



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



DÉCARBONATION
DE L'INDUSTRIE

FEUILLE DE ROUTE DE LA FILIÈRE CIMENT

MAI
2021



Sommaire

Feuille de route de décarbonation de la filière Ciment

I - Introduction et inventaire des émissions de gaz à effet de serre du CSF Industries pour la Construction	3
II - Les leviers de décarbonation de la filière ciment.....	6
Levier 1 : La poursuite de l'amélioration de l'efficacité énergétique	7
Levier 2 : L'augmentation du taux de substitution des combustibles fossiles par des combustibles alternatifs	8
Levier 3 : La mise sur le marché de nouveaux ciments à plus faible teneur en clinker.....	8
Levier 4 : Le développement de ciments alternatifs.....	9
Levier 5 : Captage, transport et stockage ou utilisation du carbone	9
III - Les actions prévues par la filière.....	9
Action 1 : Optimisation de l'efficacité énergétique des sites industriels.....	9
Action 2 : Augmentation du taux de substitution des énergies fossiles par des déchets énergétiques.....	9
Action 3 : Mise sur le marché des ciments faiblement carbonés	10
Action 4 : Etude sur le piégeage, le transport, le stockage et de la valorisation du CO ₂	10
Action 5 : Poursuite des investissements en recherche et développement vers des technologies de rupture	10
Action 6 : Réduction de l'empreinte carbone dans la construction.....	10
IV - Le soutien attendu de l'Etat pour la décarbonation de la filière.....	10

Feuille de route de décarbonation du secteur du ciment

CSF Industries pour la Construction

I - Introduction et inventaire des émissions de gaz à effet de serre du CSF Industries pour la Construction

En 2015, les émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'industrie française ont représenté **82 Mt de CO₂eq¹** et celles des industries des produits minéraux non métalliques se sont élevées à **18,3 Mt CO₂ (22,3% des émissions de l'industrie)**.

Inventaire des émissions de GES par sous-secteur du CSF

Parmi ces **18,3 Mt de CO₂²** pour la production de produits minéraux, les informations communiquées par les secteurs font état de :

- **Clinker** : 10,75 MtCO₂eq, dont 60 % liées à la décarbonation du calcaire (émissions procédés) et 40 % liées à la combustion. Le clinker est à la base de la production de ciment.
- **Verre** : 2,7 MtCO₂eq, dont 2 200 kt liées à la combustion et 500 kt liées à la décarbonation des matières premières.
- **Chaux** : 1,9 MtCO₂eq, (3 Mt de chaux * 648 kg/t); les volumes de chaux sont utilisés majoritairement dans l'industrie ; une faible partie de la chaux (essentiellement les chaux dites hydrauliques) sont utilisées dans la construction.
- **Tuiles & briques** : 0,65 MtCO₂eq, (4.1 Mt de produits * 157 kg/t) ; 24 % des émissions sont liés au procédé (38 kg CO₂/t de produit).
- **Plâtre** : 0,12 MtCO₂eq (pour une production de 2,5 Mt, estimation).

Les produits listés ci-dessus représentent donc près de 90 % des émissions de produits minéraux.

Les émissions liées à la **production de métaux ferreux et non ferreux sont prises en compte par ailleurs** mais pour autant ne sont pas négligeables dans la construction (armatures, constructions métalliques, profilés aluminium des fenêtres...).

¹ Les émissions sont exprimées en équivalent CO₂ (CO₂eq) en fonction de leur impact sur l'effet de serre (1 kg de méthane a par exemple un impact 25 fois plus important qu'1 kg de CO₂).

² Données SECTEN 2019 du CITEPA pour l'année 2015.

L'industrie du Ciment est donc la principale filière émettrice du CSF Industries pour la Construction et des industries des produits minéraux non métalliques, avec l'émission de **10,75 Mt CO_{2eq} (13,1%) en 2015**.

Le scénario de la **Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC)** prévoit pour la filière de la **production de minéraux non métalliques** une réduction des émissions de respectivement **24% en 2030 et 85% en 2050 par rapport à 2015**.

