

Étude d'une cimenterie : décarboner l'énergie consommée

D'après l'atelier « Usine zéros émissions : le cas d'une cimenterie », animé par Pauline Plisson, Naldeo Technologies and Industries.

L'industrie du ciment est considérée comme la deuxième industrie la plus émettrice de CO₂. Ces émissions sont dues à trois facteurs:

1. La réaction chimique de décarbonatation du calcaire permettant d'obtenir de ciment qui produit du CO₂ ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$). Ceci représente 62% des émissions.
2. La décarbonatation se fait par combustion avec des températures s'élevant à 1500°C. Cette combustion utilise du combustible fossile (24% des émissions).
3. L'alimentation en électricité, qui représente 14% des émissions.

Dans cette fiche, nous verrons que le bilan carbone d'une cimenterie peut-être réduit en agissant sur l'électricité qu'elle consomme.

Sélectionnez puis placez sur la carte vos consommations énergétiques ainsi que les technologies de votre projet. Pour chaque technologie, des valeurs par défaut modifiables vous sont proposées. Laissez ensuite Enersquid mener la simulation énergétique sur la durée du projet pour vous indiquer le coût et le contenu carbone de l'énergie. Si vous souhaitez approfondir les résultats, consultez l'onglet suivant.

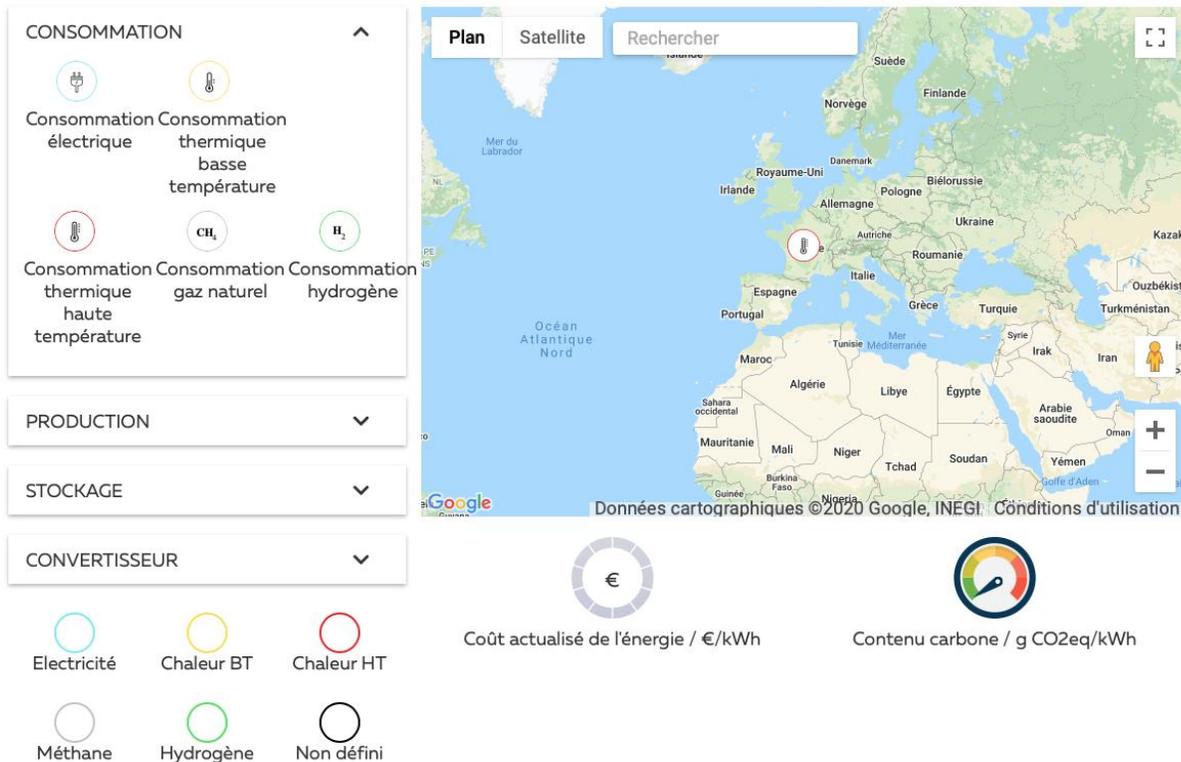


Figure – Interface de l'outil Enersquid développé par Naldeo

Les cimenteries utilisent deux sources d'énergie principales : l'énergie thermique pour chauffer la chaudière à 1400°C et permettre la réaction chimique de création du ciment, et de l'énergie électrique.

Nos recherches dans le [livre blanc de Fives](#) sur les pertes de chaleur nous permettent de savoir que, pour une cimenterie optimisée produisant 4000 tonnes par an, la consommation thermique est de 244 GWh et la consommation électrique est de 72 GWh. Avec ces données, nous avons réalisé trois simulations de coût de l'énergie et de son contenu carbone en France, au Maroc et au Mexique pour différents scénarios de consommation grâce à l'outil [Enersquid](#).

Les trois scénarios que nous avons étudiés :

1. Chaudière au charbon et réseau classique
2. Chaudière au charbon et 13 MWc de photovoltaïque + réseau classique
3. Chaudière au charbon et 9,2 MWc d'éolien + réseau classique

Les résultats de nos modélisations sont compilés dans les tableaux suivants :

Tableau 1 - Coût actualisé de l'énergie (€/kWh)

Pays	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
France	0,09	0,21	0,13
Mexique	0,1	0,13	0,15
Maroc	0,09	0,10	0,25

Tableau 2 - Contenu carbone de l'énergie (gCO₂eq/kWh)

Pays	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
France	341	318	260
Mexique	379	354	255
Maroc	443	352	274

Ainsi, l'outil Enersquid permet de prendre en compte une grande variété de paramètres pour tenter d'approcher le coût de la propriété de l'énergie. Néanmoins, il faudrait en réalité une étude longue et fastidieuse pour prendre en compte tous les paramètres additionnels, pris par défaut pour la plupart. De plus, on pourrait optimiser l'utilisation du solaire avec des batteries, mais cela demanderait d'étudier la dépendance rayonnement lumineux en fonction de l'heure. De même, utiliser des éoliennes peut diminuer les émissions de CO₂ de notre cimenterie à son échelle, mais si leur irrégularité est compensée par le charbon, le bilan global sera moins bon.

Finalement, calculer le coût et la propriété de l'énergie est une équation infiniment complexe, néanmoins de bons outils permettent aujourd'hui de faire des premières estimations assez rapidement.