

IUP Valorisation du patrimoine

Enduits extérieurs à la chaux

13 Septembre 2009

R.Roubaud

LES ENDUITS EXTÉRIEURS A LA CHAUX

Sommaire

1. Qu'est-ce que l'enduit ?	4
2. Un Peu d'histoire	4
2.1. 30 000 ans : peinture rupestre.....	4
2.2. Ve millénaire av. J.C.....	4
2.3. IIIe millénaire av. J.C. : L'égypte.....	4
2.4. 1900-1600 av. J.C. : la Crête.....	4
2.5. 700 av. J.C. À 300 ap JC : l'époque romaine.....	4
2.6. Moyen âge.....	5
2.7. XVIIIe Siècle : l'époque moderne.....	5
2.8. XIX, XXe siècle.....	5
3. Le liant Chaux	5
3.1. Le cycle de la chaux.....	5
3.1.1. <i>La Pierre</i>	5
3.1.2. <i>Calcination</i>	5
3.1.3. <i>Extinction</i>	6
3.1.4. <i>Carbonatation</i>	6
3.2. Fabrication de la chaux.....	6
3.2.1. <i>Les fours à chaux ancien</i>	6
3.2.2. <i>La fabrication industrielle</i>	7
3.3. Chaux hydraulique et chaux aérienne.....	7
3.3.1. <i>L'indice d'hydraulicité</i>	8
3.3.2. <i>La prise d'une chaux</i>	8
3.3.3. <i>La prise pouzzolanique</i>	8
3.4. Normalisation des chaux.....	8
3.4.1. <i>Les chaux aériennes calciques "CL" ou dolomitiques "DL"</i>	9
3.4.2. <i>Les chaux hydrauliques "NHL"</i>	9
3.4.3. <i>des chaux artificielles</i> :.....	9
3.4.4. <i>La chaux dans le bâti ancien</i> :.....	9
4. D'autres Liants :.....	10
4.1. L'argile, la terre.....	10
4.2. Le plâtre.....	10
4.3. Le ciment prompt naturel :.....	10
4.4. Les ciments :.....	11
4.5. Les bâtards :.....	11
4.5.1. <i>Plâtre-chaux</i> :.....	11
4.5.2. <i>Chaux-prompt</i> :.....	11
4.5.3. <i>Chaux-ciment</i> :.....	11
5. les agrégats	11
5.1. Caractéristiques des sables.....	11
5.1.1. <i>La granularité et la granulométrie</i> :.....	11
5.1.2. <i>La forme</i> :.....	12
5.1.3. <i>Les fines</i> :.....	12
5.2. Le sable local :.....	12
5.2.1. <i>le tuf</i> :.....	12
5.2.2. <i>Dosage d'un sable local</i> :.....	12
5.2.3. <i>Évaluation du taux d'argile</i> :.....	12
5.2.4. <i>Mesure des vides</i>	13
6. les enduits	13
6.1. Rôles d'un enduit :.....	13
6.1.1. <i>La protection</i> :.....	13
6.1.2. <i>La décoration</i> :.....	13
6.2. Fabrication des mortiers :.....	14
6.3. Support de maçonnerie :.....	14
6.4. Mise en oeuvre des enduits :.....	14

6.5. Jointoiement :.....	15
6.6. Les enduits à fleur de bosse :.....	15
6.7. Enduit en plein :.....	15
6.7.1. <i>Le gobetis</i> :.....	16
6.7.2. <i>Corps d'enduit</i> :.....	16
6.7.3. <i>Finition</i> :.....	16
7. La chaux dans la peinture :.....	17
7.1. Qualité de la peinture à la chaux.....	17
7.1.1. <i>Textures et tonalités</i>	17
7.1.2. <i>Respirante</i>	17
7.1.3. <i>Propriétés sanitaires</i>	17
7.1.4. <i>Qualité écologique</i>	18
7.2. Le liant : chaux aérienne ou chaux hydraulique naturelle ?.....	18
8. Les pigments :.....	18
8.1. Qu'est-ce qu'un pigment ?.....	18
8.2. Caractéristiques des pigments compatibles avec la chaux.....	18
8.3. Les terres et ocres.....	18
8.4. Les pigments artificiels :.....	19
8.5. Remarques sur les pigments.....	19
9. Les badigeons et laits de chaux.....	19
9.1. Dosage des « laits de chaux » : eau/chaux.....	19
9.2. Saturation des pigments.....	20
9.3. Utilisation des différents types de laits de chaux.....	20
9.4. Mise en oeuvre des laits de chaux « a secco ».....	20
9.4.1. <i>Les supports</i>	20
9.4.2. <i>Préparation des supports</i>	21
9.4.3. <i>Conditions d'exécution</i>	21
9.4.4. <i>Préparation de la peinture</i> :.....	21
9.4.5. <i>Mise en oeuvre</i>	22
10. Bibliographie Succincte:.....	23

1. QU'EST-CE QUE L'ENDUIT ?

Enduire (latin inducere), c'est recouvrir une surface pour la protéger et la décorer. L'enduit est réalisé à partir d'un mortier.

Mortier = liant + agrégat + eau + adjuvants

Liant = de lier. Matière permettant d'agglomérer les parties composantes. À l'état frais le liant est souple. Il durcit avec le temps. Il donne la viscosité, il protège. Le liant doit être adapté au support, à la technique d'enduit et à l'aspect recherché.

agrégat = Ces matériaux inertes forment la charge des mortier ; c'est l'ossature ou le squelette de l'enduit. En général, ce sont les sables.

adjuvants = substance conférant des propriétés supplémentaires au liant ou augmentant ses qualités.

2. UN PEU D'HISTOIRE...

2.1. 30 000 ans : peinture rupestre

Les premières peintures rupestres connues (Arnhem, Lascaux, Chauvet, Altamira, etc.) étaient souvent réalisées sans liant. La plupart n'aurait pas résisté à une exposition même brève à l'air libre.. On constate une fonction décorative de ces revêtements intérieurs. On peut supposer que les hommes de la préhistoire ont découvert la chaux à partir du moment où ils ont maîtrisés le feu : des pierres calcaire entourant un foyer, et le feu brûlant nuit et jour, celles-ci ont fini par se décarbonater. Sous l'action de la pluie, ces pierres se sont re-hydratées se transformant ainsi en chaux .

2.2. Ve millénaire av. J.C.

En Mésopotamie, les premiers témoignages d'ouvrages réalisés avec de la chaux ont été découverts lors des fouilles de la ville d'Uruk (l'actuelle Warka), cité de Gilgamesh. Elles ont permis de dévoiler des édifices à caractère religieux - comme le "Temple Blanc" - construits en brique crue et recouverts d'un lait de chaux accompagnant un revêtement de mosaïques. On constate la fonction de protection du lait de chaux sur la terre sensible à la pluie.

2.3. IIIe millénaire av. J.C. : L'égypte

L'Egypte ancienne utilisait des mortiers maigres de plâtre pour combler les vides des maçonneries cyclopéennes (tombes et pyramides à degrés, régions de Saqqarah et Abydos). La chaux, sous la forme d'un "blanc de chaux", était utilisée de son côté comme pigment.

2.4. 1900-1600 av. J.C. : la Crête

En Crète, la civilisation minoenne, influencée par l'art oriental, a laissé des fresques et des stucs à base de chaux (Palais de Cnossos).

2.5. 700 av. J.C. à 300 ap JC : l'époque romaine

Les romains améliorent la fabrication des chaux au niveau de la cuisson. Vitruve, un siècle avant JC, ne parle que de chaux grasse mais souligne la nécessité d'apports pouzzolaniques pour des

constructions en milieux humides. La notion de carbonatation est connue et de nombreux essais d'adjuvantation apparaissent : vinaigre, lait, oeuf, sang...

2.6. Moyen âge

La composition des mortiers évoluent peu ; on développe ou retrouve les recettes utilisées par les Romains. Dans l'espace méditerranéen, les chaux sont employées en stuc et en peinture pour des ouvrages de revêtement.

2.7. XVIIIe Siècle : l'époque moderne

La cuisson de la chaux s'améliore par l'évolution des four à chaux. La recherche de l'hydraulicité est au centre des préoccupations des expérimentateurs.