À la suite des travaux pour la décarbonation de l'industrie du Conseil National de l'Industrie, l'Etat et la filière conviennent ici d'une **feuille de route pour la décarbonation du secteur du ciment aux horizons 2030 et 2050** visant à tendre vers le scénario de la SNBC, en détaillant les leviers qui seront mis en œuvre pour rendre cette trajectoire possible. Les autres secteurs de la filière seront traités en 2021 dans des feuilles de route dédiées.

La trajectoire de la profession cimentière pour 2030 prévoit ainsi une réduction de ses émissions de **2,5 Mt CO_{2eq}, soit une diminution de 24 % par rapport au niveau de 2015, en phase avec le scénario de la SNBC**.

Pour la période 2030-2050, la trajectoire retenue est de – **8,3 Mt CO_{2eq} en 2050 par rapport à 2015, soit une réduction de 80 % par rapport à 2015**.

En parallèle, d'autres travaux - au prisme plus large - sont en cours entre l'ADEME et certains secteurs de l'industrie, dont l'industrie cimentière, pour co-construire des trajectoires de décarbonation ambitieuses à **horizon 2050**, conformément aux objectifs de l'industrie de la Stratégie Nationale Bas Carbone, sur la base d'analyses bibliographiques, d'échanges avec les industriels et de retours d'experts (projet des **Plans de Transition Sectoriels**³, auxquels les industriels se sont engagés à contribuer lors des discussions ayant permis de faire émerger la présente feuille de route). Ces travaux permettent également d'estimer les investissements nécessaires pour déployer les leviers de décarbonation identifiés à l'échelle du secteur, d'identifier les impacts sur l'emploi, et de mettre en contexte la trajectoire du secteur en tenant compte de son implantation territoriale et de ses marchés également en transition. Au travers d'échanges et d'ateliers, le projet permet de soulever auprès des industriels et leurs parties prenantes (clients, fournisseurs, compétiteurs, financeurs, etc.) les actions publiques et privées à mettre en place pour suivre les trajectoires de décarbonation.

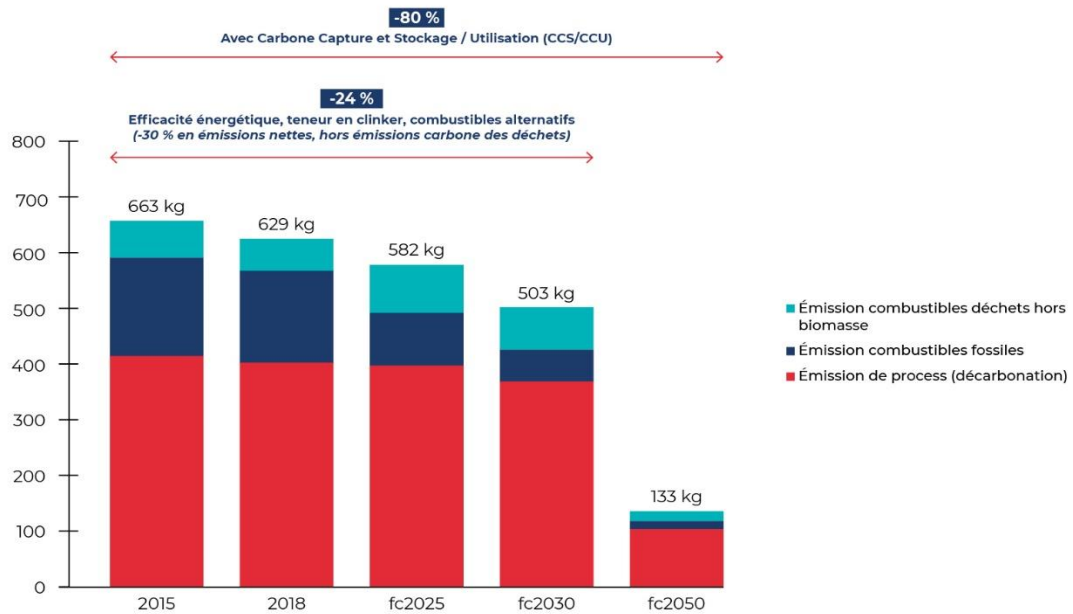
Ces travaux prospectifs sont cités dans cette feuille de route pour éclairer certains aspects. Les résultats intermédiaires de l'étude sur le ciment sont disponibles en ligne⁴, et leur synthèse est présentée dans l'annexe 2.

