



COURS DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

L1- Conduite de Travaux en BTP

Chapitre 4. LA CHAUX

Responsable de la matière:

Dr. BRIXI Nezha Khedoudja

nezhakhedoudja.brixi@univ-tlemcen.dz

Chaux aérienne:

Historique:

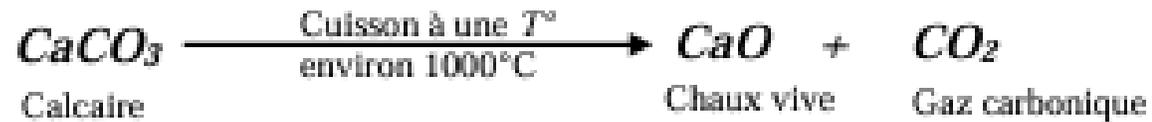
- La chaux est un **liant** ancien, utilisé depuis des millénaires (1000 ans), obtenu par la cuisson du calcaire. Elle a retrouvé de l'intérêt dans la construction moderne pour ses propriétés écologiques, sa souplesse et sa durabilité.
- Elle est obtenue par la cuisson entre 850°C et 1000°C de roche calcaire pure ou de coquillages marins. Il est intéressant de noter que le verbe « calciner », qui signifie brûler à haute température a précisément pour origine étymologique le terme latin « calx, calcis » désignant la chaux. La chaux « vive » obtenue par « calcination » est « éteinte » par adjonction d'eau, et fournit;
- La **chaux aérienne** est un liant obtenu par la cuisson du calcaire très pur (CaCO_3) à haute température (environ 900°C). Elle durcit **au contact de l'air** par **carbonatation**, c'est-à-dire en absorbant le CO_2 de l'atmosphère.

La chaux hydratée ou La chaux aérienne

- La chaux hydratée ne peut faire prise qu'au contact de l'air, en réagissant avec le gaz carbonique ambiant (d'où son nom de « chaux aérienne »).
- En un premier temps, la chaux sert surtout à la confection d'enduit. Elle entre avec le plâtre et la poudre de marbre, dans la composition des stucs, que les architectes grecs utilisaient dès le 7^e siècle avant J.-C. pour couvrir l'aspect rude des murs construits en pierre calcaire ou en tuf. Ces murs étaient montés en blocs de pierre ajustés sans mortier, ou en pierres ébauchées, liées par un mortier fait de terre et d'argile.
- Ce sont les Romains qui, dès le **2^e siècle avant Jésus-Christ.**, vont développer l'usage du mortier de chaux et répandre la technique dans toutes les régions de l'empire. Ils ont systématisé l'usage du mortier pour assurer les joints des appareils de brique ou de pierre. La technique est toujours en usage aujourd'hui.

Fabrication

- Le processus de fabrication de la chaux aérienne comporte trois étapes principales :
- La chaux aérienne s'obtient à partir de roches calcaires contenant au plus 10% d'impuretés argileuses.



Extraction

- Calcaire pur extrait des carrières.

Calcination

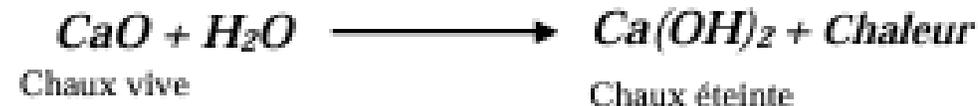
- Chauffage du calcaire à environ 900°C à 1000°C

Résultat : de l'**oxyde de calcium** (chaux vive).

