocker et/ou à utiliser. En d'autres termes, il s'agit d'abord de réduire les émissions à la source (efficacité énergétique, substitution des combustibles fossiles, évolution des produits et procédés), avant de recourir à des solutions de captage pour traiter les émissions inévitables.

Pour en savoir + au sujet du captage, de la valorisation et du stockage
—> voir la Fiche 3a

L'évolution de l'intensité carbone témoigne de cette stratégie de décarbonation en deux temps (réduction à la source d'abord, puis captage) : depuis plusieurs années, grâce aux efforts entrepris par les industriels, les émissions associées à la production de ces matériaux ne cessent de diminuer, au fur et à mesure du développement de l'usage de combustibles alternatifs, des optimisations apportées aux fours pour en augmenter l'efficacité énergétique et à l'incorporation de matières alternatives au clinker (pour le ciment).

Évolution des émissions de CO₂ de la production du ciment de 2003 à 2023



Sources : rapport Secten pour les données d'émissions, Infociments pour les données de production



LE CCUS, LEVIER INCONTOURNABLE POUR LA DÉCARBONATION DE L'INDUSTRIE

Extrait du document *État des lieux et perspectives de déploiement du CCUS en France*

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), dans son évaluation des trajectoires permettant d'atteindre des émissions mondiales net zéro de CO₂ (condition clé de la stabilisation du réchauffement planétaire) évalue le rôle de la capture et séquestration du carbone (CCUS) comme une option crédible pour réduire les émissions provenant de grands systèmes industriels ou énergétiques ayant recours aux énergies fossiles. Par ailleurs, le GIEC estime que le déploiement des technologies CCUS est à ce jour largement inférieur à celui cohérent avec une limitation du réchauffement sous 2°C.

En outre, l'Agence Internationale de l'Énergie estime que le CCUS

permettrait de réduire d'environ 10 % des émissions mondiales de GES à l'horizon 2050. L'intérêt de recourir aux technologies de CCUS pour lutter contre le changement climatique a également été acté dans la décision de la COP28 qui s'est tenue à Dubaï en décembre 2023. Au niveau européen, le règlement *Net-Zero Industry Act* fera du CCUS une option stratégique clé pour l'atteinte de la neutralité carbone à horizon 2050, au même titre que l'hydrogène, les énergies renouvelables électriques et le nucléaire. Ce cadre prévoit ainsi le développement de 50 millions de tonnes de capacité annuelle de stockage géologique de CO₂ au sein de l'Union européenne d'ici 2030, ainsi que des obligations pour les producteurs

d'hydrocarbures de contribuer à l'atteinte de ces objectifs.

La Commission européenne a également publié le 6 février 2024 une première version de la stratégie pour la gestion industrielle du carbone, mettant l'accent sur le développement des capacités de stockage, du réseau de transport ainsi que la mobilisation d'instruments financiers existants pour développer ces projets en ligne avec les besoins pour atteindre la neutralité climatique en 2050. La Commission européenne projette ainsi un développement de la capture du CO₂ pouvant atteindre 280 MTCO₂e en 2040 et 450 MTCO₂e en 2050.

3.5 Les alternatives pour réduire les émissions du CO₂ du ciment et de la chaux

La sobriété dans les usages des matériaux

La sobriété dans l'usage du ciment et de la chaux est essentielle pour réduire les émissions globales. La consommation de ciment et de chaux en France est d'ores et déjà orientée à la baisse depuis plusieurs années et cette baisse devrait se poursuivre. La consommation du ciment devrait cependant, d'après le scénario de l'Ademe précédemment décrit, se stabiliser

autour de 16 millions de tonnes en 2050, contre 17,9 millions de tonnes en 2023, compte tenu des atouts de ce matériau, qui est en outre irremplaçable pour certains usages. Il en va de même pour la chaux, avec des besoins existants qui se maintiendront, et de potentiels nouveaux usages.

Pour en savoir  sur les évolutions prévisibles des consommations de ciment et de chaux

→ voir la Fiche 2

Dans le même temps, la demande en matériaux à faible empreinte carbone devrait augmenter. (voir §3.2).

Les filières de ciment et de chaux doivent ainsi faire évoluer leurs productions pour proposer des produits à plus faible empreinte carbone.

Les méthodes alternatives de production

Les ciments actuellement disponibles comprennent du clinker, dont la production génère du CO₂. Des travaux de recherche et de développement sont en cours sur de « nouveaux clinkers », dont la production générerait moins de CO₂. Par ailleurs, des liants sans clinker (et donc sans les émissions de CO₂ associées) sont déjà disponibles sur le marché.

En effet, les ciments à base de nouveaux clinkers et les liants sans clinkers ne permettront pas de couvrir l'ensemble des usages aujourd'hui assurés par les ciments existants, en particulier les usages nécessitant une haute résistance, une durabilité renforcée ou soumis à des réglementations strictes (ouvrages d'art, génie civil...). L'obtention des certifications requises pour les différents usages nécessitera du temps. La production de ces liants pose aussi des questions de mise à l'échelle (avec des niveaux de maturité technologique souvent faibles), et de bilan environnemental (usage de composés chimiques ou de matières dont la pérennité n'est pas assurée - comme le laitier de hauts-fourneaux). Les cimentiers comme Lafarge Ciments ou Heidelberg Materials conduisent des programmes de recherche sur ces liants alternatifs qui pourraient venir compléter leurs offres de produits.

Par ailleurs, **aucune alternative industrielle à la production de chaux par calcination du calcaire n'est disponible à ce jour.** De nouvelles technologies sont en développement (four électrique, four à séparation de CO₂ de procédé et de combustion, nouveau four Maerz) mais

leur niveau de maturité sera insuffisant à l'horizon de mise en œuvre de GOCO₂ (niveau TRL 4-5¹⁶).

En résumé, si les recherches en matière de production de ciment et de chaux ouvrent des perspectives intéressantes à long terme, elles ne constituent pas aujourd'hui une solution crédible pour atteindre les objectifs de réduction d'émissions fixés à l'horizon 2030.

La délocalisation des productions

Une dernière alternative pourrait être d'arrêter les productions de ciment et de chaux, et d'importer ces matériaux.

La délocalisation des productions du ciment et de la chaux aurait des conséquences environnementales, économiques et sociales très négatives.

Sur le plan environnemental, les émissions de la production seraient simplement déplacées et il faudrait y ajouter les émissions liées au transport des matériaux sur de plus longues distances. La France perdrait en autonomie stratégique pour des matériaux qui sont essentiels. La délocalisation engendrerait aussi un impact sur le prix des matériaux, revus à la hausse pour intégrer les coûts de transport. Sur le plan socio-économique, la délocalisation des productions impliquerait des fermetures de sites industriels et des filières économiques locales seraient fragilisées.

Il ne s'agit évidemment pas d'une issue souhaitable pour les industries du ciment et de la chaux, qui ambitionnent de poursuivre leurs activités au sein des territoires français, en contribuant activement à la transition écologique, à la souveraineté industrielle et à l'emploi local.

16 « L'échelle TRL (en anglais Technology Readiness Level, qui peut se traduire par niveau de maturité technologique) est un système de mesure employé pour évaluer le niveau de maturité d'une technologie (matériel, composants, périphériques, etc.), notamment en vue de financer la recherche et son développement ou dans la perspective d'intégrer cette technologie dans un système ou un sous-système opérationnel. » : Technology readiness level — Wikipédia