Les jalons de la trajectoire détaillée dans le présent document, entre 2015 et 2030/2050 sont présentés dans le graphique ci-après, où les émissions de GES sont ramenées à la tonne de ciment produite. Ce graphique distingue les émissions liées au processus de production de ciment (lors de la décarbonation du calcaire), les émissions liées à l'utilisation de combustibles fossiles et les émissions liées à l'utilisation de déchets comme combustibles (hors biomasse).

³ <https://finance-climact.fr/actualite/plans-de-transitions-sectoriels/>

⁴ <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4406-ciment-premiers-resultats-technico-economiques-9791029717161.html>

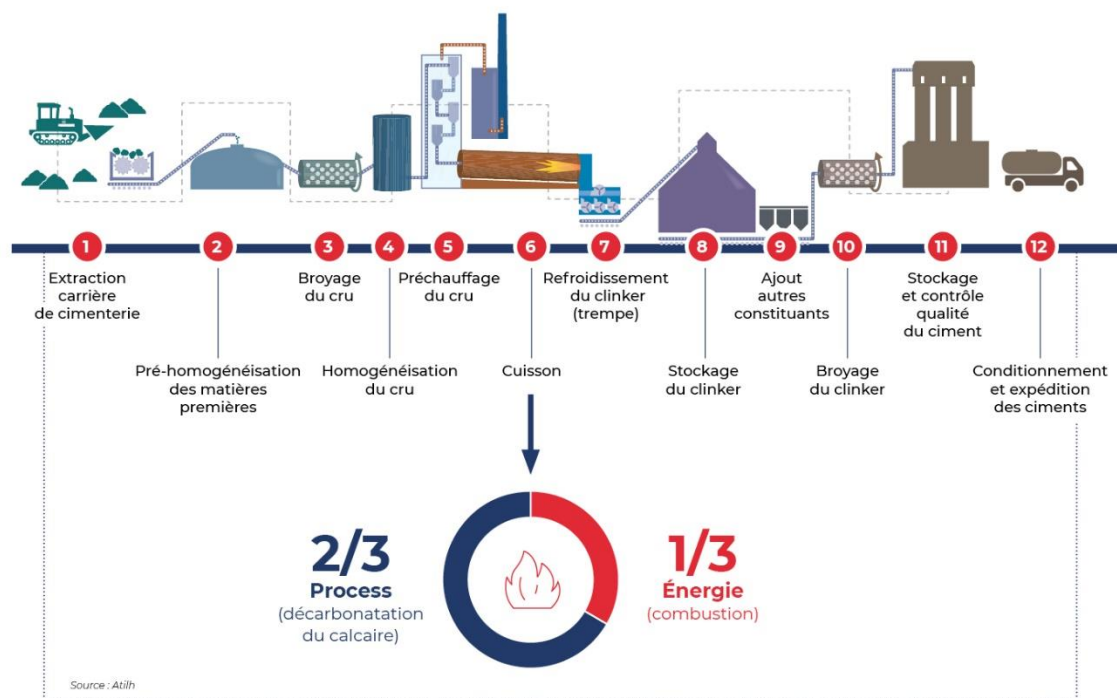
Évolution des émissions CO₂ du secteur cimentier (en kgCO₂/T. de ciment)



II - Les leviers de décarbonation de la filière ciment

Le schéma ci-après reprend les différentes étapes de production du ciment, de la carrière à l'expédition des produits. Dans le cadre de cette feuille de route sont considérées prioritairement les émissions directes (scope 1) liées à la production de clinker, sur la base des émissions ETS.