2.8. XIX, XXe siècle

En 1818, Louis Vicat fut le premier à déterminer de manière précise les proportions de calcaire et de silice nécessaires à l'obtention du mélange, qui après cuisson à une température donnée et broyage, donne naissance à un liant hydraulique industrialisable : le ciment artificiel. En affinant la composition du ciment mis au point par Louis Vicat, l'Écossais Joseph Apsdin réussit à breveter en 1824 un ciment à prise plus lente. Il lui donna le nom de Portland, du fait de sa similitude d'aspect et de dureté avec la roche que l'on trouve dans la région de Portland dans le sud de l'Angleterre.

Les reconstructions postérieures à la seconde guerre mondiale produisent des logements neufs n'utilisant plus la chaux : elle est en passe d'abandon.

Aujourd'hui la chaux est redécouverte, à la faveur de ses qualités, de la prise en compte du patrimoine et de la mode.

3. LE LIANT CHAUX

Le terme vient du latin *calx, calcis* signifiant pierre et qui a donné le mot calcination. La chaux est hydroxyde de calcium, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, obtenu à partir de la calcination d'un calcaire, CaCO_3 , plus ou moins pur.

Pour bien comprendre la nature et les spécificités de ce liant, il est important de suivre son cycle de fabrication.

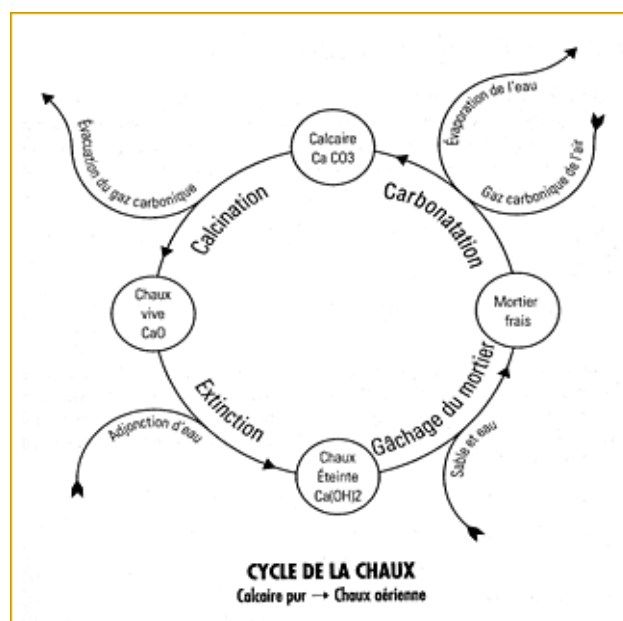
3.1. Le cycle de la chaux

3.1.1. La Pierre

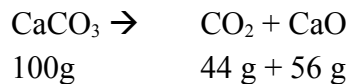
Il commence par de la pierre calcaire, dite également pierre à chaux. C'est une roche sédimentaire contenant de la calcite, CaCO_3 , qui représente environ 20 % de la croûte terrestre.

3.1.2. Calcination

Le calcaire est alors cuit à une température entre 800°C et 1100 °C. La pierre se transforme en chaux vive ou oxyde de Calcium, CaO , par évaporation du gaz carbonique CO_2 . On parle de

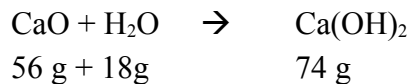


calcination et de décarbonatation. Elle peut-être vendue plus ou moins finement broyée. Sous l'action de la chaleur, la pierre perd 44 % de son poids, mais seulement 10 à 15 % de son volume.



3.1.3. Extinction

La chaux vive peut alors être éteinte par le processus d'extinction. On hydrate la chaux vive. L'eau gonfle les morceaux de chaux et les transforme en une pâte blanche ou une poudre blanche sèche, selon la quantité d'eau utilisée. Le processus chimique consiste donc à ajouter de l'eau H₂O à l'oxyde de chaux CaO pour obtenir de l'hydroxyde de chaux Ca(OH)₂.



Pour obtenir une chaux en poudre à partir de chaux vive, il suffit en théorie du tiers de son poids en eau ; compte tenu de l'évaporation et de l'eau libre, on ajoute dans la réalité 50 % du poids de chaux vive. Pour obtenir une chaux en pâte, on ajoute 3 à 4 fois son poids en eau. Les chaux plus maigres nécessitent moins d'eau pour leur extinction (seulement 1 à 2 fois).

3.1.4. Carbonatation

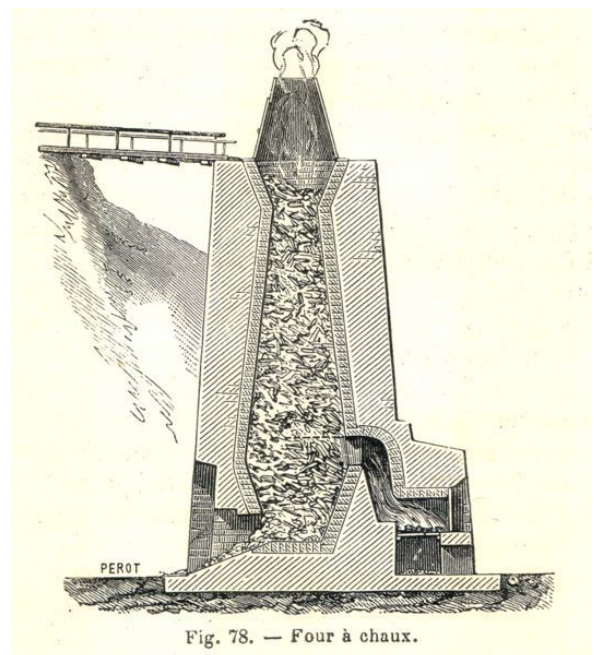
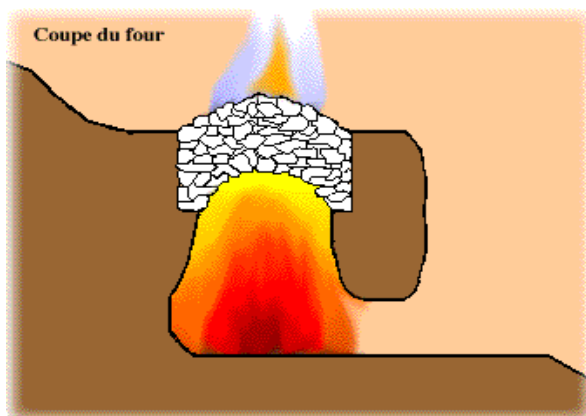
La dernière étape du cycle consiste à mettre en oeuvre cette chaux sous forme de peinture (mélangée avec de l'eau), sous forme de stuc (mélangée avec une charge et de l'eau), ou sous forme de mortier (avec un agrégat et de l'eau). La chaux se durcit alors peu à peu au contact de l'air en absorbant le gaz carbonique CO₂ : c'est la carbonatation. Ce processus de recarbonatation se produit en milieu humide : la vapeur d'eau H₂O qui a une affinité avec le gaz carbonique CO₂ forme l'acide carbonique ; la chaux ou hydroxyde de calcium Ca(OH)₂ fixe alors le gaz carbonique CO₂ contenu dans cet acide et se transforme en calcaire CaCO₃.



3.2. Fabrication de la chaux

3.2.1. Les fours à chaux anciens

De nombreux vieux fours existent encore, aujourd'hui abandonnés. Ils sont à proximité des lieux d'approvisionnement en pierre et en combustibles. C'est d'abord le bois qui est utilisé, puis le charbon au XIXe.



C'est de l'art du chauffournier que dépend la qualité de la chaux, en particulier d'une combustion homogène pour éviter les incuits.

3.2.2. La fabrication industrielle

Aujourd'hui les fours les plus utilisés sont des fours verticaux.

Le temps de décarbonatation pour la pierre appelé temps de résidence est approximativement de 4 à 6 heures pour des fours produisant 600 tonnes par jour.

Il existe également des fours à cycles alternés qui produisent davantage de chaux tout en consommant moins d'énergie et des fours rotatif, consommateur d'énergie mais permettant une production de 1000 tonnes / jour.

La chaux vive est commercialisée en morceau ou en poudre après être passée au broyage.

La chaux éteinte se vend en sac de 25 à 35 kg suivant le type de chaux.

Certains industriels vendent également de la chaux en pâte et de la chaux vive.

