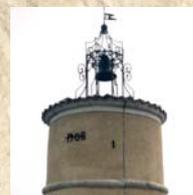


Centres anciens

Recommandations techniques pour la réhabilitation

mortiers et enduits de façades



Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement du Var

sommaire

avant-propos

1^{re} partie

Les recommandations architecturales

1.① Les éléments de la façade

1.② Les autres éléments

1.③ Rappel

2^e partie

Les revêtements traditionnels : Enduits et Badigeons de chaux

2.① La composition

2.② La fonction

2.③ La fabrication

2.④ La couleur

3^e partie

Le nuancier des couleurs du Var

avant-propos

Les "savoir-faire", le respect de la tradition

Chaque centre a une valeur d'ancienneté, même relative, qui en fait un repère indispensable à la mémoire collective. Il reflète les signes de l'identité locale et les stigmates des événements passés. C'est un témoin qui identifie et authentifie les villes et villages, dont il est un peu l'âme.

Depuis quelques années, le CAUE est de plus en plus sollicité par les responsables de collectivités locales désireux d'améliorer, protéger ou requalifier le centre de leur ville ou village. La protection et mise en valeur du patrimoine bâti constituent un des volets de cette politique de reconquête.

Un certain nombre de règles du jeu et de l'art sont à suivre, afin que la réhabilitation puisse se faire de façon cohérente et harmonieuse, conformément à l'esprit de l'histoire et dans le respect de la tradition constructive, trop souvent mise à mal, comme en témoignent cruellement les dégâts supportés durant les dernières décennies par nos immeubles anciens.

Aussi, nous vous proposons ce petit fascicule délivrant quelques conseils techniques liés à l'utilisation des mortiers, enduits et palettes de couleurs pour la réhabilitation des façades...

Ce document s'inscrit dans la continuité de la publication, parue en 1997 :

"Centres Anciens - Réhabilitation du patrimoine bâti".

1^{re} partie

Les recommandations architecturales

1.① Les éléments de façade

1.② Les autres éléments

1.③ Rappel

1.1 LES ÉLÉMENTS DE FAÇADE, le choix de la technique

A- L'enduit

Les constructions à usage d'habitation sont toujours enduites, sauf cas d'appareil de pierre taillée ou de brique (rare dans notre région). Seules les constructions vernaculaires laissent apparaître les moellons de pierre de leurs murs. C'est donc une erreur de dégarnir les murs de leur enduit, en croyant ainsi les rendre plus rustiques ou plus provençaux.

Dans nos centres anciens, les maisons sont construites selon **la technique du moellon de pierre hourdé au mortier de chaux**. L'enduit de finition est réalisé à base de chaux et de sables locaux, et la plupart du temps protégé par un badigeon de chaux diversement coloré. Dans tous les cas, l'enduit présente un aspect lisse, frotté, taloché ou gratté, et peut être lui-même coloré par son sable.

Pour restaurer ces façades de façon durable, il est indispensable d'utiliser le liant déjà présent dans le support, c'est-à-dire la chaux aérienne ou hydraulique; cela est indispensable pour permettre au mur de respirer et d'évacuer l'eau capillaire qu'il contient par évaporation à travers l'enduit de sa face externe; la chaux artificielle ne peut remplir cet office, car ses propriétés l'apparentent à la famille des ciments, non respirants.

L'eau naturellement contenue dans notre sol n'a d'autre possibilité que de migrer par les murs des bâtiments, d'autant que nos sols sont aujourd'hui souvent recouverts de revêtements étanches (béton ou asphalte).

On comprend donc aisément l'importance d'un enduit respirant tel que le mortier de chaux, et a contrario le danger que font courir à la maçonnerie

les enduits à base de ciment, imperméables, ou les revêtements de synthèse tels que les revêtements plastiques épais ou semi-épais, et autres crépis dits rustiques, même s'ils sont annoncés comme étant micro-poreux.

Ces produits modernes sont adaptés à des supports contemporains, tels les agglomérés de ciments ou le béton armé, à faible teneur en eau, mais sont parfaitement inadaptés aux supports anciens.