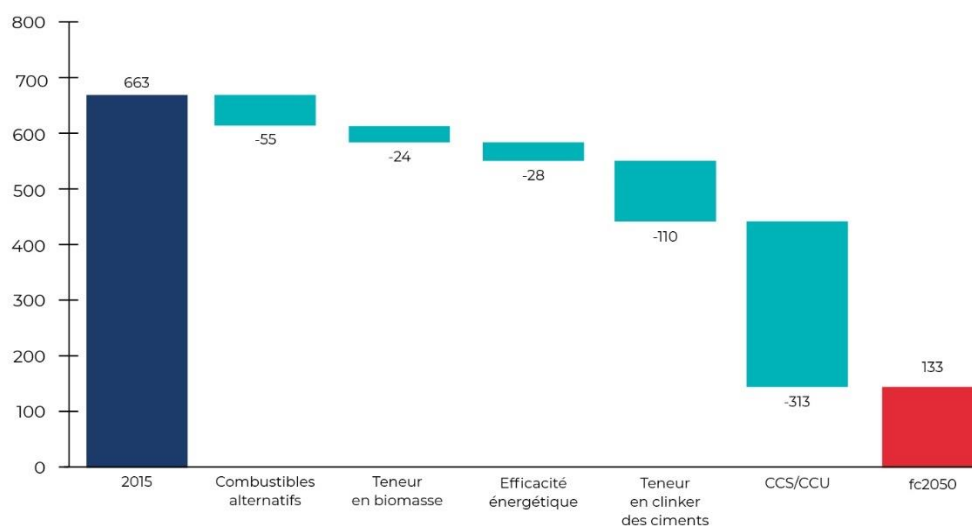
Process industriel du ciment



La réduction des émissions de carbone de la production de ciment mobilisera plusieurs leviers techniques qui sont décrits dans cette partie, et dont les potentiels de réduction associés sont résumés dans le graphique ci-après.

Leviers de réduction des émissions de carbone

(en kgCO₂/T. de ciment)



Levier 1 : La poursuite de l'amélioration de l'efficacité énergétique

Les principaux gisements d'amélioration portent d'une part sur les procédés et d'autre part sur les consommations électriques.

1 - Actions sur les procédés :

- Transformation des process cimentiers en voie sèche avec tour de préchauffage et précalcinateur ;
- Remplacement des refroidisseurs des fours à Clinker par des refroidisseurs dernières technologies.

L'objectif est de réduire la consommation énergétique d'un site à production constante et donc d'améliorer sa consommation calorifique moyenne. Le potentiel de réduction des émissions est estimé à **0,33 Mt CO₂** en 2030 (et **0,44 Mt CO₂** en 2050).

2 - Efficacité énergétique électrique (mentionnée pour information, bien que sans impact sur les émissions directes de CO₂):

- Meilleure efficacité des moteurs (remplacement des moteurs à courant continu par des moteurs à courant alternatif) ;
- Installation de compresseurs/ventilateurs dernières générations ;
- Mise en place d'éclairage LED en remplacement des éclairages conventionnels existants.

Bien que relativement limités, les gains apportés sont issus de techniques qui sont éprouvées et indispensables pour mobiliser ensuite les autres leviers (combustibles issus de déchets, etc.).

Levier 2 : L'augmentation du taux de substitution des combustibles fossiles par des combustibles alternatifs

1 – Augmentation du taux de combustibles alternatifs contenant de la biomasse

Les combustibles fossiles et alternatifs sont utilisés dans le processus de cuisson pour fabriquer le clinker dans les fours de cimenteries. Les combustibles fossiles sont progressivement remplacés par des déchets énergétiques tels que des huiles, des pneus usagés non réutilisables, des résidus de solvants et peintures, des liquides énergétiques ainsi que des combustibles solides de récupération (CSR).

En 2019, les combustibles de substitution ont représenté 41% de la consommation d'énergie.