3.3. Chaux hydraulique et chaux aérienne

Depuis des siècles, la chaux est fabriquée à proximité de son lieu d'utilisation, dans le but principal de limiter les transports. Elle est issue du calcaire local. Cela représente une multitude de gisements et donc de variétés : "on a la chaux que l'on peut" pourrait-on dire. En effet, les calcaires purs sont rares.

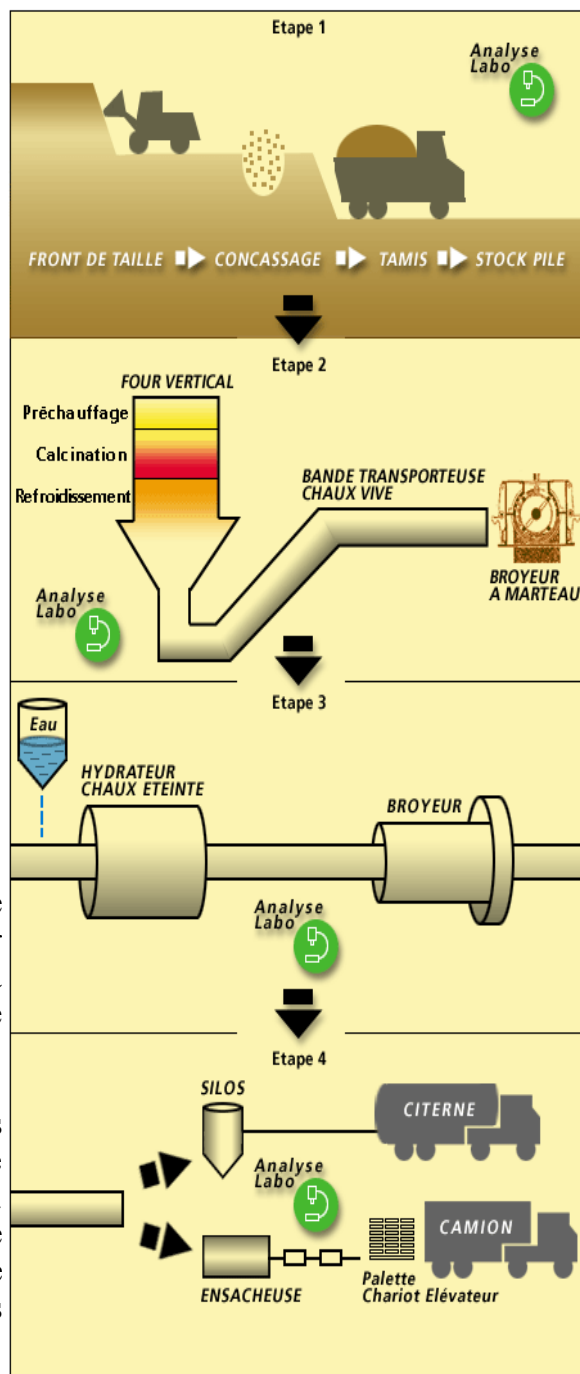
Ils sont le plus souvent mélangés à des marnes et des argiles riches en éléments chimiques comme le fer(Fe_2O_3), l'aluminium(Al_2O_3) et surtout la silice(SiO_2). Entre 800 et 1 500 ° C, le calcium du calcaire se combine avec ces éléments et forme des silicates de calcium(bélites $C_2S = 2CaO, SiO_2$), mais aussi des aluminates et des ferro-aluminates de calcium.

Par contact avec l'eau, ces corps vont former des hydrates insolubles qui confèrent au liant un caractère hydraulique ; c'est-à-dire que la prise démarre dès contact avec l'eau. Le phénomène de prise hydraulique est donc essentiellement dû à la réaction entre le CaO et les silicates.

Par la suite, au contact de l'air humide, la chaux et les hydrates ainsi formés vont se carbonater (avec le gaz carbonique de l'air) pour redonner le carbonate de calcium et la silice d'origine. Cette réaction prend plusieurs mois : c'est la partie aérienne de la prise.

Cette chaux « impure », obtenue avec du calcaire plus ou moins argileux ou siliceux (jusqu'à 20 % d'argile) est appelée **chaux hydraulique naturelle**, normalisée **NHL** (Natural Hydraulic Lime).

La chaux obtenue avec un calcaire presque pur est une **chaux aérienne**, normalisée **CL** (Calcic Lime). Elle ne fait pas sa prise à l'eau.



extrait du site Socli

3.3.1. L'indice d'hydraulicité

En 1820, VICAT cherche à classer les types de chaux selon leur type de prise et leur teneur en argile. Il définit l'indice d'hydraulicité. C'est le rapport entre le poids des différents composants associés à l'argile (composant acide) et poids de calcaire.

3.3.2. La prise d'une chaux

- 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.

3.3.3. 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. Quelques agrégats pouzzolaniques : tuileau pilé, certaines pouzzolanes broyées, basalte, terres argileuses. Les cendres de cuisson laissées dans la chaux induisaient aussi une prise pouzzolanique.

Le caractère hydraulique des chaux se traduit également par leur prise ou leur durcissement plus ou moins rapide sous l'eau.

3.4. Normalisation des chaux

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 bâtarde. Seules les chaux en pâte échappent encore à la norme NF P 15-311 ou EN 459-1.

Chaux de construction : normes NFP 15-311, EN 459 de janvier 1996

Chaux naturelles sans ajouts	Critères	Dénomination	Désignation NFP 15-311, EN 459 (1996)	Désignation précédente (1981-1996)
Chaux naturelle sans ajouts	Teneur en CaO et Mg	Chaux calcique ou «Calcic Lime»	CL90 (90% de CaO) CL80 (80% de CaO) CL70 (70% de CaO)	CAEB Chaux aérienne pour le bâtiment
Chaux naturelle sans ajouts		Chaux dolomitique ou «Dolomit Lime»	DL80 (80% de CaO+MgO) DL70 (70% de CaO+MgO)	
Chaux naturelle sans ajouts	Résistance minimum à la compression	Chaux hydrauliques naturelles ou «Natural Hydraulic Lime»	NHL 2 NHL 3,5 NHL 5	XHN ou Chaux Hydraulique Naturelle
Liants additionnés		Chaux Hydrauliques Naturelles avec ajouts de matériaux hydrauliques ou pouzzolaniques (20% maxi)	NHL-Z 2 NHL-Z 3,5 NHL-Z 5	
Liants recomposés Critères		Chaux CL et DL mélangées avec des matériaux hydrauliques ou pouzzolaniques	HL 2 HL 3,5 HL 5	Non désignés

3.4.1. Les chaux aériennes calciques "CL" ou dolomitiques "DL"

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

Sur les sacs on retrouvera l'abrégié "CL" (Calcic 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%".

Les chaux aériennes CL sont vendues en sac de 25 kg. La masse volumique de la chaux aérienne est d'environ 500 kg/m³. Sa légèreté est un gage de finesse.

Les chaux en pâte sont vendues en pot hermétique. Elle se conserve indéfiniment à l'abri de l'air.

La norme ne répertorie pas les chaux en pâte, il n'est donc pas possible d'en connaître la pureté. Cependant les praticiens reconnaissent ses qualités à sa finesse et sa plasticité.

La teneur en eau variable rend difficile le dosage par pesée pour la coloration et l'adjuvantation.

Elle permet un chantier plus propre (pas de poussière de chaux), pratique pour une intervention dans un intérieur déjà habité.

Ses caractéristiques colloïdales et l'absence de carbonatation partielle à l'extinction par immersion en font une chaux aérienne d'excellente qualité, plus fine que la chaux en poudre (surface Blaine plus importante).

3.4.2. Les chaux hydrauliques "NHL"

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

Une NHL 2 est donc moins résistante et moins hydraulique qu'une NHL 3,5 et qu'une NHL 5.

Une chaux moins hydraulique sera plus transparente et plus plastique.

Gamme de résistance en MPa des NHL						
0	2	3,5	5	10	15	
		NHL 2				
			NHL 3,5			
				NHL 5		

La chaux naturelle faiblement hydraulique NHL 2 est vendue en sac de 25 kg. Sa masse volumique est d'environ 500 kg/m³.

Les chaux naturelles hydraulique NHL 3,5 et 5 sont vendues en sac de 35 kg. Leur masse volumique est d'environ 800 kg/m³.

3.4.3. des chaux artificielles :

Les chaux NHL-Z sont des chaux NHL bâtardees avec jusqu'à 20 % de liant pouzzolanique ou hydraulique (ciment).