Fabrication

Extinction

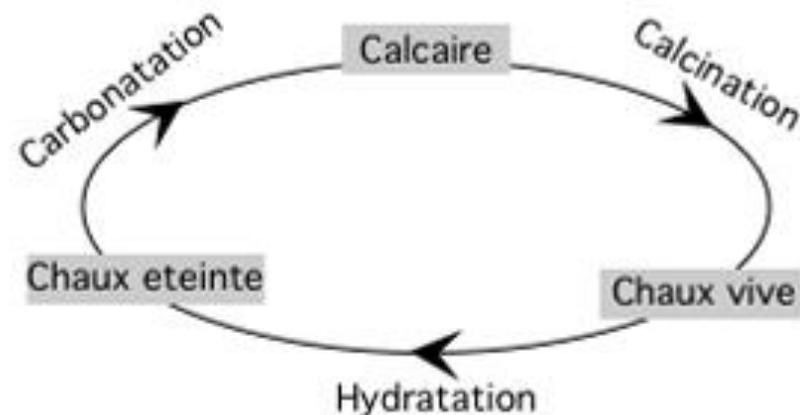
- Hydratation de la chaux vive avec de l'eau :
- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$
- Produit obtenu : **chaux éteinte** sous forme de pâte ou de poudre.
- La chaux vive (Oxyde de Calcium) est avide d'humidité. Elle réagit au contact de l'eau avec un fort dégagement de chaleur puis se transforme en une poudre blanche appelée chaux éteinte.



- Chaux éteinte: En présence du gaz carbonique, la chaux éteinte peut faire une carbonatation et redevenir un calcaire, voir la réaction chimique suivante :
- Ainsi la chaux ne peut durcir qu'en contact avec l'air (gaz carbonique).



Conclusion : Cycle de la chaux



Utilisation

- La chaux aérienne n'est ainsi pas utilisée comme liant. Cependant elle peut être utilisée comme composant additif à certains matériaux de construction (mortiers, bétons, enduits, peintures...etc.), afin d'améliorer certaines de leurs propriétés. Dans la construction routière, on utilise parfois la chaux vive moulue pour :
 - a) Assèchement: La chaux vive est épandue sur les sols humides afin de diminuer leur teneur en eau et faciliter ainsi le travail des engins de terrassement.
 - b) Stabilisation: teneur en La chaux vive, mélangée aux sols argileux, se combine chimiquement avec ces derniers. L'argile passe alors d'une consistance plastique à une consistance grenue, stable et très peu sensible à l'eau.
 - c) Stockage: La chaux vive doit être stockée dans des dépôts ou sacs hermétiques. La chaux éteinte est moins sensible mais elle doit être stockée dans des dépôts ou sacs fermés.

Utilisations

- **Construction :**

- Enduits intérieurs et extérieurs.
- Mortiers pour maçonner des pierres tendres.
- Finitions décoratives (badigeons, stucs, fresques).

- **Restauration :**

- Réhabilitation des monuments historiques et du patrimoine bâti.

- **Agriculture :**

- Amendement des sols acides.

- **Industrie :**

- Traitement des eaux.
- Industrie chimique.

Propriétés

- **Durcissement** : par **absorption du CO₂** atmosphérique.
- **Porosité** : élevée, permet aux supports de "respirer".
- **Plasticité** : très bonne, facilitant la mise en œuvre.
- **Faible résistance mécanique** : mais suffisante pour de nombreux ouvrages.
- **Blancheur** : couleur naturellement blanche.
- **Pouvoir antiseptique** : limite la prolifération de micro-organismes.

e. Propriétés principales :

Chimiques : la teneur en chaux libre et magnésie (CaO et MgO) doit être supérieure à 80%. La teneur en oxyde de carbone (CO) doit rester inférieure à 5%.

Physiques :

Le refus au tamis de 800 μ est nul et le refus au tamis de 80 μ doit être inférieure à 10%.

La finesse globale doit se situer dans l'intervalle de 8.000 à 20.000 cm²/g.

La masse volumique apparente varie de 500 à 700 kg/m³ et la masse volumique absolue varie de 2200 à 2500 kg/m³.

La chaux vive est très avide d'eau, elle s'éteint en s'hydratant avec un fort dégagement de chaleur (absorbe pour 1kg de chaux, 3 litres d'eau). Cette propriété est utilisée pour assécher et traiter les sols très imprégnés d'eau.

