

Comment décarboner l'industrie du ciment en France ?



Le ciment, une industrie parmi les plus émettrices de CO₂ ...

Les chiffres

Béton = **1^{er}** produit manufacturé au monde et **2^{ème}** produit le plus consommé au monde, après l'eau et devant le pétrole.

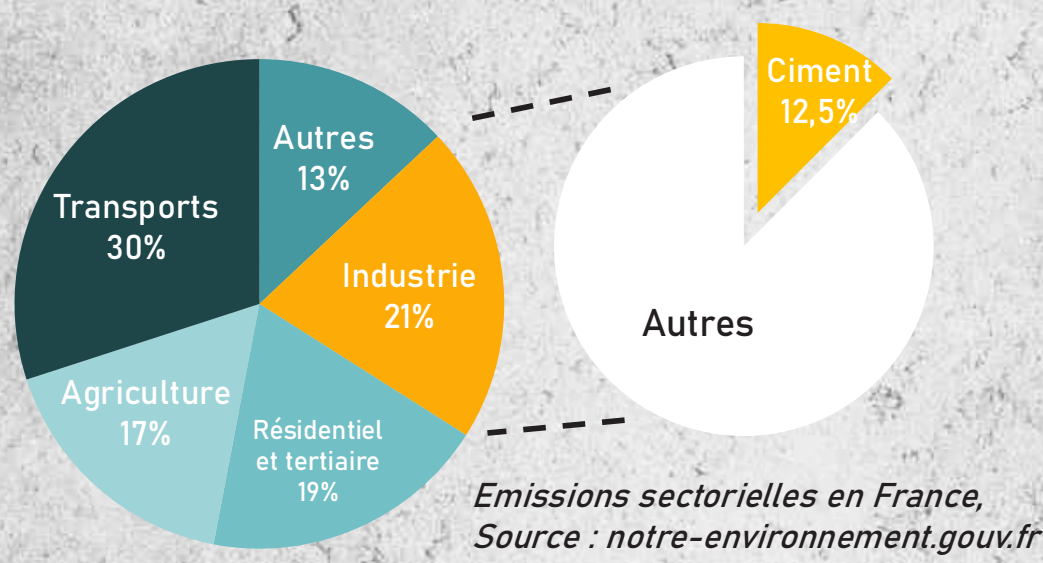
Demande croissante de la Chine et l'Inde
2.5Md€/an de chiffre d'affaires en France
190 m³ chaque seconde dans le monde
Hausse du nombre de logements **2x** plus rapide que la démographie (INSEE)

Les émissions

FRANCE **10,3 Mteq CO₂/an**

Soit **2%** des émissions totales du pays

- Une consommation de **13 TWh** d'énergie thermique
- Parmi les 50 sites les plus émetteurs, on retrouve 20 cimenteries



MONDE **2,3 Gteq CO₂/an**

- **7%** des émissions totales
- x2 sur les 20 dernières années
- Importation de clinker de l'étranger
- "fuite de carbone"

L'origine de ces émissions

- 1/3 -> chauffage nécessaire à la production du clinker (combustion d'énergies fossiles)
- 2/3 -> réaction chimique de décarbonatation du calcaire

Le secteur cimentier est l'un des secteurs industriels les plus énérgo-intensifs !

Qu'en disent les pouvoirs publics ?

La **SNBC2** (Stratégie Nationale Bas Carbone, 2020) a fixé une réduction de **81%** des émissions du secteur en 2050, par rapport à 2015.

- Un cadre réglementaire **évolutif** :
 - Labels bas-carbone
 - Cadre juridique pour le CCUS (*Carbon Capture, Utilisation & Storage*)
- Des **investissements** :
 - Rénovation de cimenteries
 - Recherche de substituts au clinker
 - Recyclage des granulats et bétons
 - Formation à l'utilisation des nouveaux produits
- Des leviers d'**action** :
 - Diminution de la consommation (sobriété)
 - Déploiement de technologies plus efficaces
 - Recyclage

Les objectifs de **France Ciment** : réduction de **27%** des émissions dès 2030, **2 à 4 Mds** d'euros pour le déploiement du CCS (*Carbon Capture & Storage*) dès 2040, captage de **5.8 MT/an** dès 2050, abaissement de la teneur en clinker à 62% en 2050 (contre 75% en 2021)

