

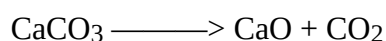
HYDROXYDE DE CALCIUM 2010

FABRICATION INDUSTRIELLE :

L'**oxyde (chaux vive)** est obtenu par calcination du calcaire, entre 900 et 1400°C (une température basse donne une chaux plus réactive) dans différents types de fours :

- des fours verticaux (les plus employés en France, jusqu'à 30 m de haut, 7 m de diamètre), les fours étant souvent regroupés par batterie de 4 fours avec une capacité de production par four pouvant atteindre 150 t/jour.
- des fours rotatifs (proches de ceux utilisés en cimenteries) avec des capacité de production pouvant atteindre 1 800 t/j. Leur fonctionnement est entièrement continu, le temps de séjour de la charge étant de 6 à 8 heures.

Le calcaire enfourné dans le four (en anglais, le calcaire est dénommé "limestone" : pierre à chaux) a une granulométrie comprise entre 10 et 150 mm. Les "fines" qui risqueraient de boucher les fours sont vendues comme calcaire. Il faut, en moyenne, 3,5 t de calcaire extrait pour produire une tonne de chaux. Cette calcination est une source importante de [CO₂](#) (par exemple pour le procédé Solvay de fabrication de [Na₂CO₃](#)).



La chaux vive obtenue est un solide poreux, avec une porosité qui peut varier de 25 à 55 %. Elle doit être stockée à l'abri de l'humidité (voir ci-dessous) et à l'abri de l'air car l'humidité atmosphérique donne de l'hydroxyde qui en présence de dioxyde de carbone atmosphérique donne du carbonate et libère de l'eau qui éteint d'autant plus la chaux vive.

Les fours sont toujours situés près des carrières d'extraction du calcaire. Une partie importante de la production est réalisée directement par les industries utilisatrices telles que les sucreries, les papeteries, quelques usines sidérurgiques. Ces productions intégrées ne sont pas prises en compte par les statistiques de la profession.

L'**hydroxyde (chaux éteinte)** est obtenu par addition d'[eau](#) à la chaux vive dans des hydrateurs de 8 à 20 t/h. La quantité d'eau ajoutée est ajustée de façon à obtenir la chaux éteinte sous forme d'une poudre sèche. Par tonne de CaO, il faut 0,3 m³ d'eau pour l'hydratation et par ailleurs, de 0,3 à 0,4 m³ est évacué en vapeur. La température atteinte est de 110°C.



La réaction est réversible et par chauffage au-dessus de 100°C, l'hydroxyde peut redonner de l'oxyde sauf s'il s'est formé du carbonate, dans ce cas une température plus élevée, vers 900°C, est nécessaire. L'extinction de la chaux vive se produit avec une forte expansion volumique d'environ un facteur 2,5.

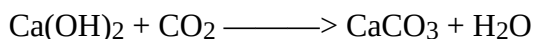
[Schéma du procédé de fabrication](#) sur le site de la National Lime Association (Etats-Unis)

Différents types d'oxydes et hydroxydes de calcium :

- Chaux grasses (> 90 % de CaO) : obtenues à partir de calcaire pur (> 95 % de CaCO₃), donnent de l'onctuosité aux mortiers lorsqu'elles sont utilisées en construction.

- Chaux maigres : obtenues à partir de calcaire moins pur.

Utilisées en construction, ces chaux (appelées chaux aériennes) peuvent fixer le CO₂ de l'air pour redonner du carbonate de calcium selon la réaction :



- Chaux hydrauliques naturelles : obtenues à partir de calcaire contenant **jusqu'à 22 % d'argile** qui lors de la calcination donne des silicates et aluminates de calcium faisant prise par hydratation, selon les mêmes réactions que la prise d'un ciment (voir le chapitre [ciments](#)).

- Chaux magnésiennes (5 % < MgO < 34 %) ou dolomitiques (34 % < MgO < 41,6 %) obtenues à partir de calcaire magnésien ou de dolomie. Elles contiennent MgO ou Mg(OH)₂ après hydratation.

