

LES CHAUX NATURELLES

SOMMAIRE

Page

PLUS D'INFOS ...

2 INTRODUCTION

(1) - La chaux, hier et aujourd'hui.

(2) - Les noms de la chaux

3 LE CYCLE DE LA CHAUX ou la chaux dans tous ses états.

(3) - Le cycle de la chaux

4 1 - DE LA PIERRE A LA CHAUX.

(4) - L'indice d'hydraulicité.

5 2 - CUIRE DES CAILLOUX

5 3 - UTILISATIONS DE LA CHAUX VIVE

(5) - La stabilisation des terres à la chaux vive.

6 4 - ÉTEINDRE LA CHAUX

La chaux en pâte

Préparer soi-même une chaux en pâte.

Utilisations des chaux en pâte.

La chaux en poudre.

Chaux légères et chaux grossières.

(6) - L'extinction des chaux vives.

8 5 - LES CHAUX ÉTEINTES pour le bâtiment.

Les chaux aériennes.

Les chaux hydrauliques.

9 Ce que dit la norme.

(7) - Caractéristiques des chaux

(8) - Les normes : Tableau récapitulatif .

(9) - Chaux ou ciment, quelles différences ?

11 6 - LA CONSERVATION DES CHAUX

11 7 - CHOISIR UNE CHAUX

13 8 - LES PRISES DES CHAUX NATURELLES (de la chaux à la pierre)

Immédiatement "à fresco".

Rapidement, la prise hydraulique.

Lentement, la prise aérienne.

Mystérieusement, la prise pouzzolanique et les agrégats réactifs.

15 9 - EPILOGUE

Le retour de la chaux, effet de mode ou post-modernisme ?

Les fabricants de chaux.

INTRODUCTION

Un feu de camp, des pierres de gypse vite chauffées à plus de 150° et la pluie qui tombe, il n'en faut pas plus pour fabriquer involontairement du plâtre, l'éteindre et retrouver le lendemain à la place des pierres une masse compacte.

Pour cuire du calcaire il faut évidemment plus de chaleur, mais s'il se présente sous forme de coquillages ils ne seront pas bien long à se transformer en chaux.

Cette découverte accidentelle du plâtre puis de la chaux à été domestiquée au cours de millénaires on l'on ne disposait que de bois, de pierres, de terre, de sable, de plâtre et de chaux pour construire.

Aujourd'hui, quelles situations se prêtent à l'emploi d'une chaux, et quelle chaux ?

Nous allons aborder ces questions et quelques autres avant de nous demander pourquoi la chaux soulève encore tant de passions ?

Une fiche en 2 parties :

La première partie de la fiche insiste sur les aspects pratiques.

Chaque chapitre se conclue par des renvois entre parenthèses "(1)" vers des compléments d'information situés en annexe.

Pour ne pas alourdir la fiche conseil les annexes regroupent les informations techniques ou scientifiques plus détaillées.

Vous pouvez ainsi parcourir la fiche conseil et vous reporter aux annexes seulement pour approfondir les points qui vous intéressent plus particulièrement.

Plus d'infos ... à la fin de cette fiche conseil :

(1) - La chaux, hier et aujourd'hui.

(2) - Les noms de la chaux.

LE CYCLE DE LA CHAUX

La chaux dans tous ses états :

Pour découvrir les chaux naturelles nous allons les suivre dans leur cycle. Nous verrons comment on passe de la pierre à la chaux vive puis à la chaux éteinte qui retournera dans le mortier à son état initial de pierre.

Vous pouvez cliquer sur les étapes du cycle qui composent les chapitres de cette fiche.

1 - LA PIERRE, calcaire pur ou argileux, détermine la prise, aérienne ou hydraulique, de la chaux.

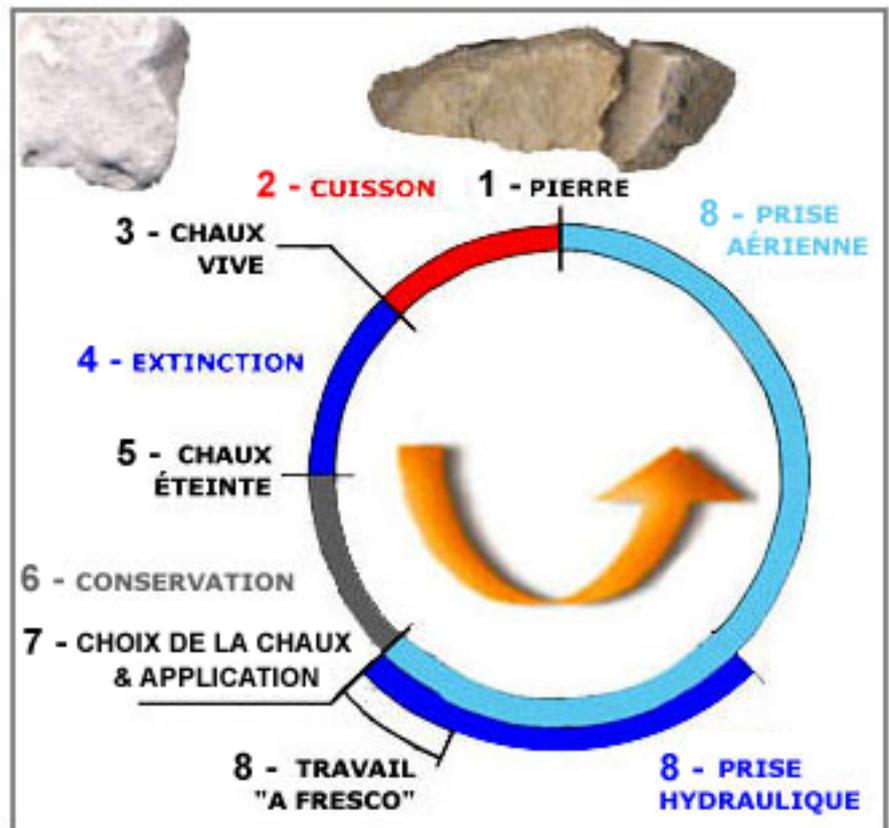
2 - LA CUISSON transforme la pierre en chaux vive.

3 - LA CHAUX VIVE est broyée à la sortie du four. Elle s'utilise en l'état pour certains travaux ou sera éteinte.

4 - L'EXTINCTION sans excès d'eau transforme la chaux en poudre. Mise en sac elle sera vendue sous le nom de chaux aérienne ou de chaux hydraulique.

Eteinte par immersion, seule la chaux aérienne peut se conserver en pâte.

5 - LES CHAUX ÉTEINTES répondent à des NORMES qui permettent de savoir si la chaux est calcique ou magnésienne, aérienne ou hydraulique, de résistance faible ou forte, pure ou bâtarde.



6 - LA CONSERVATION des chaux commercialisées dépend de leur état. Les chaux en poudre se conserve environ 1 an en sac. En pâte, la chaux aérienne se conserve sous l'eau sans limite de temps.

7 - LES TECHNIQUES A LA CHAUX ET LEUR APPLICATION feront l'objet d'autres fiches conseil. Nous donnerons ici seulement quelques conseils pour le choix d'une chaux aérienne ou hydraulique.