Le potentiel de réduction des émissions de CO₂ d'ici 2030 est ainsi estimé à **0,86 Mt CO₂** (et de **0,86 Mt CO₂** en 2050)⁵ correspondant à un taux de substitution des combustibles fossiles de 80 % en 2030 (et de 85 % en 2050).

2 - Augmentation de la part de biomasse dans les combustibles

Il s'agit d'augmenter la part de déchets biosourcés dans les combustibles alternatifs. Les volumes de biomasse dans les combustibles devraient augmenter de 400 kT en 2016 à 1030 kT en 2030.

Pour ce levier, le potentiel de réduction des émissions de CO₂ d'ici 2030 est estimé à **0,20 Mt CO₂** et de **0,37 Mt CO₂** en 2050.

Levier 3 : La mise sur le marché de nouveaux ciments à plus faible teneur en clinker

Les cimentiers utilisent des ajouts depuis de nombreuses années, comme par exemple les laitiers, sous-produits de la sidérurgie, utilisés depuis plus de 100 ans pour leurs propriétés d'hydraulicité. L'enjeu est d'augmenter la part de ces ajouts, et de diversifier leur source, notamment en augmentant la part d'argiles calcinées⁶ et de calcaire dans les ciments.

L'objectif est la mise sur le marché de nouveaux ciments à basse empreinte carbone, avec une teneur moindre en clinker. L'empreinte carbone est diminuée de 50 % par rapport à un Cem I (ciment essentiellement composé de clinker) et de 35 % comparé à la moyenne des ciments actuellement commercialisés.

Le potentiel de réduction des émissions de CO₂ d'ici 2030 est estimé à **1,1Mt CO₂** (et de **1,7 Mt CO₂** en 2050), ce qui correspond à une augmentation du ratio C/K (ciment / clinker) de 1,27 actuellement à 1,4 en 2030 et 1,5 en 2050.

⁵ Le prévisionnel de consommation des CSR est de 1 MioT en 2025 (contre 310 kT en 2018), en phase avec les investissements déjà opérationnels, en cours de réalisation et programmés sur les différents sites. Le facteur d'émission carbone fossile des CSR est estimé à 0.9 T_{CO2}/T_{CSR}.

Seule la partie biomasse de ces déchets est prise en compte et décomptée des émissions du secteur cimentier, conformément aux règles de comptabilisation tant de la SNBC que du marché ETS.

⁶ Les émissions de CO₂ liées à la calcination des argiles ne sont pas prises en compte faute de données.

Levier 4 : Le développement de ciments alternatifs

Les ciments alternatifs correspondent à des innovations sur de nouveaux clinkers obtenus avec des températures de cuisson inférieures au clinker actuel.

Ces technologies sont soit des technologies de rupture, soit des technologies répondant à des applications très spécifiques, elles n'ont donc pas fait l'objet d'un chiffrage détaillé, mais un développement plus rapide qu'anticipé de ces solutions pourrait permettre d'envisager des réductions d'émissions additionnelles pour le secteur.

Levier 5 : Captage, transport et stockage ou utilisation du carbone

Il s'agit de développer les technologies de captage, de transport de stockage et de réutilisation des émissions de CO₂ pour atteindre les hauts niveaux de décarbonation attendus.

Les réductions attendues sont postérieures à 2030 ; plusieurs sites pilotes en Europe expérimentent actuellement les différentes technologies disponibles. On estime que les premiers projets de CCU/S en Europe pourront être opérationnels à partir de 2025 (Northern Lights en Norvège, LEILAC en Allemagne...).

Le potentiel de réduction des émissions de CO₂ d'ici 2050 pourrait être de **5 Mt CO₂**.

III - Les actions prévues par la filière

Action 1 : Optimisation de l'efficacité énergétique des sites industriels

- Investir, sous réserve de la viabilité technico-économique, dans des solutions d'efficacité énergétique des cimenteries. Ces investissements varient de quelques millions d'euros (changement de refroidisseur de fours) à plusieurs centaines de millions d'euros (modification du process de la cimenterie en voie sèche avec précalcinateur).
- Renforcer la formation des personnes concernées sur la transition énergétique par la participation à des programmes type Prorefei/INVEEST.