Les HL sont des chaux aériennes bâtardees au ciment. Elles sont souvent considérées comme artificielles.

3.4.4. La chaux dans le bâti ancien :

Le ciment ou les liants non respirant et trop rigide (chaux artificielle) sont à proscrire sur le bâti

ancien. Ils sont imperméables et empêchent les murs anciens de « respirer », de rester sain et de maintenir une atmosphère agréable dans la maison. Ils provoquent condensation, salpêtre et pourrissement des bois.

Ils sont souvent trop rigide, trop dur et fragilise les éléments de maçonnerie, parfois jusqu'à leur ruine.

Ils sont trop souvent uniforme dans leur aspect et dans leur teinte, nuisant ainsi à l'aspect final de l'enduit.

Sur les supports anciens (sans ciment) on utilisera des chaux hydrauliques naturelles NHL 3,5 pour les premières couches ou la maçonnerie. La chaux NHL 5 pourra éventuellement s'utiliser en zone soumise à l'humidité, fondation ou soubassements enterrés.

La chaux NHL 2 et la chaux aérienne CL 90 s'utiliseront en finition grâce à leur qualité de transparence, de perméance et de souplesse.

On se méfiera de l'utilisation stricte des règlements dans le bâti ancien, En particulier, on peut rappeler ce préambule des DTU, trop souvent oublié :

« En particulier, les DTU ne sont généralement pas en mesure de proposer des dispositions techniques pour la réalisation de travaux sur des bâtiments construits avec des techniques anciennes. L'établissement des clauses techniques pour les marchés de ce type relève d'une réflexion des acteurs responsables de la conception et de l'exécution des ouvrages, basée, lorsque cela s'avère pertinent, sur le contenu des DTU, mais aussi sur l'ensemble des connaissances acquises par la pratique de ces techniques anciennes. ».

4. D'AUTRES LIANTS :

4.1. L'argile, la terre

C'est le liant le plus ancien car il n'est pas transformé. Quand on parle de terre c'est une terre minérale ou terre franche c'est-à-dire exempte de débris organique ; à ne pas confondre donc avec la terre végétale, couche superficielle du sol, sur une dizaine de cm, qui n'est jamais utilisée en construction. Elle intervient dans les techniques de torchis, bauge ou pisé, et d'enduit terre souvent additionnée de végétaux.

4.2. Le plâtre

Du grec gypsos, plâtre, qui pourrait provenir de aiguptos, Égypte (peut-être à cause de l'utilisation courante de plâtre dans ce pays).

Le plâtre est réalisé à partir du gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) broyé et cuit à 150°C . Le plâtre, après mise en oeuvre, redevient du gypse.

4.3. Le ciment prompt naturel :

Depuis plus de 150 ans, l'exploitation d'une veine de pierre spécifique au massif de la Chartreuse a permis la production d'un ciment particulier unique en Europe : le ciment Prompt. Ce liant naturel résulte de la cuisson à température modérée (1200°C) d'un calcaire argileux de composition régulière, suivie d'un broyage très fin. Il est utilisé à des dosages riches en liant. Il est connu pour sa prise rapide (environ 10 min).

4.4. Les ciments :

Le mélange de 80 % de calcaire et de 20 % d'argile broyé est cuit à 1500°C donne le clinker. Ce clinker est broyé et additionné de gypse (3%) et autres ajouts pour donner du ciment.

Il existe cinq classes de ciment, CEM I à CEM V. Les plus couramment utilisés sont les CEM I (33% de la production) et les CEM II (49 %).

4.5. Les bâtards :

Un « bâtard » est un mélange de liant, permettant de cumuler les avantages et compenser des inconvénients.

4.5.1. Plâtre-chaux :

C'est un mélange de 3 volumes plâtre gros, 2 volumes de sable et 1 volume de chaux aérienne. Ce mortier imite bien les travaux réalisés à l'ancien plâtre gros dit « plâtre au panier ». Il est communément appelé le MPC. C'est un mortier très résistant qui allie la lenteur de prise de la chaux et la rapidité de prise du plâtre. Il peut-être utilisé pour des scellements ou pour des réalisation de fausses pierres ou fausses briques (courant à Paris).

4.5.2. Chaux-prompt :

Le ciment prompt se combine bien avec la chaux et permet au mortier de garder des propriétés respirantes après prise. Le prompt accélère la prise et durcit fortement le mortier. Il peut-être utilisé pour des milieux humide (bassin) ou des scellements.

4.5.3. Chaux-ciment :

C'est le mortier bâtard classique, très utilisé dans les années 50-70. Il permet de rendre plus onctueux un mortier de ciment et de ralentir sa prise pour avoir le temps de travailler une façade. Le ciment annihile beaucoup des qualités de la chaux. Il pourra être utilisé pour faire une interface entre un mur en ciment et un enduit de chaux le recouvrant, évitant ainsi un travail fastidieux de piquage.

5. LES AGRÉGATS

Les agrégats sont les charges qui sont collées entre elles par le liant. Elles participent à la résistance du mortier, mais aussi à sa plasticité, sa teinte et son aspect.

Les agrégats courants des mortiers sont des sables ou des terres.

5.1. Caractéristiques des sables

5.1.1. La granularité et la granulométrie :

Un granulat est repéré par les différentes tailles de grains qui le constitue. En particulier la plus petite taille et la plus grande taille.

Un sable fin sera nommé sable 0/2, c'est-à-dire de plus petit diamètre 0 et de plus grand diamètre 2 mm. Les sables courants sont des sables 0/4 ou 0/5.

En patrimoine, les enduits sont souvent composés avec des sables plus gros pouvant aller jusqu'à 8 mm voir 10 mm. Il est important pour l'aspect d'un enduit de se rapprocher de la granulométrie existante des enduits anciens.

Le sable est un élément déterminant de la couleur et de l'aspect de l'enduit.

5.1.2. La forme :

On parle de granulats roulés lorsqu'ils sont extraits de rivières ou de fleuves. Ces matériaux, roulés par l'érosion, ont une forme arrondie. Ils offrent plus de plasticité au mortier.

Les granulats concassés sont obtenus après broyage et concassage. Leur structure est anguleuse.

On choisira un sable plus anguleux pour une accroche et un sable roulé pour une finition à la taloche.

5.1.3. Les fines :

Ce sont les particules de diamètre inférieur à 0,063 mm. Les fines contiennent les argiles.

Les fines améliorent la plasticité des enduits, leur résistance en augmentant la compacité, et apportent la coloration par les oxydes fixés avec l'argile. Trop de fines peuvent entraîner des désordres comme la fissuration de l'enduit.

Le DTU 26.1 recommande une quantité de fines de 10 à 15 % pour les enduits sur murs anciens.

5.2. Le sable local :

Les sables du commerce sont souvent mal adaptés à un enduit ancien, car ils sont systématiquement lavés. La pratique des bétons armés et du liant de ciment exige effectivement des sables lavés afin d'évacuer le plus grand nombre de fines minérales pour les remplacer par un dosage plus élevé de liant de ciment qui adhère aux aciers.

Dans le bâti ancien, on a très souvent utilisé le sable local, correspondant à la géologie du lieu ; il s'appelle parfois sable de terrain, sable à lapin, sablon, tuf ou gore. Ce peut-être également du sable de dune ou du sable de rivière

5.2.1. le tuf :

Les sables d'arène sont nommés tufs en Limousin, dans la Marche et dans tout le Massif Central.

Le tuf, dans tous les pays de roche primaire, a été employé pour toutes les constructions, dans les villes, les bourgs et les villages depuis l'époque gallo-romaine jusqu'à 1955.

Le tuf contient des oxydes colorants et de fines particules dont la taille est comprise entre un centième de millimètre et un millimètre. Ces « fines » sont à la fois d'origine cristalline et argileuse. L'argile est issue d'une décomposition chimique du feldspath qui s'est produite sur des millénaires.

Grâce précisément à leurs oxydes et à leurs fines, ces sables d'arène confèrent aux mortiers leur couleur naturelle, infiniment plus juste pour le bâti et l'environnement que toute la palette des colorants artificiels. Avec les chaux naturelles, ces sables permettent d'obtenir le seul et irremplaçable mortier traditionnel, à coup sûr le plus authentique.