Eau et lait de chaux :

- L'eau de chaux est obtenue par dissolution, juste avant saturation, d'hydroxyde de calcium dans l'eau, la solubilité de l'hydroxyde étant, à 20°C, de 0,125 g pour 100 g de solution. Son pH est de 12,4, à 25°C. Une solution fraîchement préparée est limpide, elle se trouble au cours du temps par dissolution du dioxyde de carbone atmosphérique et précipitation de carbonate de calcium.

- Le lait de chaux est une solution saturée d'hydroxyde de calcium contenant, en suspension, un excès d'hydroxyde.

PRODUCTIONS : en 2010, en millions de t de CaO et Ca(OH)₂. Monde : 310, Union européenne (2008) : 36.

Chine	190	Allemagne	6,8
Etats Unis	18	Italie	6,4
Inde	14	Mexique	5,7
Japon	9,4	Corée du Sud	4,0
Brésil	7,7	Turquie	4,0
Russie	7,4	France	3,7

Source : USGS

Aux Etats-Unis, le maximum le maximum de production a été atteint, en 2006, avec 21 millions de t. La production est assurée dans 73 usines par 31 sociétés dont 10 avec une production captive destinée à la purification du sucre ou à la sidérurgie. En 2009, sur une production totale de 15,8 millions de t, la chaux vive a représenté 11,8 millions de t, la dolomie calcinée, 1,8 million de t, la chaux éteinte, 1,7 million de t, la dolomie éteinte, 0,3 million de t, la dolomie frittée, 0,2 million de t.

Producteurs :

[Carmeuse](#), groupe d'origine belge, possède dans le monde 90 sites de production avec une production de 33 millions de t/an de calcaire et 13 millions de t/an de chaux. C'est le premier producteur américain, avec la société [Carmeuse Lime & Stone](#), qui exploite 12 carrières de calcaire et 15 usines de chaux. le groupe exploite 13 sites en France avec une production de 1,6 million de t.

Le groupe belge [Lhoist](#) exploite 89 usines en Europe et est le second producteur américain avec la société [Lhoist North America](#). En France, le groupe [Balthazard & Cotte](#), filiale de Lhoist, exploite 12 sites et par ailleurs, Lhoist, exploite directement 4 sites dans le Nord et l'Est de la France.

Le groupe [Graymont](#) (Canada) est le 3^{ème} producteur nord-américain avec 8 usines de production de chaux aux Etats-Unis, 8 au Canada, 17 au Mexique et 1 au Honduras en association avec le groupe [Calindra](#).

SITUATION FRANÇAISE : en 2010.

- Production : 3,0 millions de t, hors productions intégrées.

Commerce extérieur :

- Chaux vive : exportations : 743 943 t à 35 % vers la Finlande, 34 % l'Allemagne, importations : 461 765 t à 47 % d'Espagne, 34 % Belgique.

- Chaux éteinte : exportations : 34 029 t à 47 % vers l'Algérie, 15 % la Suisse, importations : 92 980 t, à 40 % d'Espagne, 23 % Allemagne.

- Chaux hydraulique : exportations : 16 031 t à 38 % vers l'Italie, 25 % le Royaume Uni, importations : 1 933 t à 88 % d'Allemagne;

Les 3 usines les plus importantes situées près des centres sidérurgiques - Réty près de Dunkerque, Dugny en Lorraine, Châteauneuf-la-Mède près de Fos-sur-Mer - écoulent sur ce marché 36 % de la production française.

- Une partie de la chaux, chaux captive, (environ 30 % de la production) est produite directement par les utilisateurs : industries sucrières, papeteries, sidérurgie, industries chimiques.

Producteurs : appelés chauffourniers.

- [Lhoist](#) dans le Nord et l'Est, à Dugny (55), Réty (62), Sorcy (08), Boran (60) et sa filiale [Balthazard et Cotte](#) aux Aucrais (14), Neau (53), Pamproux (79), Saint Gauthier (36), Gannat (03), Terrasson (24), Sauveterre-la-Lémance (47), Carmaux (81), Bertholène (12), Poliénas (38), Sassenage (38), La Buisse (38), Ensues la Redonne (13), Châteauneuf la Mède (13), Robion (84).