Action 2 : Augmentation du taux de substitution des énergies fossiles par des déchets énergétiques

- Investir pour utiliser des combustibles alternatifs (déchets...) contenant notamment de la biomasse à la place de combustibles fossiles. Cela nécessitera, sous réserve de la viabilité technico-économique, de poursuivre les investissements (de l'ordre de 5 à 15 M€ par site) pour pouvoir augmenter le taux d'intégration des déchets énergétiques (atelier de stockage, préparation, séchage, manutention...).

Action 3 : Mise sur le marché des ciments faiblement carbonés

- Mettre à disposition du marché des ciments bas carbone et ce dès que le processus de normalisation en cours sera terminé (soit courant 2021).
- Investir, sous réserve de viabilité technico-économique, dans des installations de production de nouveaux constituants des ciments bas carbone (coût estimatif d'une telle installation de l'ordre de plusieurs dizaines de millions d'euros).
- Protéger les ressources d'argile française aux caractéristiques physico-chimiques propres à la production d'argile calcinée.
- Promouvoir le maintien d'une allocation CO₂ du laitier en adéquation avec son statut de sous-produit de la sidérurgie.

Action 4 : Etude sur le piégeage, le transport, le stockage et de la valorisation du CO₂

- Etudier la viabilité des projets de capture, transport et stockage/utilisation de CO₂ et mise en place d'un projet pilote sur des sites industriels français (projets actuellement en cours d'étude et de recherche de financement).

Action 5 : Poursuite des investissements en recherche et développement vers des technologies de rupture

- Continuer à investir en recherche dans des technologies de rupture, que ce soit sur les process de production existants ou nouveaux, en particulier pour réduire les coûts et accélérer les perspectives d'industrialisation.

Action 6 : Réduction de l'empreinte carbone dans la construction

- Travailler avec l'ensemble de la chaîne de valeur de la construction sur la réduction de l'empreinte carbone du m² construit : optimisation des systèmes constructifs, carbonatation du béton (projet "Fastcarb" sur la carbonatation des granulats de béton recyclés), déconstruction et réutilisation des matériaux... permettant ainsi de développer de nouveaux services et de faire évoluer à terme le modèle économique de l'industrie cimentière.

IV - Le soutien attendu de l'Etat pour la décarbonation de la filière

Dans le cadre de France Relance, le Gouvernement a mis en place un soutien ambitieux de 1,2 Md€ en faveur de la décarbonation de l'industrie : soutien à l'efficacité énergétique, à la chaleur bas-carbone, à l'électrification et à l'évolution des procédés, à l'utilisation de matières recyclées, etc., auquel s'ajoutent des guichets pour soutenir les projets de recherche et innovation, en particulier des démonstrateurs par le biais du programme des investissements d'avenir PIA4.

L'Etat pourra accompagner la mise en œuvre des engagements de moyen terme de la filière par les mesures supplémentaires suivantes :

Mesure 1 : Prolongement et adaptation des dispositifs d'aides existants au secteur cimentier

- Prolonger voire pérenniser les aides et guichets actuellement mis en place (fonds de décarbonation...) et élargir leur champ d'application à l'ensemble des leviers de décarbonation ;
- Veiller à prendre en compte les contraintes des industriels tels les rythmes de progression des projets, les processus de décision des industriels et la durée des amortissements.

Mesure 2 : Soutien de l'Etat pour structurer la filière de récupération, tri et préparation des déchets issus des industries et/ou des collectivités, en vue d'une valorisation énergétique et matière par le secteur cimentier

- Poursuivre le soutien de projets (via le Plan de Relance, les dispositifs de l'ADEME), devant permettre d'augmenter la disponibilité des déchets énergétiques et ainsi d'augmenter leur taux de valorisation matière et/ou de valorisation énergétique en cimenterie.
- Interdire le stockage permanent, mise en décharge, de tout déchet pouvant faire à minima l'objet d'une valorisation énergétique.