8 - LES TROIS PRISES des chaux : Aérienne, hydraulique ou pouzzolanique, elles conduisent le mortier à retrouver son état initial de calcaire. Le cycle de la chaux s'achève.

LE CYCLE DE LA CHAUX

	Langage commun	Langage technique	Formules chimiques	Poids en g
ETAT 1	PIERRE CALCAIRE	Carbonate de chaux	CaCO ₃	100 g
	+ FEU	CUISSON	- CO ₂	-44 g
ETAT 2	= CHAUX VIVE	Oxyde de calcium	= CaO	=56 g
	+ EAU	EXTINCTION	+ H ₂ O	+18 g
ETAT 3	= CHAUX ÉTEINTE	Hydroxyde de calcium	= Ca(OH) ₂	=74 g
	+ EAU du mortier + AIR (- Eau évaporée)	PRISE HYDRAULIQUE ET PRISE AÉRIENNE	+ CO ₂	+44 g -18 g
ETAT 4 = 1	CHAUX CARBONATÉE	Carbonate de chaux	= CaCO ₃	100 g

Plus d'infos ... (3) - Le cycle de la chaux.

1 - DE LA PIERRE A LA CHAUX :

Le calcaire pur donne une chaux aérienne calcique qui fait prise à l'air. Egalement aériennes, les chaux magnésiennes proviennent d'un calcaire magnésien.

Le calcaire argileux rend la chaux hydraulique. Elle fera prise à l'eau.

Le calcaire pur : Il donne une chaux aérienne qui fera prise par réaction avec le gaz carbonique de l'air. Les coquillages, calcaire pur, donnent une très bonne chaux. Certaines chaux en pâte sont produites à partir de marbre.

Le calcaire argileux : Sa cuisson donne une chaux hydraulique qui fait prise par réaction à l'eau. La chaux sera plus hydraulique et plus résistante si le pourcentage d'argile est plus élevé.

Plus d'infos ...

(4) - L'indice d'hydraulicité ... et la résistance des chaux hydrauliques.

2 - CUIRE DES CAILLOUX :

La chaux c'est de la pierre cuite à 1000°. A la sortie du four la pierre a presque perdu la moitié de son poids, parti en fumée ou plus exactement en gaz carbonique. On comprend pourquoi la cuisson se nomme aussi décarbonatation.

Si on pousse la température on fabrique des chaux surcuites ou des ciments naturels tels le ciment prompt (connus pour leur emploi en rocaille et en fausse pierre entre la fin du XIXe s et le début du XXe s).

Autrefois, la chaux coûtait cher. Cuire de la pierre dans des fours mal maîtrisés consommait beaucoup de bois. On cuisait de la chaux partout comme en témoignent encore de nombreux noms de lieux sur les cartes. La cuisson lente (une journée entre 800° et 1100°) améliorerait la finesse de la chaux et les cendres de bois participaient à la qualité de la chaux produite.

3 - UTILISATIONS DE LA CHAUX VIVE :

Le feu transforme le calcaire en "chaux vive". C'est un matériau instable, une base forte avide d'eau, agressive pour la peau et les matières organiques qu'elle brûle. Massivement utilisée en agriculture et dans la chimie, la chaux vive trouve quelques applications dans le bâtiment.

La chaux à l'étouffé : Dans le bâtiment, la chaux vive s'utilisait "à l'étouffé". On mêle par couche du sable ou de la terre à de la chaux vive qui en absorbe l'humidité et se délite peu à peu en poudre. On obtenait ainsi sur chantier de la chaux éteinte en poudre et un mortier "prêt à l'emploi".

La protection des bois : Les poutres en bois (non peintes) peuvent recevoir un lait de chaux vive. Si on incorpore de l'huile de lin chaude au moment de l'extinction on réalise une "huile chaulée", peinture adaptée à la protection et la décoration des bois. *Voir fiche conseil 'L'huile chaülée'.*

La désinfection : Les étables étaient régulièrement désinfectées à la chaux vive. Fortement basique elle tue les micro-organismes.

La stabilisation des terres :

20 à 40 Kg de chaux vive mélangée à une tonne de terre argileuse provoque un accroissement très important de la résistance du sol par floculation des argiles.

Pour absorber l'humidité :

Avide d'eau, la chaux vive capte l'humidité de l'air pour se transformer en chaux éteinte. 10 Kg de chaux vive exposés à l'air capteront 2 litres d'eau.

EN PRATIQUE : On trouve la chaux vive chez certains marchands de matériaux, en roche en sacs plastiques de 5 ou 25 Kg ou pré-broyée en seaux.

Plus d'infos ... (5) - La stabilisation des terres à la chaux vive.

4 - ÉTEINDRE LA CHAUX

La chaux en pâte :

Plongée dans l'eau la chaux vive fuse en dégageant de la chaleur avant de se déposer au fond du bac. Cette extinction par excès d'eau donne la chaux aérienne en pâte. C'était la seule extinction possible autrefois, avec la chaux à l'étouffé. Si la chaux est hydraulique on devra l'utiliser dans les 24h pour profiter de ses propriétés avant qu'elle ne fasse prise.

La maîtrise en usine de l'extinction sans excès d'eau permet aujourd'hui de produire les chaux éteintes en poudre, vendue en sacs.

Préparer soi-même une chaux en pâte :

On trouve chez certains marchands de matériaux de la chaux vive en blocs ou pré-broyée, en poudre. Elle se conserve à l'abri de l'air dans un sac ou un seau plastique.

ATTENTION à ne pas toucher la chaux vive avec les mains (surtout humides) et à se protéger les yeux avec des lunettes et les mains avec des gants.

Pour l'extinction on utilise habituellement des récipients insensibles à la chaleur, en fer ou en bois. Si on dispose seulement de seaux en plastique, on peut en mettre un au "bain marie" dans une grande poubelle d'eau froide.

On peut éteindre 1 Kg de chaux vive dans 4 litres d'eau. On remue avec un bâton ou une hélice en bout de perceuse en se protégeant les yeux et les mains.

On laisse refroidir. On agite la chaux en pâte les jours suivants pour faciliter l'extinction des grumeaux non fusés.

La chaux en pâte se conserve sans limite de temps dans un seau fermé ou si l'on veille à compenser l'eau qui s'évapore.

Pour des travaux fins on tamisera la pâte dans un tamis fin (à défaut un chinois de cuisine) ou un bas . On jette les incuits ou surcuits non fusés, retenus par le tamis.

Utilisations des chaux en pâte :

Après l'extinction on laisse refroidir. Pour préparer un enduit on mélangera directement cette pâte au sable.

Pour le mortier des joints on ajoute le sable et on laisse reposer 24h.

Pour les mortiers de finition on tamise la pâte au tamis de 10 (2 mm) et on la laisse reposer 2 semaines au moins.

Pour les corps d'enduit fibrés, on tamise la pâte, on ajoute le sable et les fibres avant de laisser reposer 2 semaines. On s'assure ainsi une bonne imprégnation des fibres. On vérifie en même temps la bonne tenue des fibres en milieu basique.