Si l'enduit existant est en bon état, le nettoyer à la brosse sèche, (ne le mouiller que lorsqu'il sera propre et dépoussiéré), effectuer les reprises d'enduit éventuelles au mortier de chaux exclusivement, passer à badigeon. Dans le cas d'un enduit existant au mortier de ciment, la préparation est la même et la couleur se fera préférentiellement à la peinture silicatée. Il convient de veiller particulièrement à proscrire le nettoyage par projection d'eau chaude ou froide à haute pression (type kärcher ou similaires) qui introduit dans les maçonneries anciennes à la chaux une grande quantité d'eau à laquelle il faudra plusieurs mois pour s'évacuer. L'évaporation de cette eau ramène toujours à la surface du mur une importante quantité de sels dissous, et occasionne généralement des tâches.

Un enduit ancien qui "sonne" n'est pas nécessairement à décroûter, pour peu que les zones décollées soient de faible surface et bien réparties sur la façade, et que l'enduit présente une bonne cohésion d'ensemble et un état de surface satisfaisant: la décision de le conserver permet alors de minorer le coût de l'intervention, et peut en outre permettre de ne pas faire disparaître un décor préexistant, qu'il suffira alors de "rafraîchir".

Si l'enduit est très abîmé, ou instable, il y aura lieu de le refaire, toujours au mortier de chaux, pour utiliser des matériaux compatibles, selon l'ordre traditionnel: décroûtage, rejointoiement, gobetis

d'accrochage de 5 mm, renformis de 2 cm maxi, et enduit de finition fin de 5 mm.

Cette dernière couche aura pu être colorée dans la masse par l'utilisation de sables de provenance diverse, (Mazaugues, Luberon, etc...). S'il n'est pas ainsi naturellement coloré par son sable, cet enduit peut être habillé d'une peau de surface, le badigeon de chaux coloré appliqué a fresco ou a secco. Plus lisse, il retiendra d'autant moins les salissures urbaines, et s'auto-nettoiera à l'eau de pluie.

B- La modénature

Tous les éléments en relief doivent être conservés et reconstitués le cas échéant.

Les mortiers de résine sont à proscrire pour des raisons de tenue au vieillissement.

C- Les appareils de pierre

(chaînes d'angles, soubassements, chambranles, corniches)

Ils seront brossés et laissés nus. De nombreuses chaînes d'angles, et pour une moindre part, les encadrements de fenêtres ou de portes, n'étaient pas prévus pour être laissés apparents. Dans ce cas, il ne faut pas vouloir les laisser nus, sous peine de créer des effets de surépaisseur d'enduit, dont l'effet final sera très disgracieux.

Les moulures à encadrement en mortier de chaux ou de plâtre et chaux, seront brossées à sec et passées au badigeon. Si elles sont détériorées elles sont facilement reconstituables à peu de frais.

Sur les bâtiments modestes, la modénature est souvent suggérée par peinture en aplât ou en trompe-l'œil des encadrements, bandeaux, chaînes etc...

Il est donc possible de la restituer sous cette forme, dans un souci de moindre coût de revient.

Certains immeubles de construction plus récente, fin XIX^e siècle, présentent une modénature extrêmement riche, y compris sur le fond d'enduit où apparaît le joint-tiré, ou en soubassement où il imite des appareils de pierre.

Tous ces détails doivent être mis en valeur.

Il est à noter que ces enduits sont souvent des mortiers de ciment, compatibles avec le badigeon de chaux, à défaut avec la peinture silicatée. Ce ciment était un ciment naturel, sans analogie avec notre ciment artificiel.

D- Les couleurs

Elles seront choisies sur la base des nuanciers produits par le CAUE du Var. Le choix ne sera pas imposé, mais déterminé en concertation avec les services de la commune.

Les couleurs doivent être différentes sur des façades mitoyennes, et traduire clairement le parcellaire. En règle générale, les tons plus sombres sont utilisés sur des façades bien éclairées et dégagées, les tons plus clairs sur des façades moins éclairées, étriquées. Une ruelle étroite gagne à être éclaircie, alors qu'une place aérée supporte des coloris plus soutenus.

La même teinte appliquée sur une façade Sud ou sur une façade Nord ne donne pas la même nuance.

Dans le cas d'enduits colorés, avec une finition frotassée, lissée ou grattée, le résultat pourra donner également des nuances différentes.