Mesure 3 : Maintenir les outils permettant un accès compétitif et prévisible à l'électricité bas carbone, tout en incitant à la diminution de la consommation énergétique

- La décarbonation va impliquer une plus grande consommation électrique, que ce soit par l'adjonction d'ateliers ou d'éléments permettant d'augmenter la quantité de combustibles alternatifs ou pour le déploiement futur des technologies CCS/U. Il est de facto d'autant plus important de conserver un accès à une électricité décarbonée et compétitive dans le temps.

Mesure 4 : Soutien des pouvoirs publics aux nouveaux ciments bas carbone

- Accélérer le déploiement de ces ciments « bas carbone » via notamment l'utilisation de critères environnementaux et sociaux dans la commande publique (marchés du bâtiment et des travaux publics) permettant ainsi l'amorçage de ces nouveaux marchés et participant au développement du « Made in France » sur la base de critères environnementaux (décarbonation, économie circulaire, mode de transport...).
- Accompagner la filière dans l'identification de gisements de ressources primaires faiblement carbonées, argiles calcinés, pouzzolanes, présents sur le sol national puis dans la facilitation de leur accès au secteur cimentier.
- Etudier la mise en place d'un mécanisme de marché type CCFD (Carbon Contracts For Difference) pour motiver les investissements.

Mesure 5 : Portage au niveau européen d'un Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières, comprenant des dispositions correctrices pour éviter les effets de bord à l'export et sur les filières aval

- Un tel mécanisme apparaît nécessaire pour lutter les fuites de carbone, et permettrait aux acteurs européens de poursuivre les investissements nécessaires pour la décarbonation de la production de clinker/ciment.
- Il est nécessaire de prendre en compte le besoin d'une phase de transition avec les dispositions existantes de protection contre les fuites de carbone.

Mesure 6 : Un soutien financier à la R&D et à l'innovation pour les technologies de décarbonation

Les projets suivants pourraient être soutenus :

- Développements de nouveaux composants alternatifs à l'utilisation du clinker dans la production du ciment (argile calcinée, carbonatation accélérée...);
- Le déploiement à l'échelle industrielle de projets de rupture technologique en faveur de la décarbonation (par exemple, électrification des fours);
- Capture, transport, utilisation/stockage de CO₂ (CCUS).

Mesure 7 : Une réflexion stratégique sur les solutions de déploiement d'infrastructures sur le territoire avec pour objectif la mise en place de projets de rupture permettant la décarbonation de la filière

- En particulier, une réflexion pourrait être engagée sur les infrastructures de transport et de stockage qui devront accompagner les projets de stockage de carbone. Dans ce sens, les recommandations de l'IFPEN sur le CCS/CCU pourraient alimenter la réflexion.
- Parallèlement, il faut conduire une réflexion sur les capacités de financement nécessaire (soutien de l'Etat) permettant de tendre vers un modèle économiquement tenable pour les entreprises et réussir ainsi le déploiement des technologies de rupture que sont le CCS et le CCU.
- L'acceptabilité sociétale de ces solutions doit être prise en compte afin de préparer dès maintenant leur déploiement futur. Les citoyens doivent être informés et sensibilisés aux problématiques industrielles de la décarbonation. Les besoins de formation des ingénieurs doivent être anticipés et les formations adaptées à ces enjeux.

Mesure 8 : Engager une réflexion sur la prise en compte des émissions évitées ou le carbone absorbé

Si des actions sont déjà prises pour soutenir les projets de réduction d'émissions de CO₂ qui ne concernent pas les émissions issues directement de la cheminée de la cimenterie (par exemple, absorption du CO₂ dans le béton - projet "Fastcarb" ou carbone associé à l'hydrogène), il n'existe aucune incitation réglementaire qui permette de valoriser financièrement ces projets (indépendamment des soutiens aux projets innovants, démonstrateurs, pilotes...). Un mécanisme incitatif pourrait donc être étudié pour valoriser les émissions ainsi évitées et le carbone absorbé.