Pour préparer un badigeon on coupera la chaux éteinte en pâte avec de l'eau. Si l'on a éteint 1 Kg de chaux vive dans 4 litres d'eau, on a après extinction l'équivalent de 1,2 Kg de chaux en poudre pour 3,8 litres d'eau soit un rapport en volume

"eau/chaux en poudre" de $3,8/2,4 = 1,6$. Pour avoir un rapport eau/chaux = 2, on ajoutera donc 0,25 litre d'eau à chaque litre de chaux éteinte puisée. A partir de cette base il sera facile de passer à des dilutions plus importantes si l'on souhaite préparer une eau forte à 1 volume de chaux en poudre pour 4 volumes d'eau. (Voir fiche conseil "Badigeons et eaux fortes").

La chaux en poudre :

Les chaux éteintes en poudre résultent d'une extinction en usine. Sur la chaux vive on pulvérise l'eau juste nécessaire à la réaction chimique d'extinction.

La chaux la plus fine, plus légère, est séparée par soufflerie. On la désigne parfois sous le nom de "chaux ventilée" mais cette appellation non normalisée n'est pas inscrite sur les sacs. Les chaux légères ont une masse volumique de 0,5 Kg / litre et parfois moins. Si la chaux en poudre est bien éteinte elle ne dégage pas de chaleur en présence d'eau.

Si l'on souhaite préparer une chaux en pâte à partir d'une chaux aérienne éteinte en poudre, on lui ajoutera son poids d'eau (par exemple 25 litres d'eau pour un sac de 25 Kg de chaux aérienne).

Plus d'infos ... (6) - L'extinction des chaux vives.

Chaux légères et chaux grossières :

Quelle soit en poudre ou en pâte, l'applicateur à toujours cherché à séparer la chaux légère adaptée aux finitions et aux travaux fins (tels le stuc) de la chaux plus grossière adaptée aux travaux préparatoires des sous-couches, plus épaisses.

On sépare la chaux fine et légère par ventilation si elle est en poudre, par décantation si elle est en pâte. Il reste dans les deux cas la chaux la plus grossière, adaptée aux travaux ordinaires.

En Italie on laisse parfois la chaux en pâte décanter 1 mois avant de prélever la partie supérieure de la pâte décantée, le "grassello", utilisé pour les travaux fins.

Le fond, composé de chaux plus grossière, est mélangé à du sable siliceux pour composer la "malta" fine. On utilisait des malaxeurs à rouleaux pour mélanger la chaux en pâte au sable.

EN PRATIQUE : Plus la chaux sera fine, plus sa masse volumique sera faible. Les chaux aériennes en poudre pèsent environ 0,5 Kg / litre. Les chaux hydrauliques se situent autour de 0,7 Kg / litre. Les fabricants communiquent cette information.

Pour les chaux en pâte, la norme ne permet pas de connaître leur finesse mais les praticiens l'apprécient au glissement de l'outil.

Dans tous les cas, le mûrissement de la chaux dans l'eau améliore sa finesse et sa mise en oeuvre.

5 - LES CHAUX ÉTEINTES pour le bâtiment :

Les chaux aériennes :

On distingue 3 types de chaux aériennes selon le % de calcaire ou d'oxyde de Magnésium.

CHAUX CALCIQUE : Chaux fabriquée à partir d'un calcaire Ca CO_3 pur ou contenant moins de 5% d'oxyde de magnésium MgO .

CHAUX MAGNÉSIENNE : Chaux fabriquée à partir d'un calcaire Ca CO_3 contenant de 5% à 34% d'oxyde de magnésium.

CHAUX DOLOMITIQUE : Chaux contenant de l'oxyde de calcium et de 34% à 41% d'oxyde de magnésium.

EN PRATIQUE : Dans le commerce les chaux calciques sont les plus fréquentes. Les chaux magnésiennes se trouvent plutôt dans l'Ouest de la France.

Pour un volume égal aux autres sacs, la chaux aérienne surprend par son poids de 25 Kg quand les chaux hydraulique pèsent 40 Kg et le ciment 50 Kg.

Les chaux aériennes se conservent sous l'eau sans limite de temps.

Si on réalise un enduit à la chaux aérienne à l'intérieur, on aérera le local.

Les chaux hydrauliques :

Si la pierre de la carrière contient de l'argile, la cuisson va combiner la chaux avec la silice et l'alumine de l'argile pour former des silicates et aluminates de chaux.

Les NHL (Liant Hydraulique Naturel) sont broyés pour réduire en poudre les grappiers qui contiennent les composants hydrauliques (la bélite "C2S")

Les chaux hydrauliques conservent une part variable de chaux aérienne. La prise aérienne d'une chaux hydraulique représente environ 30% de sa prise.

EN PRATIQUE : On utilisera de préférence une chaux hydraulique de faible résistance, une NHL 2 (Voir Normes), sur les murs en terre ou en pierres tendres, hourdés avec des joints peu résistants. La chaux NHL 3,5 peut convenir aux supports de pierres froides. On évitera les NHL 5 sur le bâti ancien.

CE QUE DIT LA NORME :

La norme des chaux de construction permet de savoir si une chaux est calcique ou dolomitiques, aérienne ou hydraulique, de résistance faible ou forte, pure ou bâ-tardée.

Seules les chaux en pâte échappent encore à la pré-norme Européenne 15 311.

Les chaux aériennes calciques "CL" ou dolomitiques "DL" :

Parmi les chaux aériennes, la norme distingue les chaux calciques provenant d'un calcaire pur et les chaux dolomitiques issues d'un calcaire magnésien.

Sur les sacs on retrouvera l'abrégié "CL" (Calcium Lime) pour les chaux calciques et "DL" (Dolomit Lime) pour les chaux dolomitiques.

Le chiffre qui suit les initiales CL ou DL donne le % de produit actif.

"CL 90" désigne un "Liant Calcique à 90 % de chaux minimum". Il existe aussi des CL 80 et CL 70 à moindre teneur en chaux.

"DL 85" ou "DL 80" désigne un "Liant Dolomitique à 85% ou 80%".

EN PRATIQUE : Pour la construction on recherchera les chaux CL 90 ou DL 85. Les chaux "DL"... (**à compléter)

Les chaux hydrauliques "NHL" :

Elles se distinguent principalement par leur résistance à la compression mesurée après 1 mois de vieillissement.

Sur les sacs "NHL 2" correspond à une résistance comprise entre 2 et 5 MPa (20 et 50 Kg/cm²)

NHL 3,5 = une résistance comprise entre 3,5 et 10 MPa (35 et 100 Kg/cm²)

NHL 5 = une résistance comprise entre 5 et 15 MPa (50 et 150 Kg/cm²)

EN PRATIQUE : Sur les supports anciens (sans ciment) on utilisera des NHL 2 ou NHL 3,5 largement assez résistantes.

Plus d'info ... (7) - La résistance des chaux hydrauliques.

Les chaux bâ-tardées "NHL-Z" = NHL + ciment

On ne les utilisera pas sur les supports anciens.

Les chaux artificielles

Elles n'existent plus. Ne contenant pas de chaux libre, elles ont retrouvé leur famille d'origine, les ciments, sous le nom de "ciments à maçonner". On évite ainsi la confusion entretenue volontairement par ces produits à base de ciments qui prétendaient être les équivalents "artificiels" des chaux "naturelles".