Les débords de toiture, génoises, chambranles, cordons, etc..., sont généralement traités en tons plus clairs, toujours en harmonie avec la couleur des fonds.

Ils gagnent à être soulignés par un filet ou double filet sombre.

1.2 LES AUTRES ÉLÉMENTS

1 - Les menuiseries

Elles sont toujours revêtues de peinture, en aucun cas nues ou traitées avec des produits révélant le bois, tels les vernis, les lasures ton bois et autres huiles fongicides de toutes marques; seules les portes d'entrée, généralement en bois noble, étaient cirées ou vernies à la gomme laque.

Les volets persiennés ou pleins, peuvent être d'une couleur différente de celle des fenêtres, mais toujours choisie en harmonie avec la couleur de la façade.

Les menuiseries plastiques et aluminium proposent maintenant une palette de teintes, qui permet de les intégrer plus facilement au bâtiment, mais devront néanmoins être étudiées au cas par cas. Les volets pleins à écharpe sont à proscrire.

F- Les ferronneries

Garde-corps, grilles de protection, marquises et autres ouvrages de serrurerie, seront peints en harmonie avec les autres éléments de la façade, voire passées au rustol ou autre phosphatant du commerce.

G- Les toiles et stores

De choix libre, devront néanmoins ne pas nuire à la bonne harmonie de l'ensemble.

Il est recommandé de choisir une couleur se rapprochant de la couleur des menuiseries, et dans un registre discret et clair.

H- Les chéneaux

Ainsi que les descentes d'eau de pluie, seront de préférence en zinc et si leur implantation le justifie, elles pourront être peintes pour favoriser l'intégration. Les pluviaux en PVC sont à proscrire.

I- Les descentes d'eaux usées

Et sanitaires en façade seront supprimées dans la mesure du possible, et déplacées à l'intérieur de l'immeuble, ou engravées dans le corps de mur.

J- Les réseaux EDF et PTT

Seront autant que possible déplacés par ces administrations sur les lignes de corniches ou de génoises où ils sont moins perçus.

Les câbles d'antennes télévision devront disparaître des façades (où ils pendent souvent librement) et résoudre leur pénétration au niveau de la toiture et non des fenêtres.

K- Les devantures

Commerciales, enseignes peintes et lumineuses, locaux à usages particuliers, seront à étudier au cas par cas.

1.3 RAPPEL

Les enduits à forte rugosité, les crépis appliqués au balai ou jetés à la truelle sans talochage, les tyroliennes grossières, les enduits prêts à l'emploi projetés mécaniquement, les revêtements plastiques épais, semi-épais et filmés, sont incompatibles avec le respect du bâtiment existant.

Seuls les enduits lisses au mortier de chaux, les peintures à badigeon de chaux, et sur les supports ciment anciens, les peintures minérales silicatées sont à mettre en œuvre.

2^e partie

Les ravalements traditionnels: Enduits et Badigeons de chaux

- 2.1 La composition**
- 2.2 La fonction**
- 2.3 La fabrication**
- 2.4 La couleur**

2.0 LA COMPOSITION

A - Caractéristiques des liants de la maçonnerie

Minéraux: argile crue, chaux aérienne, chaux hydraulique, ciment portland, ciment prompt, plâtre gros de construction.

Organiques: résines, huiles, gommes, sang, œuf, lait, souvent utilisés en adjuvant.

Les adjuvants peuvent être ajoutés en faible quantité pour améliorer leurs propriétés (plastifiant, couvrant, fixatif...)

■ LEURS PRISES

Les liants aériens durcissent uniquement à l'air: chaux aérienne.

Les liants hydrauliques durcissent sous l'eau ou au contact de l'eau.

Le terme ciment (cimentum: sert à lier) est réservé, de nos jours aux liants hydrauliques à performances élevées, obtenus par mélange artificiel.

Les liants normalisés sont:

- naturels : CL90S (NF en 459-1): Chaux aérienne éteinte pour le bâtiment
NHL (NF P15 310) : Chaux hydraulique naturelle
- artificiels : CPA: Ciment Portland artificiel
CPJ: Ciment Portland avec ajouts
XHA: Chaux hydraulique artificielle

B - Les différents types de liants

■ LA CHAUX

C'est l'oxyde de calcium obtenu par cuisson de roches calcaires pures (chaux vive) et l'hydroxyde de calcium obtenu par extinction au contact de l'eau (chaux éteinte). La carbonatation est lente du fait de la faible teneur en gaz carbonique de l'air, elle peut durer des années. Une fois durcie, la chaux aérienne résiste bien à l'eau.