ANNEXE 1

Récapitulatif des hypothèses de construction de la trajectoire de décarbonation

Les différents leviers décrits précédemment se traduisent par l'évolution de facteurs de production, repris dans le tableau ci-dessous. Ce sont ces hypothèses qui ont permis d'estimer le potentiel de réduction des émissions de GES.

HYPOTHÈSES		2015	2025	2030	2050
Ratio ciment / clinker	-	1,25	1,3	1,4	1,5
Consommation énergétique des Fours	MJ/Tck	3 942	3 680	3 600	3 500
Taux de substitution (combustibles alternatifs / combustibles fossiles)	%	38	65	80	85
Part Biomasse des combustibles Alternatifs	%	49	50	60	70
Volume de combustibles Alternatifs	kT	1 050	1 500	1 800	1 800
Dont CSR	kT	272	1 000	1 000	1 000
Part Biomasse des CSR	%	50	50	50	50
Impact CCS/CCU	(% de « rabatement »)	0	0	0	70

ANNEXE 2

Le Plan de Transition Sectoriel Ciment – synthèse des premiers résultats

Le travail sur le Plan de Transition Sectoriel de l'industrie cimentière réalisé par l'ADEME a permis de quantifier le potentiel de décarbonation de l'ensemble des leviers matures ou qui présentent une visibilité raisonnable sur le moyen terme dans une démarche de concertation avec la filière. A noter que l'exercice des PTS s'inscrit dans l'objectif de décarbonation de la SNBC (dans sa dernière version publique de mars 2020) pour le secteur « industrie » dans son ensemble à savoir une baisse des émissions de 35 % en 2030 par rapport à 2015 et de 81 % en 2050. Ainsi, le cadrage est légèrement différent de celui proposé pour la filière des minéraux non métalliques. Les principaux résultats de ce travail présentés sur les trois graphiques suivants montrent qu'en poussant ces leviers sur l'ensemble du parc, l'industrie cimentière pourrait atteindre une baisse des émissions de 44 % dans un scénario de demande tendanciel (premier graphique) et de 54 % dans un scénario de baisse de la demande à 2050 (second graphique) conformément à un jeu d'hypothèses SNBC/ADEME. Pour atteindre cette décarbonation, le montant total des investissements a été estimé à environ 4,4 Mds EUR selon la chronique d'investissement présentée sur la dernière figure. Ce travail permet notamment de mettre en lumière les éléments suivants :

- Le niveau de demande est un facteur de premier ordre dans la décarbonation de la filière d'où l'importance de proposer des hypothèses d'évolution de marché pour avoir une idée du niveau de production à décarboner.
- L'objectif à 2030 semble atteignable avec les leviers envisagés à court terme (principalement mix thermique et taux de clinker) à condition néanmoins de les pousser très rapidement. Cela nécessitera parallèlement une rapide adaptation des acteurs du marché pour l'intégration de nouveaux produits à plus faible taux de clinker.
- Pour atteindre les objectifs de la SNBC à 2050, le captage du carbone est un levier essentiel mais des efforts d'innovation seront également indispensables. En effet, dans l'état actuel des connaissances et notamment sur la base de l'avis ADEME sur le potentiel du CSC en France⁷, il a été identifié qu'environ 20 % des sites représentant environ 20 % des émissions du secteur étaient favorablement localisés pour la mise en place d'une technologie de Captage et Stockage du Carbone (CSC). Tout développement envisagé au-delà de ces sites devra vraisemblablement nécessiter des efforts d'infrastructures et/ou de réorganisation industrielle bien plus importants limitant le potentiel de pénétration de la technologie. La valorisation du CO₂ n'a pas été envisagée comme levier de décarbonation : l'utilisation du CO₂ masque plusieurs voies très différentes, aux enjeux et bénéfices climatiques très différents nécessitant des prises de position sur la comptabilité du CO₂.

⁷ <https://www.ademe.fr/avis-lademe-captage-stockage-geologique-co2-csc-france>