Où sont passées les CAEB et les XHN ?

La norme actuelle parle de chaux CL ou NHL, abréviations d'expressions anglaises. Comment retrouver les chaux connues sous le nom de CAEB (Chaux Aériennes Eteintes pour le Bâtiment) ou de XHN (chaux Hydrauliques Naturelles) ?

L'ancienne CAEB correspond à la chaux aérienne "CL 90"

Les chaux hydrauliques XHN 60 se dénomment aujourd'hui "NHL 2".

Les XHN 100 correspondent aux "NHL 3,5" de la nouvelle norme.

Plus d'infos :

(8) - La norme des chaux : Tableau récapitulatif.

(9) - Chaux ou ciment, quelles différences ?

6 - LA CONSERVATION DES CHAUX

Les chaux vives en poudre ou en roche se conservent sans limite de temps dans un sac plastique ou un seau fermé hermétiquement. Au contact de l'air la chaux vive passe à l'état de chaux éteinte puis de chaux carbonatée. Elle a alors perdu tout effet liant.

Les chaux en pâte se conservent également sans limite dans une seau hermétique. Comme les chaux vives elles se périment si on les expose à l'air.

Les chaux éteintes en poudre stockées en sac se conservent 1 an à l'abri de l'humidité et l'air (sac non ouvert).

7 - CHOISIR UNE CHAUX

Les critères de choix de la chaux seront donnés dans les fiches conseil par technique avec les dosages en fonction des supports. Nous résumons ici les travaux habituellement réalisés à la chaux aérienne et à la chaux hydraulique.

La chaux aérienne pour ...

- Les finitions teintées en masse par le sable si l'on recherche une teinte lumineuse (les chaux hydrauliques, moins blanches, cassent la teinte).
- Les travaux fins tels le stuc.
- Pour recevoir une patine ou un badigeon "à fresco".
- Les mortiers comprenant de la terre ou un sable terreux.
- Les murs rejointés laissés à pierre vue dans lesquels on souhaite inclure une part de terre ou devant recevoir une patine à base de terre prélevée in-situ
- Les travaux de finition lents (le mortier peut se conserver si on l'enferme dans un film plastique).
- Quand on souhaite une prise de patine plus rapide.

SITUATIONS A ÉVITER :

- Les murs humides.
- Les sous couches devant recevoir une finition, à moins de couper la chaux aérienne avec une chaux hydraulique.

La chaux hydraulique pour ...

- Enduire les supports forts (pierres dures, froides).
- Les couches d'enduit en contact avec le support, gobetis (NHL 3,5 ou 5) et corps d'enduit (NHL 2 à 3,5).
- Les supports hydrauliques du bâti neuf (agglos de béton). Une part de ciment est admise dans cette situation, pour s'adapter au support en ciment.
- Les parties basses des murs exposés aux remontées d'humidité.
- Monter des murs en pierre.
- Maçonner des tuiles ou tout autre travail pour lequel on utilisait les chaux artificielles ou des bâtards ciment-chaux.
- Les mortiers rebattus (préparés à l'avance). (préciser les emplois **)

A ÉVITER :

- Les chaux hydrauliques fortes sur les supports faibles. On utilise alors une NHL 2.
- Les supports en plâtre, à moins d'un avis du fabricant de chaux garantissant l'absence de réaction avec le plâtre.

De la chaux au mortier :

On applique rarement la chaux pure sur le mur, sauf pour "graisser" un enduit.

En général on la mélange à du sable ou d'autres agrégats. Il faut donc choisir les agrégats et un dosage avant de mélanger la chaux, le sable et l'eau. En un mot on prépare le mortier, fin ou grossier pour l'appliquer sur le support.

Ces étapes du travail seront abordées dans d'autres fiches conseil :

- La fiche "Choisir ses agrégats" vous guidera dans le choix du sable.
- La fiche "Enduits à la chaux" détaille la confection des enduits (dosages, préparation, application)
- La fiche "Les joints des pierres apparentes" vous guidera si vous envisagez un rejointoiement.

8 - LES PRISES DES CHAUX NATURELLES

De la chaux à la pierre.

Nous sommes passé de la pierre à la chaux vive. Maintenant éteinte, la chaux en poudre ou en pâte est mélangée au sable. Le mortier frais est appliqué sur le mur, la prise commence. Mais quelle prise ? Aérienne, hydraulique, pouzzolanique ? Quelle importance, quelles différences ?

De toute façon la chaux entame la dernière phase de son cycle. Lentement elle retourne à son état initial, elle redevient la pierre de la carrière. Nous allons la suivre dans cette dernière transformation.

Immédiatement, "à fresco".

A peine appliqué sur le mur, l'enduit commence sa prise. La prise de la chaux aérienne, lente dans son épaisseur, se manifeste rapidement en surface par une pellicule de calcite. Cette cristallisation enferme les pigments posés "à fresco" comme elle protège dans les grottes les peintures rupestres.

Ce moment unique permet de poser des pigments purs qui seront fixés par la prise de l'enduit. A la fiabilité technique s'ajoutent alors des effets de transparence inimitables.

Rapidement, la prise hydraulique.

L'eau du mortier déclenche la prise hydraulique des chaux NHL.

Plus rapide que la prise aérienne, la prise hydraulique permet à la sous-couche d'enduit de recevoir une couche de finition après une bonne semaine de séchage.

Plus lentes que les ciments, les chaux hydrauliques continuent à prendre de la résistance dans le temps.

Une part de la prise des chaux hydrauliques reste aérienne. Le mortier évolue lentement. A 6 mois, en fin de prise, la résistance sera de 2 à 3 fois la résistance mesurée à 1 mois.

Lentement, la prise aérienne.

Le mortier de chaux aérienne fait prise lentement au contact de l'air.

La carbonatation (absorption du dioxyde de carbone) se traduit par une reprise de poids. 1 Kg de chaux en poudre mise dans le mortier donnera 1,6 Kg de chaux carbonatée. D'une certaine façon la matière croît lentement apportant au mortier des caractéristiques que ne permettent les prises hydrauliques rapides.

L'air nécessaire à la prise induit une utilisation des chaux aériennes en finition et hors périodes d'intempéries pour laisser au mortier le temps de se structurer. En sous couche on recherchera un complément de prise hydraulique par une chaux

hydraulique ou un agrégat pouzzolanique.

Exposé à l'air, le mortier de chaux aérienne continue à faire prise pendant 9 à 12 mois. Les mesures normalisées de la résistance à 1 mois, adaptées au ciment, ne conviennent pas aux mortiers de chaux.

A carbonatation complète, la résistance sera au moins 3 fois la résistance mesurée à 1 mois.

Mystérieusement, la prise pouzzolanique :

C'est la prise hydraulique apportée par l'agrégat à une chaux. On hydraulise la chaux. Cette réaction maîtrisée par les Romains garde, aujourd'hui encore, beaucoup de secrets.

Certains auteurs décrivent cette prise comme le résultat du gaz carbonique inclus à l'agrégat, naturellement dans les matériaux volcaniques ou suite à la cuisson dans la brique pillée.