L'extinction de la chaux s'obtient par immersion dans l'eau; elle est dans ce cas utilisée en pâte ou en lait. Elle peut être tamisée pour éliminer les grappiers, les incuits ou surcuits qui ne réagissent pas à l'hydratation.

De nos jours, on obtient aussi de la chaux éteinte en la broyant en granulats qui passent dans un hydrateur (vie sans fin aspergée d'eau) et se transforme en chaux éteinte pulvérulente qui est ensuite mise en sacs secs.

La chaux hydraulique est fabriquée selon la même méthode, avec des calcaires plus argileux.

Au cours de la cuisson, les composants argileux (silice, alumine et oxyde de fer) se combinent. Cette combinaison cristallise au contact de l'eau et provoque un durcissement rapide de l'ensemble calcaire/argile.

Selon la quantité d'argile contenue dans le caillou calcaire, la chaux prendra plus ou moins vite: elle aura une réaction faiblement hydraulique ou éminemment hydraulique. Le calcaire cuit carbonate au contact du gaz carbonique de l'air. La chaux hydraulique naturelle du commerce, autrement appelée NHL (NF P15 310), fait sa prise en deux phases:

- une prise hydraulique 70 à 80 %
- une prise aérienne 20 à 30 %

■ LE CIMENT ARTIFICIEL

À la fin du XVIII^e siècle, les recherches ont permis d'établir que la pierre calcaire contenait d'autres charges minérales que le calcium. On trouve par exemple du fer, des silices, de l'alumine, du sodium, du manganèse, du soufre.

À la cuisson, ces divers éléments ne réagissent pas tous de la même façon.

Certains éléments se combinent, formant des clinkers ou des ensembles agglomérés de matières (grappiers). Une fois cuits à 1400° et broyés, ces éléments donnent des liants aux propriétés hydrauliques différentes: prise plus ou moins rapide, résistance accrue, imperméabilité, etc...

On donne aux liants ayant subi ces transformations l'appellation de liants artificiels, et selon la quantité d'ajouts : fillers calcaires, cendres volantes, fumées de silice, gypse broyé, leurs performances varient et permettent des applications différentes. Ils sont trop résistants et cassants pour les structures du bâti ancien, qui sont souples et déformables.

C - Caractéristiques générales des agrégats

Ce sont des grains de matière inerte (sables, granulats, tuileaux, graviers, terre crue) qui sont agglomérés pour former un agrégat.

Les granulats sont classés par tailles :

- Les granulats fins ou "fines", plus petits que 0,1 mm
Ex: Recoupe de pierre, poudre d'oxyde, terre colorée, brasiers de marbre.
- Les sables de 0,1 à 3 mm, que l'on tamise :
 - fins: 0,1 à 0,4 mm
 - moyens: 0,5 à 2 mm
 - gros (sable à bâtir): 2 à 3 mm
- Les graviers : - grains de riz: 4 à 10 mm
 - roulés: 10 à 30 mm
- Les cailloux - supérieurs à 30 mm
- Les tuileaux (terre cuite pilée, "chamotte") sont broyés, selon les fournisseurs, de 0,2 à 2 mm.

Les granulats sont, selon leur lieu d'extraction lavés, concassés. Leur nature est siliceuse, calcaire, gréseuse. Ils doivent être minéralement stables pour bien résister aux expositions à l'humidité, aux écarts thermiques (gel/dégel, chaud/froid), et aux pollutions atmosphériques (par ex: air marin). C'est le cas de tous les granulats provenant des roches calcaires, des grès, des roches volcaniques. Les sables lavés de rivière offrent la meilleure adaptation pour leur régularité, leur maniabilité et leur compacité au mortier de hourdage et d'enduit.

Les concassés sont moins homogènes et plus difficiles à mettre en œuvre.

Les sables doivent être très propres. Ils ne doivent pas contenir de matières argileuses ni d'impuretés chimiques ou organiques.