5.2.2. Dosage d'un sable local :

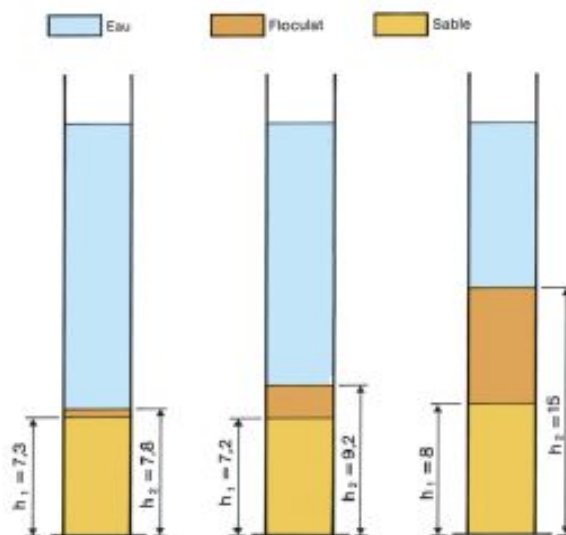
Le dosage en sable dépend bien évidemment du sable utilisé, surtout lorsqu'il s'agit d'un sable local. La teneur en fines, la granulométrie, la nature minérale vont influencer sur le mortier.

C'est l'expérience du maçon de savoir choisir son sable et le corriger pour l'usage souhaité.

5.2.3. Évaluation du taux d'argile :

Le taux d'argile, ou en simplifiant, le pourcentage de fines vont jouer sur la plasticité du mortier et la couleur de l'enduit.

Un sable sans fines, dit sable creux ou sable cru, sera



Sable gros au fond - Fines en haut

plus raide à jeter, moins coloré (ce qui rendra l'enduit plus blanc après séchage), et aura plus de vides.

La teneur en fines peut s'évaluer grossièrement en compactant dans la main un boudin du sable. Si le boudin reste compact alors la teneur est élevée, s'il est cassant et friable, il a peu de fines. Un tuf riche en fines se rapproche d'une argile, un tuf pauvre en fines se rapproche d'un sable.

On peut mesurer plus exactement la teneur en fines par la méthode dite de « l'équivalent sable » ou plus simplement par la méthode de l'éprouvette : on mélange le tuf avec de l'eau dans une bouteille, on secoue et on laisse décanter. Les particules fines redescendent en dernier et se déposent sur le sable en une frontière bien délimitée.

L'argile joue également le rôle de liant ; elle permet de doser moins en chaux. Elle a également un rôle pouzzolanique et monte l'hydraulicité des chaux.

5.2.4. Mesure des vides

La mesure des vides d'un sable sert à déterminer le dosage en liant d'un mortier.

Dans un bon mortier la compacité doit être maximale, c'est-à-dire que le liant et le granulat laisseront le moins de vide possible.

Il faut remplir un volume de sable d'eau jusqu'à saturation et déterminer la proportion d'eau qui a rempli les vides.

6. LES ENDUITS

6.1. Rôles d'un enduit :

L'enduit a pour fonction de décorer et de protéger.

6.1.1. La protection:

Il protège des agressions extérieures des maçonneries parfois fragiles. Il joue un écran protecteur pour limiter les réactions chimiques entre l'air et les constituants des ouvrages. Il doit éviter la pénétration des eaux de pluie pour l'amélioration du confort intérieur et éviter les dégradations dû au gel. Il évite le lessivage des éléments constitutifs du limousinage des murs, tel les calages ou les mortiers à base de terre et les protège des agressions extérieures (animaux, insectes).

Bien souvent la notion de protection de l'enduit est négligée ; au détriment du bon fonctionnement du bâti, on choisit malheureusement de voir toutes les pierres et piquer l'enduit protecteur.

Il faut également respecter la logique d'un mur ancien et laisser respirer la maçonnerie en favorisant l'évacuation de l'humidité interne par un enduit perméable à la vapeur d'eau. C'est pourquoi la chaux est parfaitement adaptée et le ciment est à proscrire ! De nombreux dégâts ont été causés par une utilisation inadaptée de mortier de ciment pouvant aller jusqu'à la destruction d'un bâti. Heureusement cet aspect technique important n'est plus à prouver aujourd'hui et il est acquis pour beaucoup de professionnels du bâti ancien.

6.1.2. La décoration:

La fonction de décoration sera à adapter en fonction du bâti, des façons de faire locale, de l'époque et des matériaux. Dans un premier, c'est l'observation attentive du bâti et de son environnement qui seront les premiers indices. Attention, le premier coup d'oeil est parfois trompeur ! Les murs qui n'ont pas été entretenus présentent souvent un parement de pierres plus ou moins visibles. Avant d'en déduire que le mur était en pierres apparentes, regardez sous la toiture. Le plus souvent les enduits

se dégradent d'abord en pied de mur sous l'effet de l'humidité. Il reste des traces d'enduit seulement sous la toiture. Avec un peu de recul vous observerez également que les joints sont en creux en pied de mur et pleins en haut. La référence est bien sûr à prendre sur les parties les moins dégradées.

Au premier coup d'oeil, on peut également confondre des enduits dégradés avec un rejointoiment à "pierres vues" ou "à joints beurrés", alors qu'il s'agissait à l'origine d'un enduit en plein.

Si l'on observe des pierres taillées d'encadrement en relief par rapport à une maçonnerie de pierres tout-venant, un enduit s'impose.

Dans la réfection d'un enduit ancien, des choix s'offrent à nous. Si l'on cherche la restitution à l'identique, on refait l'enduit tel qu'ils étaient et attend 20 ou 30 ans qu'ils se patinent, au risque de paraître neufs par rapport aux enduits voisins. On peut aussi prendre le parti de vieillir cet enduit neuf ou de le patiner.

6.2. Fabrication des mortiers :

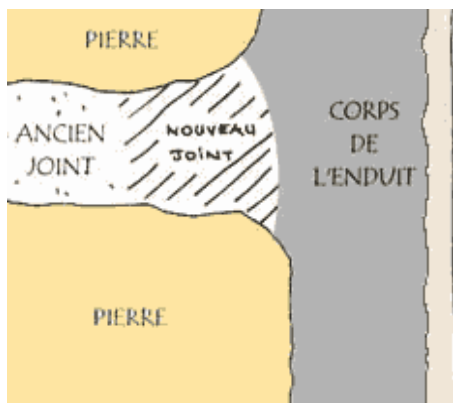
Le mélange peut être fabriqué manuellement ou mécaniquement à la bétonnière ou au malaxeur.

C'est la quantité à préparer qui permettra de choisir la méthode.

Un mortier de chaux aérienne peut être gardé longtemps s'il est conservé à l'abri de l'air (car la prise est seulement aérienne). Il suffira par exemple de le conserver dans une poubelle recouvert d'un film d'eau. Il est conseillé de préparer le mortier de chaux aérienne la veille de son utilisation car il sera plus onctueux et se travaillera plus facilement.

Certains praticiens considèrent qu'il est possible de réutiliser un mortier de chaux hydraulique d'un jour sur l'autre, à condition de l'avoir protégé de l'air. Il faudra alors rebattre la chaux le lendemain en ajoutant un peu d'eau.

6.3. Support de maçonnerie :



Le support doit présenter des caractéristiques suffisantes pour permettre une bonne accroche de l'enduit.

L'accroche est essentiellement mécanique (par les formes) mais en partie physico-chimique.

Une analyse précise du support doit permettre de choisir l'enduit adapté.

Les structures des bâtis anciens sont souples et déformables, elles ne peuvent donc pas recevoir des mortiers en ciment qui sont durs et cassants. La souplesse des mortiers de chaux, leur prise lente et leur perméabilité à la vapeur d'eau en font les seuls mortiers bien adaptés au bâti ancien (hormis le

plâtre gros dans certaines régions, dont l'Ile de France).

Les murs devront être bien nettoyés, les joints seront légèrement dégarnis, lavés et dépoussiérés à très faible pression.

Les supports seront humidifiés à refus la veille, et remouillés avant application. Un mur insuffisamment humidifié absorbera rapidement l'eau contenue dans le mortier entraînant des désordres importants à l'enduit (défaut d'accrochage). Une attention particulière sera apportée sur support brique.