Comme les argiles, les pouzzolanes sont composées essentiellement de silice, d'alumine et d'oxyde de fer. Elles se combinent à froid avec la chaux en présence d'eau. On doit les réduire en poudre pour faciliter la réaction.

La pouzzolane finement broyée réagit en présence d'humidité avec les hydroxydes alcalins ou alcalino terreux des chaux naturelles pour former des composés à propriété hydraulique.

La prise pouzzolanique est assez rapide mais elle varie en fonction du type de chaux, de l'agrégat utilisé et de sa mouture.

On a longtemps supposé que cette réaction était recherchée pour donner des caractéristiques hydrauliques à des chaux qui ne l'étaient pas. Il semble que la réaction soit pourtant aléatoire avec une chaux calcique de type CL90 et beaucoup plus forte avec une chaux faiblement hydraulique de type NHL 2. Une affaire à suivre ...

Les agrégats pouzzolaniques :

LE TUILEAU ou "pouzzolane artificielle", réagit plus fortement si la terre est peu cuite et broyée finement.

LE BASALTE induit une réaction pouzzolanique plus forte que la pouzzolane.

LES CENDRES apportent également une prise pouzzolanique.

POUR LES CHAUX VIVES utilisées pour stabiliser les sols, les fabricants donnent l'"indice de réceptivité pouzzolanique" qui qualifie la réactivité de leur chaux aux argiles.

LES CHAUX MAGNÉSIENNES ne conviennent pas, l'oxyde de magnésium ne participant pas à la réaction pouzzolanique.

9 -LE RETOUR DE LA CHAUX

Passéisme, effet de mode ou matériau post-moderne ?

"Le retour de la chaux". S'il est des titre d'articles "bateaux" c'est bien celui là, mais si quelqu'un revient c'est nous. Nous en revenons ... du ciment. Nous revenons aussi aux vieilles pierres que nous avons délaissées, plus ou moins, depuis le début du 20e siècle. Nous avons décrit rapidement cet abandon et ces retrouvailles en introduction. Voir (1) - La chaux hier et aujourd'hui.

La mode de la chaux est un fait. Elle permet de redécouvrir des techniques inimitables que les fabricants de peintures "organiques" (dérivées du pétrole) cherchent pourtant à imiter.

Appliquées sur des supports aptes à les recevoir, les techniques à la chaux dépassent techniquement les peintures les plus récentes à la pointe de ... nos connaissances.

La culture technique "moderne" ne pouvait concevoir qu'un produit aux caractéristiques "faibles" soit plus durable qu'un produit "fort". En ce sens, admettre puis chercher à comprendre les caractéristiques des mortiers de chaux suppose le passage à une approche plus humble que l'on peut qualifier de post-moderne en référence à un article de Michel SERRES.

Il note que les sciences ont une première phase de conquête ou la maîtrise du réel semble à portée de main. Quand les connaissances se sont suffisamment étendues, la science plus sûre d'elle même peut commencer à douter, à admettre que le réel la dépasse. Elle se penche alors sur des aspects du réels jusque là délaissés, moins mesurables, plus qualitatifs. La force des matériaux faibles renvoie bien à ces paradoxes apparents que nous commençons à admettre. Cette première étape est franchie et elle ouvre de nouvelles approches.

Concrètement, les formulations ont déjà évolué au contact des techniques à la chaux. On admet que la forte résistance à l'écrasement d'un enduit se retourne contre lui. Elle le rend rigide, cassant. L'avantage d'un enduit souple ou d'une peinture à la chaux non filmogène devient évident.

L'étanchéité tant recherchée il y a à peine 10 ans a laissé la place à la microporosité mise en avant. On en oublie parfois qu'appliquer un produit microporeux sur une couche de fixateur qui bloque le support, comme on le fait encore trop souvent, est contradictoire.

Les produits industriels évoluent lentement. Ils s'adaptent techniquement mais pécheront encore longtemps par l'uniformisation des aspects qu'ils apportent.

Plus grave est l'effet de déqualification que les produits prêts à l'emploi induisent. Les fabricants cherchent des produits "tout terrain" capables de compenser le manque de jugement de l'applicateur. A leur décharge on ne peut que constater l'absence de formation des professionnels aux techniques adaptées au bâti ancien.

Les artisans et les architectes à la sortie de leurs études ne connaissent au mieux des techniques à la chaux que les résumés qu'en font, parfois assez bien, les magazines.

Les aléas de la formation, les limites des produits prêts à l'emploi, l'effet de mode que reflètent les articles des magazines ne doivent pas nous faire oublier les praticiens de la chaux. Ils recueillent des savoir-faire et les font évoluer. Les recettes bien gardées témoignent encore de conquêtes lentes, difficiles et souvent incertaines. Les acquis ne se confrontent pas et les erreurs sont répétées ou transmises avec autant de soin que la maîtrise réelle.

Le commerce induit chacun à garder pour lui son savoir-faire. Industriels et praticiens de la chaux avancent côte à côte. L'un copie un peu par dessus l'épaule de l'autre. Pendant ce temps les chantiers se multiplient, plus souvent destructeurs que réparateurs.

Avec cette fiche conseil nous souhaitons vous apporter quelques informations sur ces produits de base que sont les chaux naturelles, aériennes ou hydrauliques.

Nous espérons que cette approche de la chaux vous a familiarisé avec ce matériau que vous retrouverez sans cesse plus concrètement dans les fiches conseils sur les techniques "anciennes".

QUELQUES FABRICANTS DE CHAUX :

Dep Siège	FABRICANTS	CHAUX AÉRIENNES				HYDRAULIQUES		
		VIVE	PÂTE	CL 90	DL 90	NHL 2	3,5	5
24	SAINT ASTIER							
31	AIMOS							
48	BALTHAZARD ET COTTE							
63	SOCLI							
75	LAFARGE							
78	CALCIA							
22	CHAUX BATIDOL							

(1) - LA CHAUX, HIER ET AUJOURD'HUI.

La maîtrise de la chaux s'appuie sur des millénaires de pratique dont témoignent quelques repères historiques.

Les Egyptiens fabriquaient couramment du plâtre et réalisaient 2600 ans avant JC des peintures murales sur des mortiers de plâtre et chaux.

Dans l'île de Santorin on retrouvera de la chaux mêlée à la poudre volcanique pour composer un mortier hydraulique à prise pouzzolanique, 200 ans avant JC.

Les Romains étaient passés maîtres dans la composition de ces mortiers à prise pouzzolanique et si la pouzzolane manquait, ils broyaient des briques d'argile cuite. 2000 ans plus tard les enduits et cuvelages de leurs bains défient nos connaissances techniques.

Pour mesurer à quel point nous maîtrisons peu les techniques à la chaux, il suffit de penser aux bains Romains. Dans ces lieux en permanence à 100% d'humidité la chaux était partout : dans les bassins, sur les murs et en décors peints. Aujourd'hui l'humidité nous incite à recourir à tous les produits, sauf la chaux.

Au moyen âge une grande partie de ce savoir-faire se perd, en particulier la maîtrise de la prise pouzzolanique. Les techniques les plus pointues réapparaissent avec la Renaissance Italienne, pour disparaître à nouveau à la fin du XIXème.