La chaux aérienne présente un indice de clarté proche de 100 (indice qui varie de 0 à 100). Ce qui permet de révéler la coloration de l'agrégat.

La chaux aérienne résiste bien au feu. Sa résistance réfractaire varie entre 1800 à 2000 °C.

La chaux aérienne prend lentement. Le temps de début de prise est de 600 minutes (10 heures).

La solubilité est faible (1 à 1,5 g/l), ce qui permet de fabriquer des laits de chaux.

L'eau de gâchage pour l'obtention d'une pâte de chaux est de 8 à 15%.

La chaux grasse est fortement basique, ce qui permet de neutraliser les acides du sol ou les eaux usées (produit bactéricide).

La chaux grasse constitue un bon isolant à la fois phonique et thermique.

La chaux aérienne fait l'objet d'une normalisation. La norme française ancienne NFP 15 510 désignait la chaux aérienne éteinte pour le bâtiment par CAEB. Une nouvelle désignation apparaît CL (calcique Lime, NFP 15 311).

f. Utilisation dans le bâtiment :

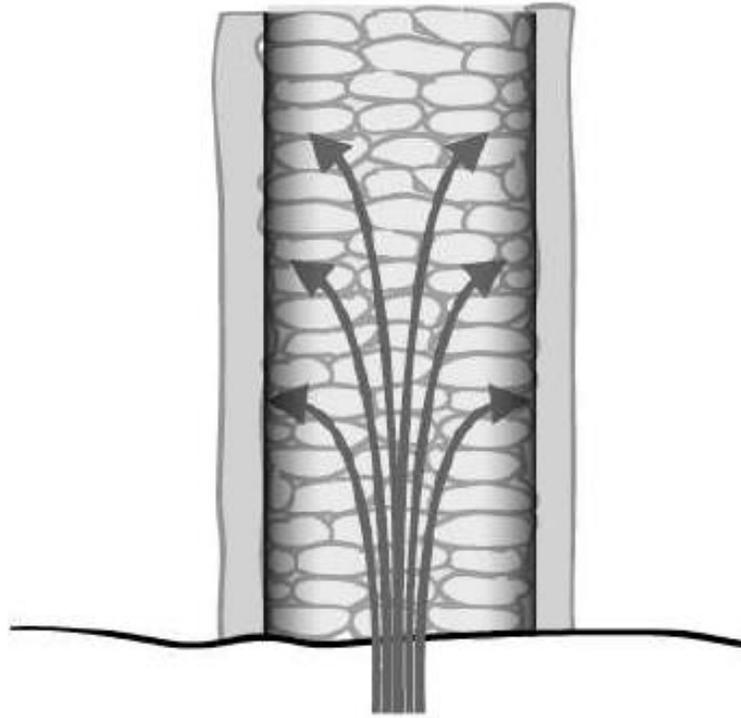
Les chaux aériennes trouvent leurs applications les plus anciennes dans le bâtiment dans la préparation de mortiers et de badigeons.

Enduits :

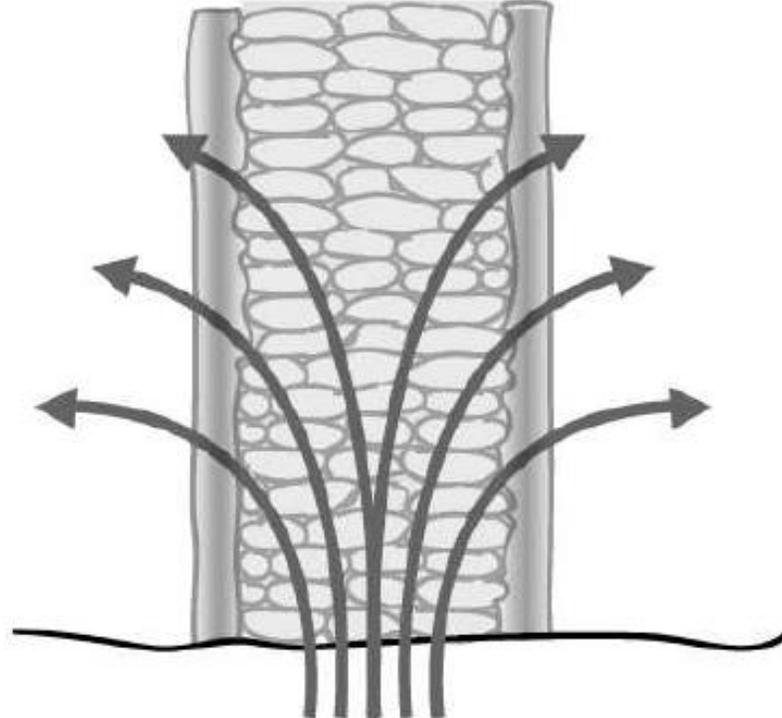
Ont principalement deux fonctions: protection et esthétique.