Avec un dosage de liant suffisant, un mortier frais est plastique. Il n'est pas nécessaire alors qu'il soit trop fin. Mais, pour éviter le retrait (faiencage), il faut évaluer la quantité d'eau et de liant sans excédent.

D - Composition des mortiers

■ D'ENDUIT

Un mortier frais qui sert à enduire est un mélange homogène de liant (chaux, ciment), de granulats, d'eau, d'air, dosés dans des proportions étudiées. Il faut que la pâte obtenue soit plastique pour être facilement mise en œuvre. En durcissant pendant la prise du liant, elle devient résistante.

Liant + Eau + Sable + Air = MORTIER

Conditions de bonne fabrication d'un mortier : sable propre pour que le liant accroche les grains et non l'enveloppe "sable" qui est autour. Pour faciliter cette adhérence, il faut que les grains de sable soient suffisamment mouillés pour canaliser le liant.

- Mélange homogène, donc bon malaxage
- Tenir compte du foisonnement des granulats pour le dosage

Nous constatons que les granulats livrés sur chantier sont rarement secs et la quantité d'eau retenue varie avec la grosseur des grains et le taux d'humidité de l'atmosphère. Cette quantité d'eau, fréquente sur le tas de sable du chantier, augmente son volume, modifie sa densité apparente et fausse les dosages.

Ex : Un sable courant de rivière, pour enduit, contient 7 % d'humidité. Quand on remplit 10 L de ce sable dans un seau, on a en fait 7,9 L de sable sec. Son coefficient de foisonnement est de 21 %.

Voici résumés dans les tableaux suivants, quelques exemples des dosages en poids de liant et volumes de sable sec des mortiers d'enduits à plusieurs couches.

Tableau du dosage en liant des mortiers à déduire sur maçonnerie neuves et anciennes (à trois couches)

APPLICATION		NEUF	ANCIEN
1 ^{ère} couche	Accrochage gobetis	500 à 600 kg/m ³	400 à 450 kg/m ²
2 ^e couche	Corps d'enduit renformis	350 à 400 kg/m ³	300 à 400 kg/m ²
3 ^e couche	Enduit de finition	250 à 300 kg/m ³	150 à 250 kg/m ²

À l'exclusion des supports béton cellulaire, béton armé, fibraglo, treillis, etc...

Tableau des dosages mortiers à la chaux pure pour enduit pelliculaire sur tout type de support (en volume)

APPLICATION	DOSAGE	CHAUX QTE	NATURE	SABLE	SEAUX LIANT-SABLE
1 ^{ère} couche gobetis	400 kg/m ³	5	NHL**	10	5/10
2 ^e couche corps d'enduit	320 kg/m ³	4	NHL**	10	4/10
3 ^e couche finition	240 kg/m ³	3	NHL**	10	3/10
3 ^e couche finition	150 kg/m ³	10	CL90S*	10	3/10

Tableau des dosages de mortiers bâtards CL90S/NHL** pour un dégrossi d'enduit (en volume)*

APPLICATION	DOSAGE	CHAUX NHL**	CL90S*	SABLE	SEAUX LIANT-SABLE
1 ^{ère} couche accrochage	Gras 410 kg/m ³	2	5	10	7/10
2 ^e couche corps d'enduit	Normal 310 kg/m ³	2	3	10	5/10
3 ^e couche finition	Maigre	1	2	10	3/10

Tableau de dosages mortiers bâtards CL90S/CIMENT pour de la maçonnerie de pierre et du redresseage sur matériaux artificiels : brique, aggro... (en volume)*

APPLICATION	DOSAGE	CHAUX CIMENT	CL90S*	SABLE	SEAUX LIANT-SABLE
1 ^{ère} couche accrochage	Gras 450 kg/m ³	2	5	10	7/10
2 ^e couche corps d'enduit	Normal	2	3	10	5/10

Tableau de dosages mortiers bâtards de NHL/CIMENT sur matériaux artificiels : brique, aggro... (en volume)*

APPLICATION	DOSAGE	CHAUX CIMENT	NHL**	SABLE	SEAUX LIANT-SABLE
1 ^{ère} couche accrochage	Gras 420 kg/m ³	1	4	10	5/10
2 ^e couche corps d'enduit	Normal 340 kg/m ³	1	3	10	4/10
3 ^e couche finition	Maigre 260 kg/m ³	1	2	10	3/10

À l'exclusion des supports de pierre.