6.4. Mise en oeuvre des enduits :

Les enduits peuvent être réalisés en deux ou trois couches avec un délai de 48 heures minimum entre couche. Les enduits anciens peuvent souvent être monocouche, surtout en milieu rural où l'économie de moyen prédomine. Ce peut même être un simple écrasement du mortier de hourdage de façon à

beurrer le joint et tenir les calages.

L'application d'un mortier de chaux doit respecter des conditions. Les conditions sont spécifiées par le DTU 26-1 sur les enduits à la chaux. La température doit être comprise entre 5 °C et 30 °C et il faut éviter la période hivernal de même qu'un temps trop sec ou trop ensoleillé ; il existe la possibilité de bâcher pendant au moins 24 h. Les saisons les plus propices sont le printemps et l'automne.

6.5. Jointoiment :

« Faut-il laisser les pierres apparentes ou enduire ? »

Une des premières questions à se poser consiste à savoir si l'on va se contenter de refaire les joints ou de faire l'enduit en recouvrant l'ensemble du parement (mis à part les pierres taillées en légère saillie). Nous avons déjà amorcé cette réflexion dans la décoration au paragraphe 6.1.2. Mais il est bon d'y revenir, car une erreur fréquente consiste « à faire voir » les pierres, parfois même au point de pouvoir les compter toutes.

Un inventaire mené sur le territoire par deux élèves de l'IUP a abouti à 52 % d'enduit en plein, 8 % de pierres vues et 11 % de joints beurrés.

Le jointoiment est une technique rencontrée sur bâtiments modestes ou sur des faces protégées et/ou peu visible d'un bâti d'habitation. Le reste du temps, la technique est d'enduire en plein. Et ce n'est que l'usure du temps qui a laissé apparaître les pierres et non le travail de l'homme de l'art.

Pour un jointoiment, on dégarnira légèrement les joints et on rejointoiera en une ou deux couches, en prenant soin de reprendre les calages et d'en remettre s'il le faut. Les joints seront recoupés à tête de pierre avec le tranchant de la truelle en évitant les surépaisseurs ou les creux, et éventuellement lissé à la truelle pour resserrer le mortier et améliorer sa tenue.

Le jointoiment est souvent réalisé à joints beurrés, c'est-à-dire dans la continuité de la réalisation de la maçonnerie. Les pierres sont posées à joints soufflants, chassant le surplus de mortier en un léger boudin vers l'extérieur de la façade. Ce joint est alors écrasé à la truelle pour garantir une meilleure protection des petits calages, tout en s'économisant une opération supplémentaire de jointoiment.

6.6. Les enduits à fleur de bosse :

On l'appelle souvent « enduit à pierres vues », mais cette technique se doit de ne laisser que peu voir les pierres. Elle a pour origine, un enduit en plein ancien, qui lavé par le temps à lisser voir quelques tête de pierres.

L'enduit doit être affleurant à la surface des pierres mais surtout pas en surépaisseur. La surface générale doit former un beau plan présentant une vraie diversité avec des matériaux issue du terroir. La finition peut se faire à la taloche ou au tranchant de la truelle, l'enduit n'étant ni lissé à l'éponge ni brossé.

6.7. Enduit en plein :

L'enduit en plein est la situation la plus courante en bâti ancien sur la façade principale d'un bâtiment d'habitation.

Il n'est jamais en surépaisseur par rapport au pierres de chaînage ou d'encadrement, mais toujours au nu de celles-ci. Il peut les recouvrir partiellement et ne dessine pas leur contour de manière ostentatoire. On ne doit jamais comme c'est le cas aujourd'hui, chercher à élargir les joints des

pierres de taille et d'encadrement pour y introduire une épaisseur « réglementaire » de mortier. Il faut également suivre le mur et suivre ses défauts de parement et de planéité, sans chercher à redresser ce support par des surépaisseurs d'enduit qui ne conduirait qu'à un aspect rigide et sans vie.

Le DTU 26.1 (Document Technique Unifié ou règle de l'art) considère l'enduit « traditionnel » comme un enduit en 3 couches dont chacune a une fonction et un dosage particulier.

On peut suivre cette méthode dans la mesure où elle ne conduit pas à des surépaisseurs en inadéquation totale avec le support. En effet, lorsque les pierres taillées en encadrement sont très légèrement en saillie, il faut recouvrir les pierres tout-venant de la façade et venir « mourir » sur les pierres d'encadrement, dans leur nu, sans surépaisseur. Or la technique du « 3 couches » conduit parfois à des surépaisseurs (le DTU recommande un minimum de 15 mm) amenant l'enduit 2 cm au dessus des pierres d'encadrement ; la façade est totalement défigurée, et les majestueuses pierres d'encadrement ne sont plus qu'une tache au milieu d'un creux d'enduit souvent uniforme.

6.7.1. Le gobetis :

C'est la première couche ; elle joue le rôle d'accroche. Le gobetis s'effectue sur la totalité du parement à enduire et consiste à « salir » le support à l'aide d'un mortier gras (assez riche en liant) et plutôt liquide (comme une soupe). Il est dosé à 1 volume de chaux pour 2 volumes de sable creux de carrière 0/5. Le dosage riche compense le manque de fine du sable creux et améliore l'accroche par un meilleur « collage » sur le support. La fluidité et le sable creux laissent une surface très granuleuse améliorant l'accroche des couches suivantes. Cette couche est très faible en épaisseur, de la taille du plus gros grain c'est-à-dire 5 mm. Si le support est en petites pierres, un dégarnissage des joints suffira pour l'accroche des couches suivantes et on se passera de gobetis.

En même temps que le gobetis on peut appliquer un renformis qui consiste à jeter le même mélange mais un peu plus épais pour boucher les grosses irrégularités du support. Le gobetis sera réalisé avec une chaux hydraulique de type NHL 3,5 sauf sur support terre où l'on utilisera une chaux hydraulique NHL 2.

6.7.2. Corps d'enduit :

Le corps d'enduit est la partie résistante, qui assure la protection du support. Il permet également de dresser le support. En bâti ancien, il faudra laisser les irrégularités du support et éviter un dressage général du parement. Le corps d'enduit est donc relativement épais ; on considère qu'il doit faire au moins 10 mm, mais les « façons de faire » locale doivent prendre le pas sur le règlement.

Le dosage en chaux diminue au fur à mesure des couches ; c'est-à-dire que la chaux sera de moins en moins hydraulique et le dosage de plus en plus faible. D'autant plus si on utilise un tuf qui apporte hydraulité et liant. On utilisera 1 volume de NHL 2 ou de NHL 3,5 pour 3 à 4 volumes de sable. Le tuf sera utilisé de préférence, permettant une meilleure plasticité de l'enduit et une plus grande facilité au jeté.

6.7.3. Finition :

Le corps d'enduit et la finition peuvent faire l'objet d'une seule couche, permettant de gagner du temps, de la matière et d'éviter les surépaisseurs. On se rapproche d'autant plus des façons de faire anciennes.

Le choix du sable est important, car il donnera la teinte par l'argile qu'il contient, par les gros grains qui apparaîtront, et l'aspect par sa façon de se comporter au contact de l'outil.

Le dosage chaux/tuf doit être plus faible que les couches précédentes pour favoriser l'évacuation de l'humidité du mur vers l'extérieur. Le dosage ne doit pas être trop important pour éviter des fissurations par faïençage. On préparera le mortier en quantité suffisante pour une certaine homogénéité de la teinte.

La chaux sera moins hydraulique que les précédentes. Une chaux faiblement hydraulique ou

aérienne sera plus transparente qu'une chaux moyennement ou fortement hydraulique et rendra ainsi mieux la teinte du sable.

De nombreuses finitions existent aujourd'hui. On se rapprochera le plus possible d'une finition existante. Les finitions les plus classiques dans l'ancien sont certainement le jeté- recoupé et le lissé truelle. Le jetis au balais est plutôt courant sur des demeures prestigieuses. L'usage de la taloche date du XIXe et s'est souvent généralisé aujourd'hui.

Beaucoup de solutions actuelles consistent à vieillir le parement : l'enduit à pierre vue, les enduits lavés et surtout l'enduit gratté que l'on voit sur toutes les maisons aujourd'hui, des pavillons aux châteaux et du Nord au Sud.

La difficulté d'appliquer rigoureusement une technique ancienne est donc de se démarquer des solutions standards au risque de paraître déplacé.