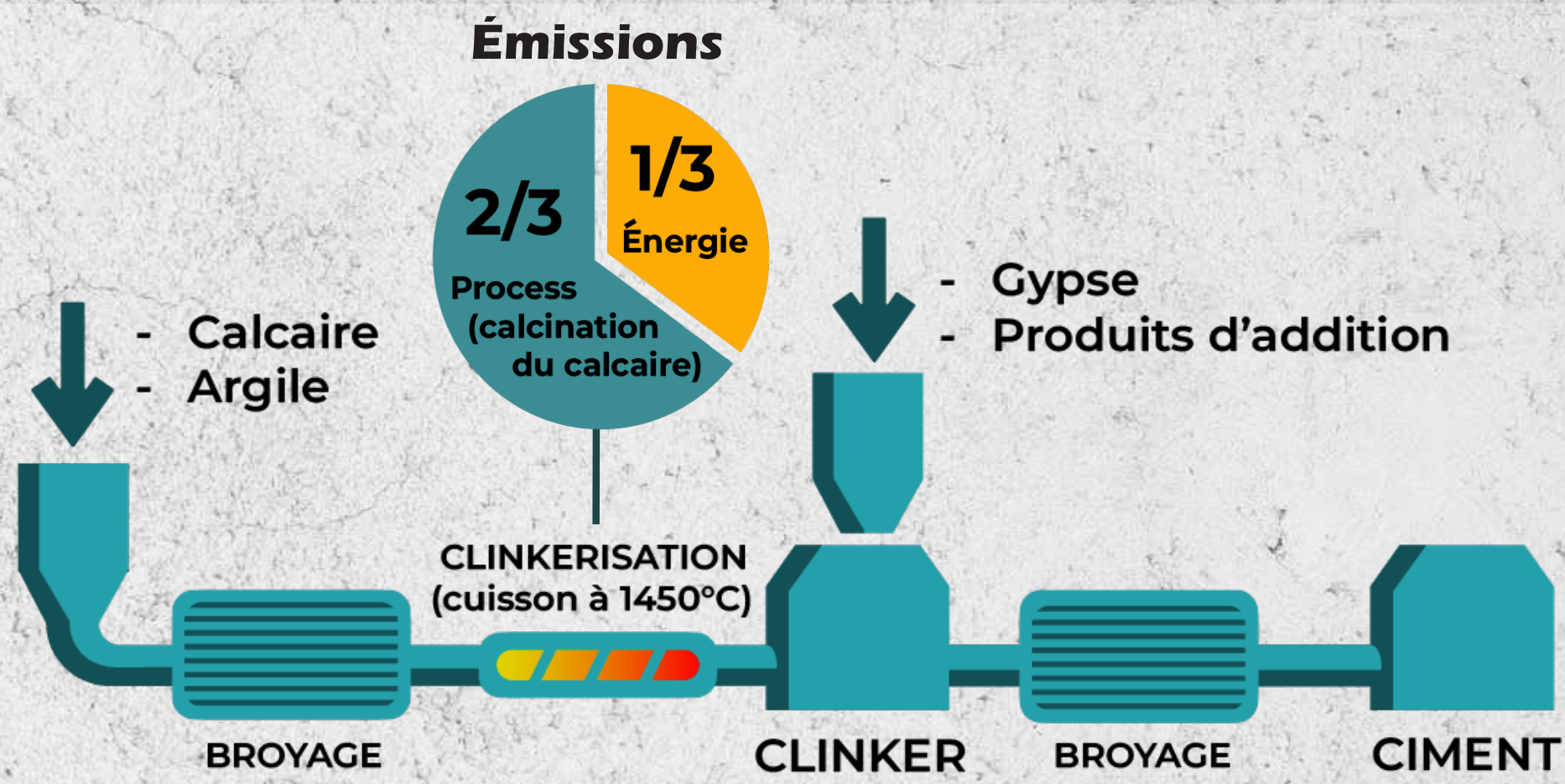
Focus sur la fabrication du ciment

Le ciment est un liant hydraulique obtenu par :

- Broyage de roches calcaires et argileuses => obtention d'un "cru"
- Cuisson du cru à 1450° C puis refroidissement brutal -> transformation en "clinker"
- Broyage du clinker -> obtention du ciment

On peut ajouter des additifs au clinker pour donner au ciment des propriétés particulières (gypses, cendres...). Ce ciment peut ensuite servir à la fabrication de béton, mélange de ciment, d'eau, de sables et graviers.

La calcination du calcaire produit du CO₂ lors de l'étape de clinkerisation selon la réaction :



Quelles technologies de décarbonation ?