Tout au long du XIXe la maîtrise d'une autre prise hydraulique se précise. Le ciment, nouveau matériau, semble tout surpasser en résistance et en étanchéité. Le bâti ancien n'est pas perçu comme un patrimoine mais comme un parc immobilier dégradé. La reconstruction après guerre n'a que faire de la chaux et des vieilles pierres. De toute façon les chaux-fourniers sont ruinés. Ne parvenant pas à fabriquer du ciment ils ont, au mieux, vendu leur carrière aux cimentiers. Leur savoir-faire et celui des maçons n'intéresse plus personne.

Peu à peu, peut-être depuis la loi Malraux sur les secteurs sauvegardés de 1962, le bâti "ancien" retrouve une place dans notre rapport au patrimoine.

On veut le restaurer mais le ciment, étanche et rigide, s'avère incompatible avec les matériaux faibles : pierres, joints ou murs en terre et bois qui font la masse des vieilles maisons. La chaux reprend sa place mais le savoir-faire manque cruellement. Le terrain perdu se regagne difficilement après près d'un siècle de table rase. Le savoir ne saute pas tout seul par dessus les générations de maçons.

Aujourd'hui.

Après l'oubli, la chaux subit aujourd'hui l'assaut de la mode. Les peintures "effet chaux" sans chaux surfent sur la vague.

Ces effets secondaires auraient peu d'importance si sur le terrain la maîtrise des techniques à la chaux ne faisait défaut. Le savoir-faire dispersé cache ses incertitudes derrière un culte du secret aux effets désastreux.

Les connaissances ne sont pas confrontées. Les moyens scientifiques au service de fabricants ou de laboratoires s'appliquent à faire avancer lentement des approches partiales (la chaux aérienne contre la chaux hydraulique / les produits prêts à l'emploi contre la maîtrise des formulations sur chantier).

A ces partis pris s'ajoutent des difficultés de communication entre les cultures différentes des maîtres artisans et des ingénieurs soumis aux approches commerciales.

Aujourd'hui le savoir-faire croise la connaissance scientifique dans le cadre étroit de recherches partielles et privées. Aurons nous un jour la volonté de synthétiser et de diffuser ces savoirs pour les appliquer massivement à l'entretien de notre patrimoine ?

En attendant, chaque jour, les chantiers dans l'ancien se traduisent 9 fois sur 10 par une altération du bâti, lourde ou légère mais souvent irréversible qui efface lentement le caractère du bâti ancien.

(2) - LES NOMS DE LA CHAUX

AMORTIR UNE CHAUX = Eteindre = Hydrater.

CHAUX AÉRIENNE : Fabriquée à partir d'un calcaire pur, elle n'a pas de prise hydraulique et se conserve sans limite de temps sous l'eau. Pour faire prise elle a besoin du gaz carbonique de l'air, d'où son nom de chaux "aérienne".

CHAUX GRASSE : Terme souvent employé dans son sens imagé pour désigner une chaux aérienne de bonne qualité donnant un mortier gras, onctueux, collant. Techniquement la chaux grasse s'oppose à la chaux maigre, de faible rendement.

CHAUX HYDRAULIQUE : Chaux fabriquée à partir d'un calcaire argileux et faisant prise en présence d'eau. Les chaux hydrauliques naturelles comportent une part de chaux aérienne (de chaux libre) qui fait prise à l'air.

CHAUX LIBRE : C'est le CaO de la chaux vive ou éteinte. Une chaux vive se compose de 100% de CaO.

Dans la chaux éteinte $\text{Ca}(\text{OH})_2$ le CaO représente $\frac{3}{4}$ du poids. Une chaux aérienne éteinte contient donc au maximum 75% de chaux libre et l'hydrogène combinée représente 25% du poids. Une chaux hydraulique contenant 30% de chaux libre se compose en fait de 40% de chaux aérienne.

Le % de chaux libre contenu dans une chaux hydraulique permet de calculer la part de prise aérienne de cette chaux.

On parle généralement de la chaux libre quand la pluie délave un enduit en cours de carbonatation et dépose la chaux libre en traces blanchâtres à la surface.

CHAUX MAIGRE : Chaux de faible rendement. Voir "Rendement de la chaux vive" dans Plus d'infos (3).

CHAUX NATURELLES : Les chaux naturelles proviennent de la cuisson directe de la pierre de carrière, sans ajout.

CHAUX ARTIFICIELLE : Ciment connu également sous l'abréviation de "XHA" pour "chauX Hydraulique Artificielle". Ce nom n'est plus utilisé. Il désignait un ciment amaigri de faible résistance qui n'était pas une chaux (ne contenait pas de chaux éteinte). Ces produits sont aujourd'hui plus justement nommés "Ciments à maçonner". Ils ne sont pas adaptés aux travaux sur le bâti ancien.

CHAUX VENTILÉE : La chaux vive éteinte sans excès d'eau se transforme en chaux en poudre. Une soufflerie emporte les particules légères d'où le nom de chaux "ventilée". Cette sélection par cyclonage permet de séparer la chaux aérienne la plus légère, adaptée aux travaux fins.

CHAUX VIVE : A la sortie du four, la pierre cuite s'est transformée en chaux vive. C'est un matériau avide d'eau, une base forte agressive pour la peau, les yeux et toutes les matières organiques qu'elle brûle. En présence d'eau la chaux vive fuse et se transforme en chaux éteinte en dégageant une forte chaleur.

EAU DE CHAUX : C'est l'eau claire située au dessus d'une chaux en pâte décantée. Cette eau est une base forte d'un pH voisin de 12.4
A saturation elle est chargée de 1.3 g d'hydroxyde de calcium Ca(OH)_2 par litre.
On l'utilise parfois pour fixer une patine sur une pierre ou un enduit.

EXTINCTION : Transformation de la chaux vive en chaux éteinte par apport d'eau.

FLEUR DE CHAUX : Nom utilisé pour désigner une chaux aérienne, avant l'apparition des normes sur les chaux naturelles. Cette expression fait aussi allusion à la partie plus légère de la chaux utilisée pour les travaux fins (voir chaux ventilée). Si la chaux est en pâte, la fleur de chaux désigne la couche supérieure de la pâte composée de particules plus fines. Si la chaux est en poudre une soufflerie entraîne les particules fines, d'où le nom de "chaux ventilée" de cette chaux légère.

Plus d'infos ... (3) - LE CYCLE DE LA CHAUX

MATÉRIAUX	ÉTAT CHIMIQUE	NOTES
1 TONNE DE PIERRES CALCAIRES	ETAT 1 Du carbonate de calcium CaCO₃	(1)
+ DU FEU - 450 Kg de gaz carbonique (DÉCARBONATATION)	moins du gaz carbonique CO₂	(2)
= 550 Kg de CHAUX VIVE	= ETAT 2 : De l' Oxyde de calcium CaO	(3)
+ DE L'EAU (EXTINCTION)	+ H₂O Fort dégagement de chaleur.	(4)
= DE LA CHAUX ÉTEINTE	= ETAT 3 De l'hydroxyde de calcium Ca(OH)₂	(5)
En poudre (avec les 180 litres d'eau nécessaires à la réaction chimique)	On sépare la chaux légère par ventilation.	(5)
Ou en pâte, par excès d'eau.	On sépare la chaux fine par décantation.	
+ DE L'EAU + AGRÉGATS = un mortier d'enduit (frais)	+ H ₂ O + Agrégats	(6)
+ du gaz carbonique (RECARBONNATATION)	+ CO ₂ (Gaz carbonique)	
= un enduit carbonaté	= ETAT 4 = ETAT 1 Le carbonate de calcium CaCO₃ FIN DU CYCLE DE LA CHAUX	(7)

Commentaires sur le cycle de la chaux :

(1) - LA PIERRE détermine la chaux.