7. LA CHAUX DANS LA PEINTURE :

En se servant de la chaux comme liant, l'artisan peut mettre en oeuvre deux techniques de peinture :

- « *a fresco* » : les couleurs s'intègrent sur un enduit frais. C'est la technique de la fresque héritée des Romains ;
- « *a secco* » : le mélange chaux + pigment + eau forme une pellicule sur le mur d'un enduit sec. Cette méthode se rapproche d'une peinture classique.

La peinture à la chaux a longtemps été abandonnée par les professionnels et s'est retrouvée reléguée à une pratique presque rurale : chaulage de maison, d'étable...

Les nombreuses recherches menées aujourd'hui de mieux comprendre le fonctionnement et les problèmes de farinage, de décollement, de tâches...

7.1. Qualité de la peinture à la chaux

7.1.1. Textures et tonalités

Les professionnels ont pu redécouvrir les qualités de ce liant aujourd'hui d'actualité, et apprécier la variété des textures et des tonalités que la chaux permet d'obtenir.

Le blanc de chaux n'a jamais été surpassé par aucun pigment artificiel. Si l'on compare un chaulage avec une façade peinte avec un autre type de blanc, cette dernière apparaîtra grisâtre ou bleutée.

Dans les façades de couleur, le blanc de chaux agit comme une impression, car il dote d'une plus grande lumière le pigment utilisé.

L'« imperfection » de sa finition donne du relief et de la profondeur à l'ensemble. Sur une façade peinte à la chaux, il est facile de voir la main de l'homme qui a exécuté le travail : les textures ne sont pas uniformes et planes, la couleur est plus accentuée à la fin de chaque coup de pinceau et des tâches de couleurs accompagnées de petites migrations de pigment apparaissent à des endroits déterminés. Le temps et l'usure donne une patine qu'aucun autre matériau ne réussit à créer.

7.1.2. Respirante

La peinture à la chaux permet au mur de respirer, car la chaux est perméable à la vapeur d'eau. Elle joue donc un rôle de régulateur d'humidité des locaux et diminue la formation de poches d'humidité. Cette porosité n'est pas incompatible avec sa dureté et sa résistance. La peinture à la chaux subit le même processus de carbonatation qu'un enduit et joue un rôle protecteur par la couche de carbonate de calcium formée dans le temps.

La peinture à la chaux est la plus adaptée sur des supports respirants comme la brique, la pierre ou les enduits de mortier, car elle favorise leur conservation.

7.1.3. Propriétés sanitaires

Les propriétés bactéricide et désinfectante de la chaux sont connues depuis l'Antiquité. Le pH élevé de la chaux attaque l'acidité des organismes vivants d'où son action antimicrobienne et antiparasitaire. Ces qualités ont longtemps été utilisées dans les maisons et les étables.

7.1.4. Qualité écologique

La chaux est un matériau d'origine naturelle qui retourne à l'état naturel à la fin de son cycle. Le chantier ne génère donc pas de déchets chimiques ou de problèmes de toxicité.

7.2. Le liant : chaux aérienne ou chaux hydraulique naturelle ?

Le choix peut se faire selon le critère de :

- luminance : CL = 0,85, NHL < 75 ; la chaux aérienne est plus transparente. Les chaux hydrauliques donnent des teintes moins fortes.
- Les caractéristiques du support : on prendra plutôt une chaux de même nature que celle de l'enduit.
- Les conditions de mise en oeuvre : pluie, température, vent, délai (la chaux aérienne est sensible plus longtemps aux mauvaises conditions).

Une chaux aérienne calcique (norme CL90) est conseillée dans tous les cas et impérativement, sur les supports à base de plâtre.

Sur un enduit bâtard composé de ciment et de chaux, on peut aussi appliquer directement un badigeon à la chaux hydraulique de norme NHL 3,5 ou NHL 2.

NE PAS UTILISER de chaux hydraulique "HL" ni "NHL 5" ni "NHL-Z".

8. LES PIGMENTS :

8.1. Qu'est-ce qu'un pigment ?

Ce sont des particules micrométriques qui agglutinées à la chaux, la colorent.

On distingue les pigments minéraux et les pigments organiques, déconseillés car la chaux les altère.

Ils peuvent être naturels ou artificiels.

8.2. Caractéristiques des pigments compatibles avec la chaux

Le pigment le plus adapté pour la chaux sera celui qui résiste le mieux aux alcalis, à la lumière, à l'action des agents atmosphériques et à l'attaque des acides pour éviter les efflorescences.

La plupart des fournisseurs indique la compatibilité avec tel ou tel type de liant ou technique.

Les tarifs varient fortement de 40 € les 25 kg à 220 € les 10 g ! En général les terres sont moins chères.

8.3. Les terres et ocres

Ce sont des pigments minéraux naturels. Leur utilisation remonte à la préhistoire. Selon Anne Varichon, le premier broyage attesté d'ocre rouge remonterait à plus de 90 000 ans (Nazareth). L'emploi des terres rouges aurait en premier lieu trouvé un usage corporel.

L'emploi de terres jaunes coïnciderait avec les premières calcinations de celles-ci, destinées à les faire rougir, il y a 40 000 ans.

La qualité et la couleur du pigment variaient avec l'origine géographique, jusqu'à ce que l'on identifie

leur lieu traditionnel d'extraction, comme la terre de Sienne ou la terre d'ombre de Chypre. La France était la première productrice d'ocre en 1930 avec 40 000 tonnes pour un total de 90 000 tonnes sur le globe. La consommation s'est amenuisée jusqu'à 2 000 tonnes en 1970.

Les terres sont le plus souvent à base d'oxyde de fer jaune ou rouge, d'argile, de quartz parfois mêlé à des oxydes de manganèse formant une couleur brune.

- Les jaunes : l'ocre jaune, le jaune de mars ou oxyde de fer jaune, la terre de Sienne naturelle,
- les rouges : l'ocre rouge, le rouge ercolano, rouge de Pouzzoles, la terre de Sienne brûlée, le rouge de mars ou oxyde de fer rouge
- le vert : la terre verte,
- le brun : Terre d'ombre naturelle, Terre d'ombre calcinée, Le brun Van Dick :
- le noir : noir de mars, Terre de Cassel, Noir de fumée

Avec les pigments naturels, la peinture acquiert des tonalités plus mates et plus terreuses.

8.4. Les pigments artificiels :

Attention, les pigments artificiels sont des produits chimiques. Il s'agit de vérifier leur toxicité (plomb, strontium, baryum...). Certains mélanges ne font pas bon ménage entre eux !

Les marchands de couleurs vous renseigneront sur les compatibilités et les usages.

On pourra simplement se contenter d'oxydes et faire des mélanges. Les oxydes sont les oxydes de fer qui donnent du jaune de mars, du rouge de mars, du marron de mars et du noir de mars.

Pour le vert, il faudra prendre de l'oxyde de chrome.

8.5. Remarques sur les pigments

Au moment de choisir la couleur adéquate, il faut se rappeler que les couleurs s'éclaircissent (parfois jusqu'à 50 %) en séchant et qu'elles n'atteindront leur tonalité définitive qu'au bout de 3 semaines environ, suivant le type de chaux.

Il est donc important de réaliser des essais et échantillons. Surtout si l'on veut l'accord d'un client.

Les essais peuvent être séchés artificiellement au sèche-cheveu pour « aller plus vite » ; le résultat ne sera cependant pas tout à fait le même qu'en laissant une carbonatation lente et peut faire apparaître des tâches blanches de chaux.

Dans le cas d'une recherche de couleur par mélange, il importe de réaliser un pourcentage de pigment en masse, par pesée, car il y a de grosses différences de masse volumique entre les pigments.

9. LES BADIGEONS ET LAITS DE CHAUX

9.1. Dosage des « laits de chaux » : eau/chaux

L'eau a 3 rôles :

- donner sa plasticité au lait de chaux ;
- sert de catalyseur pour la carbonatation de la chaux aérienne : le gaz carbonique transforme l'eau en acide carbonique ; le CO₂ se fixe alors sur l'hydroxyde de calcium ;
- permette la cristallisation dans le cas d'une chaux hydraulique.

Le dosage eau/chaux dépend essentiellement de la texture que l'on souhaite obtenir. Plus le volume d'eau sera faible, plus on obtiendra un lait de chaux épais. Cette fluidité influe directement sur l'aspect final. Le lait de chaux sera masquant et bouche pores ou fluide et plus aquarellé.