- Le [groupe Pigeon](#) à Vaiges (53).

- Les Etablissements Bocahut à Avesnes (59), Les Chaux d'Augmontel (81), ECL à Saint-Savin (38), Les Etablissements Jany-Auriol à Dénat (81), SEE Bruyères à Saint Front la Lémance (47).

- [Carmeuse](#), à Bois Bernard (62) possède un site d'hydratation de la chaux.

Sites de production français de chaux, adhérents à l'Union des Producteurs de Chaux

UTILISATIONS :

Consommations : en 2007 : en millions de t.

Europe de l'Ouest	24	Japon	9,9
Etats-Unis	18	France	3,0

Par type de chaux : en France en 2007, en milliers de t.

- Chaux vive : 2 600
- Chaux éteinte : 300
- Chaux magnésienne : 110

Aux Etats-Unis, en 2009, sur une consommation totale de 16 millions de t, la chaux vive a représenté 12,6 millions de t, la chaux éteinte 2 millions de t, les usages captifs, 1,3 million de t.

La chaux éteinte est utilisée dans les travaux publics pour la stabilisation des sols et comme ajout au bitume, dans le [traitement des eaux](#) et des effluents gazeux, ainsi que dans le bâtiment pour la réalisation d'enduits. Aux Etats-Unis, en 2009, les travaux publics ont représenté 29 % de la consommation, le traitement de l'eau, 19 %, la construction, 13 %, la désulfuration des fumées, 8 %. L'hydroxyde de calcium est également employé pour produire le carbonate de calcium précipité (voir ci-dessus la partie concernant ce produit).

La chaux magnésienne est principalement utilisée dans l'amendement des sols.

Par secteur d'utilisation : pour la France, en année moyenne, hors productions intégrées (sucrieries...).

	France	Etats-Unis en 2009		France	Etats-Unis en 2009
Sidérurgie	36,5 %	24 %	Traitement de l'eau	9 %	11 %
Travaux publics	18 %	7 %	Bâtiment	4,5 %	2 %
Agriculture	12 %	0,3 %	Traitement des fumées	3 %	21 %
Industries diverses	10 %	24 %			

Source : Union des Producteurs de Chaux et USGS

Utilisations :

- [Sidérurgie](#) : dans les convertisseurs forme avec les impuretés des scories liquides et ainsi diminue dans les aciers les teneurs en silicium et phosphore (en donnant des silicates et phosphates de calcium) ainsi que celles de soufre et [manganèse](#). La consommation est de 40 à 100 kg de CaO par t d'acier.

- [Métallurgie](#) : utilisée dans le procédé Bayer de fabrication de l'[alumine](#) à partir de bauxite : elle permet de régénérer la [soude](#) et d'éliminer la [silice](#), ainsi que pour extraire Mg^{2+} à partir de solutions de chlorure de magnésium (voir le chapitre [magnésium](#)). Utilisée (1 à 3 kg/t de minerais) au cours de la flottation des minerais sulfurés pour ajuster le pH, elle est aussi un agent dépressur de la pyrite : elle permet de faire flotter sélectivement la [chalcopirite](#) et la [blende](#). Elle est également utilisée lors de la [lixiviation cyanurée des minerais d'or](#) afin de maintenir en permanence un pH basique et éviter ainsi les dégagements de HCN.

- [Constructions routières](#) : pour stabiliser et assécher les sols, particulièrement les sols argileux : 10 à 30 kg/m². CaO fixe l'eau lors de son hydratation et en élimine une partie par évaporation suite à l'élévation de température liée à la réaction d'hydratation. Également comme ajout (filler) dans le bitume.

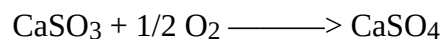
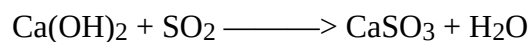
- [Construction](#) : sous forme de chaux hydraulique. Représente la principale utilisation de la chaux en Allemagne et en Italie. En France, les utilisations dans ce secteur, sont très réduites.