Si le calcaire est pur LA CHAUX sera AÉRIENNE. Si la pierre contient entre % et % d'argile, LA CHAUX sera HYDRAULIQUE .

Si la pierre est une dolomie, LA CHAUX sera Magnésienne. (effet pratique ?)

(2) - LA CUISSON ou "DÉCARBONATATION" se produit à partir de 800° jusqu'à 1100°. Au delà de cette t° des nodules vitrifiés se forment, la pierre cuite n'est plus réactive à l'eau, on sort de la fabrication des chaux naturelles.

(3) - LA CHAUX VIVE est hydrophile. Elle fuse au contact de l'eau ou de l'humidité de l'air.

(4) - L'EXTINCTION se traduit par une grande diffusion de chaleur. C'est le moment privilégié pour introduire de l'huile de lin (pour fixer un badigeon), ou pour préparer une huile chaulée.

La finesse de la chaux varie selon la t° de cuisson, le type de pierre ou coquillage et le mode d'extinction donnant une chaux en pâte ou en poudre.

(5) - LA CHAUX ÉTEINTE

EN POUDRE : L'extinction agit comme un broyage chimique. Elle donne une mouture dont la surface blaine est de 2 à 4 fois plus importante que celle d'un ciment. Cette surface de contact plus grande induit une réactivité plus forte et une plasticité du mortier.

EN PÂTE : Si la chaux est aérienne elle se conservera sous l'eau sans limite de temps. Une chaux fusée par excès d'eau donne une chaux en pâte plus fine (surface Blaine plus importante) que la même chaux éteinte en poudre.

LE RENDEMENT "R" est le Volume de chaux en pâte pour 1 Kg de chaux vive.

La chaux est dite "PURE" si la chaux vive CaO > 97%

La chaux est GRASSE si $R \geq 2,5$. La chaux vive CaO > 85%

La chaux est MAIGRE si R se situe entre 1,5 et 2,5. La chaux vive CaO < 85%

La chaux est inutilisable si le rendement est < à 1,5.

On fait un test pour voir si la réaction d'extinction est rapide. Si elle débute en moins de 5 mn on devra éteindre en jetant la chaux dans l'eau. On remue et on ajoute de l'eau dès que de la vapeur se dégage.

(6) - LES PRISES

LA PRISE POUZZOLANIQUE provient de la réaction entre la chaux aérienne et certains agrégats (tuileau pilé, certaines pouzzolanes broyées, terres argileuses). Les cendres de cuisson laissées dans la chaux induisaient aussi une prise pouzzolanique.

LA PRISE HYDRAULIQUE :

Argile = 0% -> Chaux grasse = Prise aérienne à 100% = prise hydraulique à 0%.

Argile < 3% -> Chaux maigre.

Argile de 8% à 15% -> Chaux faiblement hydraulique.

Argile de 15% à 19% -> Chaux hydraulique.

Argile de 19% à 22% -> Chaux éminemment hydraulique.

LA PRISE AÉRIENNE :

La vapeur d'eau se combine au gaz carbonique (eau + CO₂) pour former l'acide carbonique qui carbonate la chaux. C'est la prise aérienne de la chaux .

(7) - L'ENDUIT CARBONATÉ :

Il a la même composition chimique que la pierre d'origine. Le CYCLE de la chaux est fini, la chaux est redevenue pierre.

(4) - L'INDICE D'HYDRAULICITÉ

La proportion d'argile dans la pierre avant calcination conditionne les caractéristiques de la chaux hydraulique. Plus d'argile = plus d'hydraulicité = plus de résistance. Cette règle exprimée par Vicat fut la première façon de prévoir l'hydraulicité de la chaux à partir des caractéristiques de la pierre. On évalue aujourd'hui le % de silice combinable, mesure plus précise que le taux de silice totale de Vicat.

Calcul de l'indice d'hydraulicité " i " de Vicat :

$i = \text{Poids d'argile} / \text{Poids de calcaire.}$

$i = (\text{silicium SiO}_2 + \text{Aluminium Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe..}) / \text{CaO} + \text{MgO}$

$i = \text{Poids des constituants acides} / \text{constituants basiques .}$

Cet indice i permet de classer les chaux de la chaux aérienne (argile = 0%) à la chaux la plus hydraulique contenant 20% d'argile.

Chaux grasse : argile = 0%

Chaux maigre : argile < 3%

Chaux faiblement hydraulique : 8% < argile < 15% (prise en 2 à 4 semaines)

Chaux moyennement hydraulique : 15% < argile < 19% (prise en 2 à 15 jours)

Chaux éminemment hydraulique : 19% < argile < 22 (prise en - de 2 jours)

(5) - LA STABILISATION DES TERRES A LA CHAUX VIVE

La réaction chaux vive / terres argileuses se passe en trois temps.

1 - Immédiatement, la chaux vive absorbe l'eau.

2 - Rapidement, un échange d'ions calcium entre la chaux et l'argile entraîne une floculation. L'argile passe de l'état plastique à une structure grumeleuse stable.

3 - Plus lentement, la chaux solubilise la silice et l'alumine contenues dans les argiles et forme des aluminates et silicates de calcium. Ce liant agglomère tous les composants du sol entraînant une dureté renforcée.

Les performances de la réaction chaux vive / terre varient selon le type de sol, la chaux, la température et la pression (damage du sol).

On doit déterminer la teneur optimale en eau (10 à 20%) L'eau doit décomposer les particules solides en boue sans les diluer, pour faciliter le compactage.

On détermine également la teneur optimale en chaux (6 à 7%) (en sol, trop de chaux entraîne une moins grande résistance à l'écrasement)

L'alumine est primordiale dans la réaction (+ d'alumine = + de résistance)

(extrait de "La chaux : Son utilisation dans l'habitat". Publié en 1981 par le GRET Ministère de la coopération)

La norme NFP 98-101 s'applique aux chaux calciques utilisées pour stabiliser les sols. La norme NFP 98-102 concerne les essais de réactivité pour la chaux vive calcique.

(6) - L'EXTINCTION DES CHAUX VIVES

RENDEMENT D'UNE CHAUX VIVE :

La chaux vive "foisonne" quand on l'éteint. Son volume double pour une chaux maigre et dépasse 2,5 pour une chaux grasse. En dessous de 1,5 la chaux est inutilisable.

La réaction chimique qui permet de passer de la chaux vive à la chaux éteinte nécessite une quantité d'eau égale à 1/3 du poids de chaux vive. En usine on parvient à hydrater la chaux sans excès pour disposer d'une chaux en poudre.