* CL90S : CL90S (NF en 459-1) - ** NHL : NHL (NF P15 310)

■ DE MOULURE

• Plâtre et chaux

Quand ils ne sont pas exposés au ruissellement d'eaux pluviales ou aux remontées capillaires, ces mortiers peuvent être appliqués avec des matériaux spécifiques: plâtre gros de construction PGC et chaux aérienne. La rapidité de prise et l'absence de retrait les rendent performants.

Ils doivent être mélangés à des granulats inertes, ne contenant pas de fines argileuses (gonflantes). Le mélange se fera, de préférence avec des agrégats et des liants secs pour améliorer l'ouvrabilité qui est de 20 minutes environ.

Tableau des dosages (en volumes)

APPLICATION	PLÂTRE GROS	CL90S*	GRANULATS
Moulage, scellement, charge épaisse 2 à 15 cm	1	1	1
Moulure profilée, charge semi-épaisse 1 à 2 cm	1	2	3

• Chaux et ciment prompt

Ces mélanges permettent le façonnage de reliefs épais et la reprise de moulures sans retrait. Ils doivent être mélangés avec des granulats secs.

Tableau des dosages (en volumes)

APPLICATION	CHAUX CL90S* ou NHL**	CIMENT PROMPT	GRANULATS
Moulage, scellement, charge épaisse 2 à 15 cm	1	1	1
Moulure profilée, charge semi-épaisse 1 à 2 cm	1	2	3

Pour ces enduits, les recettes d'adjuvantation communiquées dans les ateliers améliorent la plasticité, les délais de prise, la rétention d'eau sans altérer les performances.

■ DE STUCAGE

Tableau des dosages (en volumes)

APPLICATION	CHAUX	PLÂTRE	PROMPT	GRANULATS
Stuc lisse	2			6
Stuc brillant	2			3
Stuc plastique	1	2		3
Stuc rapide épais	3		1	10
Stuc rapide lisse	2	1		3

Pour les stucs, les recettes d'adjuvantation communiquées dans les ateliers améliorent la plasticité, le lissage, les délais de prise, le brillant du glaçage sans altérer les performances.

* CL90S : CL90S (NF en 459-1) - ** NHL : NHL (NF P15 310)

2.2 LA FONCTION

A - La fonction de l'enduit

Protéger les maçonneries contre l'eau ruisselante de la pluie et l'eau d'infiltration, protéger du vent, réguler les variations thermiques.

Consolider les assemblages de composants peu homogènes. Ex : terre, bois, pierre, céramique.

Décorer, avec la matière, et la couleur. Les enduits sont constitués de plusieurs couches superposées qui jouent, par leurs épaisseurs et leurs compositions, le rôle de bouclier et d'épiderme du mur sur lequel ils sont appliqués.

En observant les enduits anciens, il est difficile de retrouver la stratigraphie qui correspond aux différentes couches ; nous sommes souvent en présence d'un enduit à la chaux, appliqué par passes successives, où il n'y a pas de différence de dosage ni de granulométrie entre le point d'accrochage et le parement extérieur.

■ **LE GOBETIS**, première couche, est un mortier gras. La quantité de liant est dosée pour remplir les vides entre les gros grains et freiner la pénétration d'eau liquide.

Les gros grains et le dosage du liant donnent une bonne résistance mécanique au mortier.

■ **LE CORPS D'ENDUIT** ou renformis, deuxième couche, est plus épais, il accompagne la surface du mur d'une épaisseur régulière de mortier, freine la pénétration de l'eau.

Il ne doit pas être fissuré (trop d'eau, trop de liant) et avoir une granulométrie équilibrée en grains gros, moyens et fins, pour fermer au mieux la porosité du mortier.

■ **LA FINITION**, troisième couche, décore et assure la protection du corps d'enduit. Pour liaisonner des granulats fins, il faut moins de liant : les mortiers seront plus maigres.

Ils auront une porosité favorable à l'exsudation de l'eau liquide ou vapeur, mais seront serrés pour faciliter l'écoulement de l'eau ruisselante.