- [Traitement des eaux](#) :

- de consommation et de chauffage : pour décarbonater les eaux trop dures, par précipitation de CaCO_3 , et ajuster le pH.
- usées : le chaulage stabilise les boues résiduaires des [stations d'épuration](#), détruit la plupart des germes pathogènes, diminue les odeurs, précipite, sous forme d'hydroxydes insolubles, les métaux lourds et sous forme de phosphate de calcium, peu soluble, les phosphates. Utilisation de 50 à 200 kg de CaO /t de boue déshydratée. La solidification de la boue dure de 2 à 5 jours. Les boues, à forte teneur en chaux, peuvent être utilisées comme amendement calcique en agriculture ou mises en décharge.

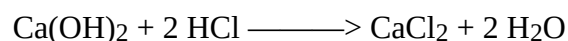
- Traitement des effluents gazeux : fixation du SO_2 , de HCl (emploi, en 2007-09, en France, de 60 000 à 85 000 t) et HF des gaz de combustion (voir également le chapitre dioxyde de soufre). Plus de 90 % des procédés actuels utilisent la chaux ou ses dérivés comme produit de traitement.

- Par injection de CaO ou CaCO_3 , dans les flammes ou dans le lit fluidisé de combustion.
- Par traitement des fumées après combustion, principalement à l'aide de Ca(OH)_2 , injecté à sec ou par lavage des gaz avec du lait de chaux.



Le [sulfogypse](#) ainsi obtenu peut être utilisé, à la place du gypse naturel, pour fabriquer du plâtre (au Japon, Allemagne, Pays-Bas, Belgique), voir le chapitre [sulfate de calcium](#).

- CaO est également utilisé pour fixer le [chlorure d'hydrogène](#) des gaz d'incinération des ordures ménagères et des déchets industriels. Les ordures ménagères donnent de 700 à 2 000 mg de HCl/m^3 de gaz de combustion. Les valeurs limites des teneurs en éléments polluants sont de 300 mg/m^3 d'air pour SO_2 , 50 mg/m^3 pour HCl et 2 mg/m^3 pour HF . La fixation de HCl donne du chlorure de calcium selon la réaction :



Dans le cas de l'incinération des ordures ménagères, la consommation de CaO est de 7 à 14 kg/t d'ordure.

- Amendement agricole : la chaux vive, éteinte ou magnésienne permet lors de son apport appelé chaulage :
 - d'apporter les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} consommés par les cultures (80 à 100 kg de $\text{CaO}/\text{ha}/\text{an}$, 20 à 40 kg de $\text{MgO}/\text{ha}/\text{an}$), lessivés par les pluies (350 à 450 kg de $\text{CaO}/\text{ha}/\text{an}$, 10 à 50 kg de $\text{MgO}/\text{ha}/\text{an}$).
 - de diminuer l'acidité des sols (un sol acide a son pH compris entre 4,5 et 6,7), cette acidité étant soit naturelle soit apportée par les engrais. Pour augmenter le pH de 0,5 unité, il faut pour une terre sableuse, de 400 à 1 000 kg de $\text{CaO}/\text{hectare}$. Le pH optimal d'un sol varie, selon les cultures, entre 6,5 et 7,5.
- Chimie : utilisée en pétrochimie et pour fabriquer le carbure de calcium, le carbonate de calcium précipité, l'hypochlorite de calcium...
- Obtention de pH basiques pour la flottation des minerais, le traitement des eaux...

- Sucreries : permet par floculation de précipiter les impuretés en donnant des sels de Ca^{2+} insolubles. Utilisation de 32 kg de CaO /t de betterave.

- Pâte à papier (pâte au sulfate pour papier kraft) : pour régénérer la solution de soude et de sulfate de sodium qui se transforme en carbonate de sodium lors de la séparation de la cellulose. Utilisation de 270 kg de CaO /t de papier.