Les mortiers de chaux présentent une grande élasticité, ce qui permet d'éviter les fissures de retrait et faïençage.

Les mortiers de chaux, une fois durcis, ont la propriété d'être imperméable à l'eau tout en étant perméable à l'air. On dit que le mur respire.



Enduit au ciment



Enduit à la chaux

Le durcissement des enduits à base de chaux est lent; par conséquent, il est déconseillé de les utiliser à l'extérieur par période hivernale. Aussi, il faut protéger l'enduits frais contre le soleil et les vents violents.

L'association de la chaux aérienne et du ciment constitue un liant privilégié pour les enduits (mortier bâtard).

Le mortier à la chaux respecte la couleur du sable. Il permet de retrouver l'aspect d'origine des constructions anciennes et des monuments historiques.

La couleur finale de l'enduit réalisé avec de la chaux dépend essentiellement du sable utilisé. On peut, quand de besoin y ajouter des oxydes métalliques en poudre pour accentuer la coloration en s'assurant de le doser parfaitement et de bien le mélanger.

Le temps de séchage à observer entre chaque couche peut varier entre un à plusieurs jours selon les conditions climatiques et de mise en œuvre.

La couche de finition peut être talochée, jetée à la truelle, projetée à la machine... Mais en général, il est recommandé de la gratter ou de la broser, quelques heures à quelques jours après application.

Mortiers de pose et de jointement :

La force de liaison d'un mortier de pose est plus importante que sa résistance à la compression.

Les mortiers de chaux qui développent cette adhérence grâce à leur plasticité, sont ainsi bien adaptées à cet emploi. Ils sont de surcroît peu perméables à l'eau et peu fissurables. Ils ne provoquent pas d'efflorescences.

Les mortiers de chaux constituent de très bons mortiers de jointement de maçonneries en pierres tendres, en béton cellulaire ou en briques. Ils sont également très utilisés dans les travaux de bâtiments anciens.

Badigeons :

Sont obtenus en mettant la chaux éteinte en suspension dans l'eau à raison de 40 litres d'eau par sac de 25 kg.

Ils sont réalisés à deux ou trois couches.

Les badigeons sont réalisés sur des supports enduits, lissés, frottés ou décoratifs, pour donner un aspect uniforme aux couleurs et aux matériaux.

Il peuvent avoir un effet curatif de bouchage sur des enduits microfissurés ou faïencés, et rattraper des défauts d'aspect.

Matériaux de construction :

La chaux intervient aussi dans la fabrication de matériaux de construction :

Les briques silico calcaires, sont fabriquées avec un mélange intime de chaux et de sable siliceux, compacté et étuvé. Ce matériau est très utilisé en Allemagne et en Russie. Deux grande usines sont installées en Algérie.

Les Bétons cellulaires, matériaux légers et isolants. Sont fabriqués à base de sable siliceux et de chaux dans lequel on provoque la formation de bulles de gaz, souvent par action de la chaux sur l'aluminium en poudre.