Existantes

- Réutilisation des gravats de construction dans le cycle de production [LafargeHolcim]
- Nouveaux fours utilisant un procédé à **sec** -> **-50%** d'énergie par rapport aux fours humides classiques
- Remplacer les fours par un procédé **électrochimique** pour former l'hydroxyde de calcium [Sublime Systems]
- Diminuer le ratio clinker/ciment : **remplacer le clinker** par des adjuvants [SCM]
- Ciment sans clinker et produit à **froid** [Hoffman Green Cement Technologies]

En développement

- Carbon Capture & Storage (**CCS**), comme l'absorption chimique post combustion par solvants
- Clinkers **alternatifs** à base de matériaux bruts moins polluants
- Remplacer les **énergies fossiles** par des renouvelables, électrification du procédé
- Développement de ciments qui **capturent** du CO₂ lors de la phase de durcissement
- Aide de l'**IA** dans la chaîne logistique

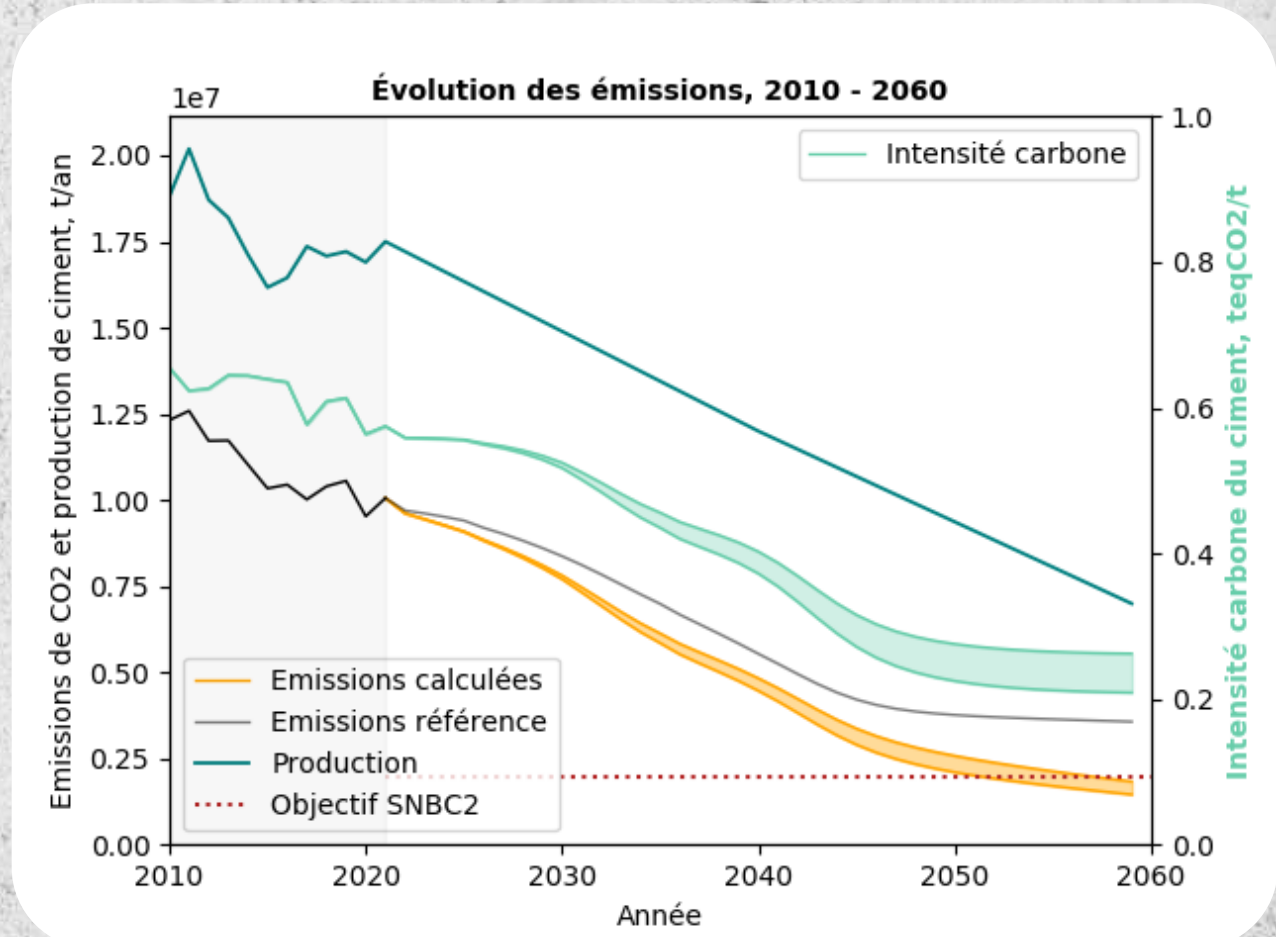
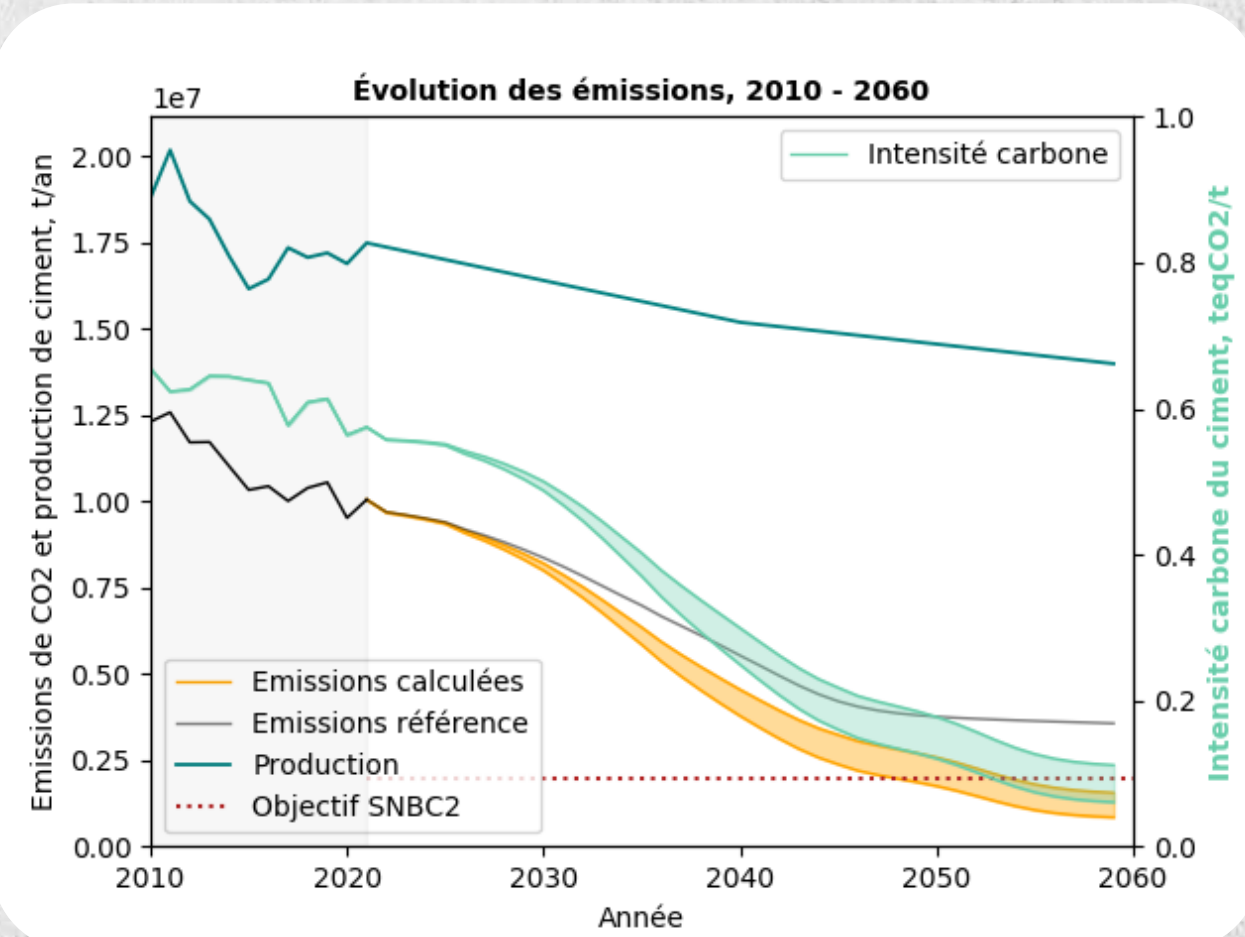
Efficacité : ● ~5% ● ~10% ● ~30% ● ~40%
(Pourcentage prévu de CO₂ en moins)