Pour que l'enduit fonctionne, il est conçu selon les critères de qualité suivants :

- bonne adhérence par accrochage
- souplesse et déformabilité
- résistance mécanique décroissante, de l'intérieur vers l'extérieur
- imperméabilité à l'eau liquide
- perméabilité à la vapeur d'eau
- bon aspect

B- La préparation du mortier

Le mélange manuel, seul possible autrefois, est mécanisé par la bétonnière ou le malaxeur. Le mortier doit être homogène, mais il ne faut pas trop le brasser pour éviter un entraînement d'air excessif. L'eau de gâchage doit être mesurée, pour éviter les effets de faïençage, et de retrait.

Avec la chaux, les mortiers peuvent être fabriqués en quantité, à l'avance, et n'en deviennent que plus homogènes et souples, à condition de les stocker humides et à l'abri de l'air.

Les matières colorantes, terres ou oxydes, doivent être malaxées de préférence à sec, ou dissoutes dans l'eau de gâchage. Elles sont mesurées et comparées au poids de liant sec.

Le poids des terres ne doit pas dépasser 20 % du poids de liant sec, le poids d'oxyde 7 %.

C - L'application du mortier

■ LE SUPPORT

- Décroûter des matériaux anciens qui n'adhèrent plus mécaniquement.
- Brosser des efflorescences et des pulvérulences.
- Trouver l'accrochage, créer si nécessaire la rugosité par piquetage, fixation synthétique ou grillage.
- Dépoussiérer - (Lavage déconseillé).
- Boucher les concavités avec des maçonneries de cansons, tuileaux, pour diminuer les différences de planéité du support.
- Humidifier le support.
- Mouiller avec un jet d'eau ou à la boîte pour élever le taux d'humidité du support (de préférence la veille).

L'excès d'eau dans les pores de surface empêche la prise capillaire de l'enduit et favorise les décollements.

■ L'EXÉCUTION DE L'ENDUIT

Les enduits peuvent être réalisés à deux ou trois couches. Le délai d'attente entre la première et la deuxième couche ne doit pas être inférieur à 48 heures pour que l'eau de gâchage soit évaporée au maximum et que le mortier ait effectué son retrait et sa prise de jeune âge. Le délai entre la deuxième et la troisième couche est de 4 à 7 jours (en fonction des conditions atmosphériques).

Il faut éviter d'appliquer des enduits dans les conditions météorologiques suivantes :

- Gel (pas d'antigel dans les enduits)
- Pas de températures inférieures à 5° C
- Pas de températures supérieures à 35° C
- Vent, pluies drossées
- Soleil méridien

La première et la deuxième couche ne doivent pas être inférieures en épaisseur cumulée à 2 cm ni supérieure à 5 cm. Avec des mortiers à la chaux, il est préférable d'espacer les applications successives (1,5 cm maximum), pour laisser l'eau s'évaporer. Quand l'eau est libérée d'un mortier à la chaux, l'air occupe les pores laissés par l'eau et le liant durcit (carbonatation).

Si les couches de mortier sont appliquées "frais surfrais", ou quand l'humidité de l'air ambiant est saturée, par temps de brouillard ou de forte pluviosité par exemple, l'eau ne s'évapore pas rapidement, et solubilise les minéraux libres qu'elle amène à la surface: des efflorescences peuvent apparaître.

D - La finition

L'enduit de finition ne doit pas être trop épais pour éviter le faiençage: 5 à 7 mm. Il doit être d'un dosage inférieur au corps d'enduit.

Le type de finition doit prendre en considération la tenue de l'enduit, son imperméabilité, sa vitesse d'encrassement. Les enduits jetés, rustiques, sont plus grossiers qu'autrefois. Ils sont encrassés rapidement et n'assurent pas une bonne imperméabilité.

Les enduits grattés sont exécutés pour donner un aspect vieilli, usé, et laisser apparaître le grain et le sable. Ce vieillissement accéléré leur enlève de l'imperméabilité et accélère leur encrassement.

Les enduits à la chaux frottés ou talochés forment des surfaces unies. La laitance obtenue au moment du serrage peut être enlevée avec une éponge ou un feutre, mais se délavera rapidement quand il n'y a pas de ciment pour laisser apparaître le grain du sable.

Tableau des défauts les plus courants, pathologie des enduits.