D'après l'Ecole d'Avignon :

	Chaulage	Badigeon	Eaux Fortes	Patines
Chaux en poudre en volume	1	1	1	1
Eau en volume	1	2 à 3	4 à 6	10 à 20
Limite de saturation % de pigment maximum par rapport à la masse de chaux	10 : terres 5 : oxydes	25 : terres 15 : oxydes	65 : terres 35 : oxydes	95 : terres 55 : oxydes

9.2. Saturation des pigments

Au delà d'un certain pourcentage, l'ajout de terre ou d'oxyde ne modifie plus la teinte, la couleur. On parle de limite de saturation des couleurs. Dépasser ces limites ne permet pas de « monter » en couleur. L'ajout excessif de pigment épaissit le mélange et augmente la charge à fixer ; cela peut entraîner des problèmes (farinage, décollement, nuance de couleurs, tâches, micro-faïençage).

Les valeurs limites sont différentes pour des terres ou des oxydes : voir tableau ci-dessus.

9.3. Utilisation des différents types de laits de chaux

	Observations	Utilisations
Chaulage	Il avait un rôle d'entretien et antiseptique. épais, il est masquant et laisse apparaître les traces de pinceau (cordage).	Épais, aspect rustique souvent blanc, usage sanitaire technique à sec
Badigeon	Il ne corde pas mais masque la texture du support	Aspect masquant couleurs peu saturées
Eau forte	Moins épais, sa coloration sera plus transparente, laissant voir la texture du support. On peut monter en couleur.	Aspect transparent possibilités de couleurs vives, concentrées
patine	On l'utilise pour patiner, vieillir des pierres neuves ou une reprise d'enduit.	Grande transparence, privilégiant la texture du support uniformisation de zone de parement, vieillissement

9.4. Mise en oeuvre des laits de chaux « a secco »

9.4.1. Les supports

Les supports traditionnels de la peinture à la chaux sont les supports minéraux : la pierre, la brique, la terre, les enduits à la chaux, les enduits plâtre-chaux. Ce sont des supports à fonds ouverts (poreux, absorbant) qui laisse passer l'air (respirant) et compatible avec la chaux.

Selon la nature géologique des pierres, la tenue sera variable : les laits de chaux ont une meilleure tenue sur les pierres basiques (calcaires) possédant une bonne porosité.

Sur le plâtre le farinage et le décollement sont fréquents.

Les peintures organiques, le bois, les matériaux contemporains (PVC,...), les plâtres et placoplâtres ne conviennent pas comme support pour une peinture à la chaux.

Toutefois, une adjuvantation adaptée permettra en général de résoudre les problèmes d'accroche. Il existe dans le commerce des sous-couche d'accroche toute prête. Cependant, on perdra beaucoup de la qualité de la peinture, en particulier ses qualités respirantes et parfois jusqu'à son aspect.

Il faut également se rappeler le dicton des peintres « *le gras porte sur le maigre* » ; c'est-à-dire que lorsque la sous-couche est stabilisée par une résine (acrylique ou latex par exemple), les laits de chaux la recouvrant comporteront une adjuvantation en résine (la même) dans des proportions semblables.

9.4.2. Préparation des supports

Les supports devront être propres et sans parties pulvérulentes.

Ils seront nettoyés à l'eau et à la brosse plus ou moins dure suivant le support.

Ils devront présenter une granulométrie suffisante pour l'accroche : il faut éviter les surfaces trop lisses. Au besoin une accroche mécanique peut-être obtenue avec un granulats très fin dans une sous-couche d'accroche (quartz, poudre de marbre).

Le support doit être humidifié avant chaque couche. Un support sec absorberait l'eau du lait de chaux et provoquerait un farinage.

Un excès d'eau provoquerait un défaut d'accroche et une perte du pouvoir couvrant.

Une solution consiste à humidifier abondamment la veille et à ré-humidifier superficiellement (au pulvérisateur) le jour-même.

Un support à fond fermé absorbera moins d'eau qu'un support à fond ouvert

9.4.3. Conditions d'exécution:

Les conditions sont spécifiées par le DTU 26-1 sur les enduits à la chaux.

La température doit être comprise entre 5 °C et 30 °C et il faut éviter la période hivernal de même qu'un temps trop sec ou trop ensoleillé ; il existe la possibilité de bâcher pendant au moins 24 h. Les saisons les plus propices sont le printemps et l'automne.

9.4.4. Préparation de la peinture :

Il faut d'abord préparer la quantité de peinture pour l'ensemble des travaux, afin d'avoir une uniformité dans la teinte.

On considère une consommation de chaux par m² et par couche suivante :

badigeon	eau forte
60 g de CL	30 g de CL
90 g de NHL	50 g de NHL

Cette consommation dépend de la quantité d'eau et de la capacité d'absorption du support.

En premier lieu, on fabrique le lait de chaux à partir d'eau et de chaux en pâte ou en poudre selon le dosage désiré (*voir chap 6*) et éventuellement additionné d'agent mouillant pour améliorer la dispersion du pigment.

Le lait est mélangé à l'aide d'un malaxeur mécanique quelques minutes puis tamisé pour éliminer les impuretés et particules déjà carbonatées (incuits et surcuits).

Le pigment est pesé suivant le dosage désiré . Il est dilué dans l'eau puis tamisé

Le lait de chaux est alors pigmenté et mélangé au malaxeur pour homogénéisation. On peut rajouter de l'eau pour obtenir la consistance souhaitée.

Il est préférable de fabriquer la peinture la veille et de la laisser reposer afin que l'eau « mouille » bien la chaux et les pigments, d'autant plus si l'on utilise de la chaux en poudre.

9.4.5. Mise en oeuvre:

Une couche d'uniformisation du support peut être passée à l'aide d'un badigeon blanc.

Le badigeon se passe en deux couches minimum.

Les couches sont posées croisées : horizontalement et verticalement ou en chevron. L'aspect final dépend du sens de pose. A l'extérieur la dernière couche sera posée verticalement pour faciliter l'écoulement de l'eau de pluie.

Le badigeon se pose à la brosse très large en soies naturelles. La couche est appliquée couvrante et on ne cherche pas à « tirer » le badigeon comme on le ferait avec une peinture organique.

En cours d'utilisation, il faut continuellement mélanger le badigeon pour éviter un dépôt de chaux et de pigment au fond du pot.

On commence par les rechapissages du plafond, des huisseries et autres raccord.

Toutes sortes de techniques peuvent être employé, comme l'emploi d'éponges ou de chiffons pliés pour des effets décoratifs.

Pour la conserver, il ne faut pas laisser la peinture en contact avec l'air pour éviter toute carbonatation.

10. BIBLIOGRAPHIE SUCCINCTE:

Enduits et badigeons à la chaux, Centre de Formation et de Perfectionnement de Maisons Paysannes de France, document de stage de formation

Les matériaux naturels, Jean-François Bertoncello, Julien Fouin, éditions du Rouergue

Mortiers pour enduire, peinture à la chaux, école d'Avignon, document de stage de formation

Les sables pour enduit, MPF Haute-Vienne

Les chaux naturelles, Luc Nèples

Réaliser un enduit ancien, Luc Nèples

La chaux et le stuc, guide pratique, école atelier de restauration, centre historique de Léon, Eyrolles

Techniques et pratique de la chaux, école d'Avignon, Eyrolles

<http://mpflimousin.free.fr>

NF P 15-311 « chaux de construction », 1996

DTU 26.1 « enduits aux mortiers de ciment, de chaux, de mélange plâtre chaux aérienne »

La peinture à l'huile, Albert Châtaigner, revue Maisons Paysannes de France N°92, 93, 94, 95 – 1989 – 1990

<http://www.dotapea.com>

Les techniques de la peinture murales, Marcel Stefanaggi, cours sur la conservation des peintures murales, université de Paris XIII, 1997

Ocres et terres, secrets d'atelier, Jean Claude Pelletier, les cahiers de terres et couleurs

Petit dictionnaire des couleurs et des matières colorantes, Annick Chauvel, Erec

Chaux et arènes, tuf et gore, enduits, joints, limousinage, Michel Auzemery, DVD, Maisons paysannes de France, Compagnie taxi-Brousse

Matériaux et savoir faire dans l'habitat traditionnel creusois, Cousty Guillaume, Guérinet Candie, CAUE de la Creuse, IUP Valorisation du patrimoine