

Le ciment repensé : le rayonnement solaire remplace les combustibles fossiles

Le DLR développe un procédé de production de ciment à l'énergie solaire. Une réduction des émissions de CO₂ pouvant atteindre 90 % est envisageable. Les premiers essais montrent des résultats stables dans le cadre d'un procédé à haute température.



Irradiation du réacteur solaire : un rayonnement concentré fournit la chaleur à haute température nécessaire à la calcination – une approche visant à remplacer les combustibles fossiles dans la production de ciment. Photo : DLR / CC BY-NC-ND 3.0

Le ciment est l'un des matériaux de construction les plus utilisés au monde. Parallèlement, sa fabrication figure parmi les principales sources industrielles d'émissions de CO₂. Elle est responsable d'environ 8 % des émissions mondiales. La majeure partie de ces émissions ne provient pas de la consommation d'énergie, mais directement du processus chimique. C'est précisément là qu'intervient un projet du Centre allemand

Table des matières

- L'énergie solaire comme source de haute température
- Le réacteur solaire à l'épreuve de la pratique
- La mise à l'échelle reste le principal obstacle
- Implications pour l'industrie et la construction d'installations

C'est le processus lui-même qui constitue le véritable levier d'émissions

La calcination est au cœur de la production de ciment. Elle consiste à transformer le calcaire (CaCO_3) en oxyde de calcium (CaO) à des températures supérieures à 900 °C. Cette étape libère du CO_2 , et ce, que la chaleur provienne du charbon, du gaz ou de l'électricité. Environ 60 % des émissions sont générées précisément à ce stade.

Le projet « CemSol » du DLR ne vise donc pas seulement la source d'énergie, mais le processus lui-même. L'idée : la chaleur à haute température est produite par un rayonnement solaire concentré. Parallèlement, le CO_2 libéré est capté dans un processus en boucle. Techniquement, cela repose sur ce qu'on appelle le « calcium looping ».

Dans ce procédé, l'oxyde de calcium est reconverti en carbonate de calcium avec du CO_2 puis calciné à nouveau. Le processus est conçu comme un circuit fermé. Dans la pratique, cependant, des pertes de matière et des réactions secondaires surviennent, qu'il faut prendre en compte.

L'énergie solaire comme source de haute température

L'énergie solaire thermique peut atteindre des températures suffisantes pour les processus industriels. C'est précisément ce qui rend cette approche intéressante. En effet, les processus à haute température sont considérés comme difficiles à électrifier. L'électricité seule imposerait une charge supplémentaire aux réseaux.

Le DLR mise donc sur un mix énergétique : « La clé d'une utilisation plus respectueuse du climat de nos ressources réside dans un mix de différentes sources d'énergie », explique le chef de projet Gkiokchan Moumin, de l'Institut des carburants du futur du DLR. « L'énergie solaire concentrée peut ainsi être utilisée efficacement pour des applications à haute température. »

L'avantage réside dans le système : une partie de la chaleur est directement tirée du rayonnement solaire. Cela réduit les besoins en combustibles fossiles tout en allégeant la charge sur l'infrastructure électrique.

Le réacteur solaire à l'épreuve de la pratique

Au cœur de cette technologie se trouve un réacteur spécial dans lequel la calcination s'effectue sous un rayonnement concentré. Ce concept a été testé à l'aide du simulateur solaire « Synlight ». L'installation génère un rayonnement artificiel concentré de forte intensité.

Au cours d'une campagne qui s'est étalée sur plusieurs mois, le DLR a réalisé 25 essais. La puissance atteignait jusqu'à 65 kW. Entre 15 et 50 kg de particules de calcaire étaient traités par heure. Résultat : une calcination complète dans des conditions stables.

La taille de l'installation est significative. Selon le DLR, il s'agit de la plus grande installation de calcination solaire jamais construite. Au total, plus de 90 échantillons ont été prélevés. Les chercheurs les analysent actuellement en détail. L'accent est mis sur les propriétés des matériaux, leur comportement réactif et les éventuels effets du vieillissement.

En parallèle, des simulations sont en cours. Elles permettent d'étudier le transfert de chaleur dans le réacteur et le mouvement des particules. Ces données sont déterminantes pour la prochaine étape de développement.

La mise à l'échelle reste le principal obstacle

Les essais montrent que le procédé est techniquement réalisable. Il reste toutefois à déterminer si ce processus peut être transposé à une exploitation industrielle en continu.

La production mondiale de ciment s'élève à des milliards de tonnes. Chaque tonne génère en moyenne environ 0,5 tonne de CO₂. CemSol s'attaque spécifiquement aux émissions liées au processus de calcination.

Des réductions de plus de 90 % sont possibles. Les autres émissions – provenant par exemple des transports, du traitement des matières premières ou des processus de broyage – persistent.

À cela s'ajoute la question de l'emplacement. Les installations solaires thermiques nécessitent un fort ensoleillement direct. En Europe, ce sont surtout les régions méridionales qui s'y prêtent. En Europe centrale, leur utilisation est limitée. Dans ce cas, les systèmes hybrides, qui combinent l'énergie solaire thermique avec un chauffage électrique ou conventionnel, constituent une solution réaliste.

Importance pour l'industrie et la construction d'installations

Malgré ces limites, cette approche reste intéressante. En effet, ce sont précisément les procédés à haute température qui déterminent la rapidité avec laquelle l'industrie pourra se tourner vers des pratiques plus respectueuses du climat. Quiconque développe des solutions dans ce domaine ne touche pas seulement un seul secteur, mais plusieurs à la fois.

Cela ouvre de nouvelles perspectives pour la construction d'installations. À l'avenir, la chaleur solaire industrielle pourrait être utilisée dans divers secteurs, de la sidérurgie à la chimie en passant par la céramique.

C'est article écrit par **Dominik Hochwarth**, est paru dans le journal **VDI-Nachrichten**



Rédacteur chez VDI Verlag. Après ses études, il a suivi une formation de rédacteur web, puis a effectué un stage et travaillé pendant dix ans comme rédacteur web pour une agence Internet et une boutique en ligne. Depuis septembre 2022, il écrit pour *ingenieur.de*.