Où allons-nous ?

Nous avons conçu un **simulateur** simple des émissions du secteur cimentier français, nous permettant d'évaluer l'influence de plusieurs stratégies : mise en place massive de technologies avec une consommation de ciment prévue à la baisse (*gauche*), ou sobriété sans certaines technologies comme les CCS (*droite*), ou encore une augmentation de la consommation...

Le principe :

- Hypothèses sur la **production** de ciment et sur le déploiement des **technologies**
- Calcul de l'**intensité carbone** (quantité de CO₂ émise par tonne de ciment) en fonction du changement apporté par la technologie
- Calcul des **émissions** totales qui en découlent



Si contrairement au scénario de référence, les deux situations présentées permettent d'atteindre les objectifs fixés par la SNBC, cela ne se fera pas sans efforts, qu'ils soient financiers ou dans le changement de nos habitudes de consommation.

SOURCES :

- Plan de transformation sectoriel de l'industrie cimentière en France (Ademe, décembre 2021)
- Feuille de route de décarbonation de l'industrie cimentière (France Ciment, mai 2023)
- Matériaux décarbonés : le ciment (Zenon Research, mai 2022)
- Cementing your lead: The cement industry in the net-zero transition (McKinsey, octobre 2023)
- Dans l'industrie, la très lente décarbonation du ciment (Le Monde, janvier 2024)