Chaux Hydraulique:

- Il est apparu très tôt que des adjonctions permettaient d'améliorer la prise et la stabilité du mortier de chaux, en particuliers de la rendre insensible à l'action de l'eau. L'enduit, assurant l'étanchéité des citernes construites à Jérusalem au 10e siècle avant notre ère, est fait de la chaux hydraulique.
- Dans l'île grecque de Santorin, on ajoutait au mélange chaux-sable une quantité de poudre volcanique qui conférait au mortier la propriété d'être stable à l'eau, et de durcir partiellement sans apport de gaz carbonique. Cette caractéristique appelée « hydraulité », peut être obtenue au départ d'autres matériaux, notamment la brique ou la tuile pilée.

Chaux Hydraulique:

- Les Romains ont pratiqué à grande échelle l'adjonction à la chaux d'argile cuite et surtout de pouzzolane. La plus grande stabilité à l'eau des matières ainsi obtenues est due à une réaction plus ou moins lente entre la chaux et la silice colloïdale et l'alumine contenues dans les produits mentionnés, avec formation d'hydrosilicates et d'hydroaluminates dont la nature est comparable à celle des produits qu'on obtient par hydratation des liants hydrauliques modernes.
- La chaux hydraulique s'obtient à partir de roches calcaires contenant 10% à 20% d'impuretés argileuses (calcaires marneux).

Réactions chimiques:

- Au cours de la cuisson du calcaire marneux certaines molécules **CaO** s'allie avec les oxydes **SiO₂**, **Al₂O₃**, **Fe₂O₃**, contenus dans les minéraux d'argiles en formant les silicates **CaO.SiO₂**, les aluminates **CaO.Al₂O₃** et les ferrites **CaO.Fe₂O₃** de calcium, qui durcissent à l'air comme dans l'eau. Le reste de molécules **CaO** s'éteint comme pour la chaux aérienne. En conséquence plus la quantité de **CaO** est grande la chaux est moins apte de durcir sous l'eau.
- Pour caractériser la capacité du durcissement hydraulique (sous l'eau) du liant on utilise habituellement le module hydraulique :

$$m = \frac{\%CaO}{\%(SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3)}$$

Selon la valeur de m les liants sont classés comme suit :

$1,7 \leq m \leq 9$: Chaux hydraulique.

$1,1 \leq m \leq 1,7$: Ciment romain.

$m \geq 9$: Chaux aérienne.

La chaux hydraulique gâchée à l'eau, après durcissement à l'eau continue à durcir à l'air par carbonatation des molécules $Ca(OH)_2$ sous l'action du CO_2 qui s'infiltré dans la masse après évaporation de l'eau de gâchage.

Plus la chaux hydraulique est fine plus la prise et le durcissement sont accélérés et plus la résistance est élevée.

Utilisation et stockage:

- La chaux hydraulique est utilisée comme un liant dans la construction à la place ou avec du ciment. Comme pour la chaux aérienne la chaux hydraulique doit être stockée dans des endroits secs en dépôts ou sacs fermés.

Mise en œuvre

Préparation du mortier de chaux

- Mélange de **chaux éteinte**, **sable** et **eau**.
- Temps de repos après malaxage pour maturer le mortier.

Application

- Application en plusieurs couches si utilisé en enduit.
- Respect des temps de séchage pour chaque couche.

Conditions idéales

- Travail par temps doux et humide.
- Éviter un séchage trop rapide (risque de fissuration).

Avantages

Bonne perméabilité à la vapeur d'eau

Réversibilité (idéal pour la restauration)

Faible retrait au séchage

Produit naturel, écologique

Inconvénients

Durcissement lent

Moins résistant que les liants modernes

Sensible aux intempéries en phase de durcissement

Nécessite des compétences spécifiques pour l'application

Comparaison avec la Chaux Hydraulique

Critères

Chaux Aérienne

Chaux Hydraulique

Durcissement

Avec l'air (CO₂)

Avec l'eau

Résistance

Plus faible

Plus élevée

Utilisation

Enduits fins, restauration

Maçonnerie courante,