Sur chantier il est plus facile d'immerger la chaux dans l'eau. De cette extinction par excès d'eau résulte la chaux en pâte.

Les chaux en pâte commercialisées doivent avoir entre 45% et 70% d'eau libre (donc entre 30 et 55% d'extrait sec ?).

TEST D'EXTINCTION D'UNE CHAUX VIVE :

Avant d'éteindre une chaux vive on peut réaliser un test en jetant une poignée de chaux dans un demi seau d'eau. Si la chaux fuse en moins de 5 mn on éteint en jetant la chaux dans l'eau. Si elle fuse plus lentement on verse l'eau sur la chaux. On ajoute de l'eau en brassant, dès que de la vapeur apparaît.

EXTINCTION :

On peut éteindre à raison de 3 à 4 litres d'eau pour 1 Kg de chaux vive.

A l'extinction, la chaux vive augmente de volume par formation d'aiguilles d'hydrate de chaux. La réaction est d'autant plus lente que la chaux a été portée à haute température.

Les chaux dolomitiques sont plus difficiles à éteindre. On risque de les noyer ou de les brûler.

(7) - LA RÉSISTANCE DES CHAUX HYDRAULIQUES :

Vous avez peut-être déjà entendu parler de chaux grasse, maigre, faiblement hydraulique ... Pratiquement, ces appellations donnent une indication de la vitesse de prise de la chaux hydraulique et de la résistance que l'on peut attendre des mortiers.

La norme actuelle ne retient plus cette classification. Les chaux hydrauliques naturelles "NHL" sont aujourd'hui classées par leur résistance minimum après 1 mois de prise. En fin de prise cette résistance sera multipliée par 2 à 3. Il est donc inutile et parfois dangereux d'utiliser une chaux déjà forte à 1 mois.

NHL 2 désigne une chaux dont la résistance à 1 mois est de 20 à 50 Kg/cm²

NHL 3,5 désigne une chaux dont la résistance à 1 mois est de 35 à 100 Kg/cm²

NHL 5 désigne une chaux dont la résistance à 1 mois est de 50 à 150 Kg/cm²

Classification actuelle des chaux naturelles NHL					
0	20	35	50 bars/cm ²	100	150
	NHL 2				
		NHL 3,5			
			NHL 5		

Ces trois classes se recoupent largement. Une chaux de 50 bars de résistance peut théoriquement se classer en NHL 2 / 3,5 ou 5 au choix.

L'imprécision technique de la norme laisse le champ libre aux raisons commerciales. On affichera une chaux en classe faible si l'on vise une clientèle sensibilisée au patrimoine ou à sensibilité écologiste. La même chaux sera classée "forte" si elle s'adresse aux maçons, majoritairement habitués aux performances des ciments.

Cet exemple illustre un fait courant. Les techniques adaptées au bâti ancien ne reposent pas sur des séries de tests, contrairement aux produits neufs, mais sur un savoir-faire. Les connaissances techniques partielles et souvent partiales prêtent largement à interprétation et laissent la place à des rapports de force au sein des commissions de normalisation.

NORME DES CHAUX

Plus d'infos (8) - TABLEAU RÉCAPITULATIF

CALCAIRE PUR

CUISSON à 1000 °
CHAUX VIVE
= EXTINCTION à l'eau

MVA Poudre = 0,3 à 0,6

Surface blaine : 1,5 m²
/gramme

CHAUX AÉRIENNE

CL ou DL

Résistance : <2 MPa
Tests à 1 mois non adaptés.

Chaux libre
50 à 75%

CALCAIRE ARGILEUX

CUISSON à 1000°
CHAUX VIVE
= EXTINCTION à l'eau
et BROYAGE

MVA Poudre = 0,4 à 1

Surface blaine : 0,8 à
1,1 m² / gramme

CHAUX HYDRAULIQUE NATURELLE

NHL

Résistances : 2 - 3,5 - 5MPa

Chaux libre
15 à 50%

CIMENTS

(pour comparaison)

CALCAIRE ARGILEUX

CUISSON > 1 400°
VITRIFICATION
= sans réaction à l'eau.
BROYAGE
La mouture + ou - fine
détermine la résistance
du ciment.

MVA Poudre = 1

Surface blaine : 0,4m² /g

CIMENTS

CPA. CPJ ...

Résistances > 15 MPa
Ciment blanc 50 MPa

Chaux libre
0%

BÂTARDS

CL BÂTARDÉE AVEC

Pouzzolane naturelle
Pouzzolane artificielle

ou du Ciment

BÂTARDS
CHAUX AÉRIENNE
+ LIANTS HYDRAULIQUES

HL

Résistances : 2 - 3,5 - 5

Chaux libre
mini 12 %

NHL BÂTARDÉE AVEC 20% maxi de ...

Pouzzolane naturelle
Pouzzolane artificielle

ou du Ciment

BÂTARDS
CHAUX HYDRAULIQUE
NATURELLE + CIMENT

NHL Z

Résistances : 2 - 3,5 - 5

Chaux libre
mini 15%

COUPÉ AVEC 50% maxi de

Charges inertes

CIMENTS
A MAÇONNER

norme 413-1

Résistances : 2 - 3,5 - 5

Chaux libre
0%

UNITÉS : MVA = Masse volumique apparente (0,5 = 0,5 Kg / litre de poudre.)
SURFACE BLAINE en m²/gramme. RC = RÉSISTANCE à la Compression en MPa (2 MPa = 20 Kg/cm²).
+ de CHAUX LIBRE = + de prise aérienne = enduit plus souple et plus poreux.

(9) - CHAUX OU CIMENT, quelles différences ?

De la cuisson à la mise en sac :

LA PIERRE	AVANT LA CUISSON	LA CUISSON	APRÈS LA CUISSON	SACS	Poids POUDRE	Nor me
Un calcaire pur	concassage grossier	1000°	CHAUX AÉRIENNE Elle Fuse (réaction à l'eau)	25 Kg en poudre.	0,5 Kg /litre	CL DL
Un calcaire argileux	concassage grossier	1000°	CHAUX HYDRAULIQUE Fusion et broyage.	40 Kg en poudre	0,7 Kg /litre	N H L
Un calcaire argileux	concassage et ajouts	1450° (clinkérisation)	CIMENT : Aucune fusion à l'eau. On doit broyer les nodules vitrifiés pour avoir une réaction de prise hydraulique.	50 Kg en poudre	1 Kg /litre	Ci- men ts

Différences chimiques des liants

	Chaux libre	Bélite "C2S"	Alite "C3S"
Chaux aériennes	100 %	0%	0%
Chaux hydrauliques	OUI # 30%	OUI	
Ciments	0%	OUI	OUI
	(1)	(2)	(3)

(1) - La chaux libre caractérise les chaux naturelles. Elle est absente des ciments.

(2) - "C2S" désigne en abrégé le silicate bicalcique $2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$. C'est un composant commun à la chaux hydraulique et au ciment.

(3) - "C3S" désigne en abrégé le silicate tricalcique $3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$. Le C3S caractérise le ciment. Il apparaît si on fond la pierre. Elle se transforme en nodules vitifiés.