OBSERVATION	CAUSES
Fissures	Mouvement de la maçonnerie - Fente de retrait du béton - Déformation thermique
Gerçures ou Faiénçage	Dessiccation trop rapide du mortier frais - Application support trop sec (défaut d'humidification) - Pose du revêtement par atmosphère trop sèche et chaude (vent, soleil) - Trop fort dosage de liant ou mauvais malaxage
Joints de maçonnerie marques (spectres ou fantômes)	Épaisseur du revêtement insuffisante - Enduit trop perméable
Cloquages	Manque d'adhérence localisé - Application irrégulière à la projection ou au talochage - Talochage ou lissage tardif
Décollements	Manque d'adhérence (mauvais nettoyage du support) - Support trop mouillé - Couche d'accrochage trop dure ou trop épaisse - Revêtement trop étanche (mortier trop dosé) - Mauvais talochage
Effritements/grillages	Évaporation trop rapide de l'eau de gâchage ne permet pas la prise du liant hydraulique - Mauvais dosage - Talochage ou lissage tardif
Gonflements	Gel pendant la prise - Incompatibilité de deux liants (ex : plâtre et ciment) - Métaux insuffisamment enrobés

2. ② LA FABRICATION

A - Les liants

La chaux aérienne en pâte, à diluer dans l'eau, a une fluidité convenable pour être appliquée à la brosse. Il est préférable de la tamiser au chinois pour éliminer les "cailloux".

La chaux aérienne en poudre CL90S (NF en 459-1)-masse volumique-0,5-mesurable en poids et en volume, est efficace pour étalonner la concentration de pigments et déterminer la quantité d'adjuvants à joindre au mélange. Elle peut se conserver en phase aqueuse pendant longtemps, du fait de sa prise à l'air, si elle n'a pas été adjuvantée avec des résines.

La chaux hydraulique naturelle, NHL (NF P15 310)-masse volumique 0,8-s'utilise comme la chaux aérienne, mais elle a une ouvrabilité plus limitée: 7 heures environ du fait de sa prise à l'eau.

B - L'eau

Utiliser de l'eau claire dans les laits de chaux. On peut améliorer la dispersion des pigments (surtout les oxydes) en ajoutant un peu de savon liquide (teepol: 25cc pour 10 litres = 1 bouchon).

En période chaude ou sèche, l'évaporation de l'eau peut être ralentie par l'ajout d'un rétenteur d'eau comme la colle à papier (25 à 50 g pour 10 litres).

En période froide ou humide, l'évaporation de l'eau peut être accélérée par l'ajout d'alcool à brûler ou de vinaigre blanc.

C - Les pigments

Les terres naturelles infusent facilement dans les laits de chaux. Leur pouvoir colorant est plus faible que les oxydes, leurs caractéristiques chimiques et leur granulométrie fonctionnent bien avec la chaux.

Les terres les plus couramment utilisées : ocre rouge, ocre jaune, terre de sienne naturelle ou calcinée, terre d'ombre naturelle ou calcinée.

Les oxydes métalliques sont plus difficiles à disperser dans les laits de chaux. Il faut s'assurer de leur composition chimique et savoir s'ils sont purs ou coupés. S'ils sont coupés, les charges peuvent avoir des effets secondaires en réaction avec la chaux (virage, efflorescences). Les terres et les oxydes sont miscibles sans effet secondaire.

D - Les adjuvants

L'utilisation d'adjuvants dans les laits de chaux permet de compléter leurs performances, soit pour favoriser une bonne stabilité mécanique, soit pour améliorer leur pouvoir couvrant, masquant ou la transparence.

Nous avons vu que le savon liquide pouvait assouplir le lait de chaux et le rendre filant. Par ailleurs, il favorisait la dispersion des pigments. L'excès de cet adjuvant ne provoque pas de

réaction, si ce n'est que le lait de chaux mousse en abondance et ne couvre plus.

Les colloïdes : colle cellulosique, de peaux, de poisson, favorise la rétention d'eau et améliore la stabilité mécanique. Lorsqu'il y en a trop, le badigeon devient filmogène, et moins perméable à la vapeur d'eau: cela peut provoquer de la fissuration ou de l'écaillage. L'alun de potasse fixe le lait de chaux sur le support pendant que la chaux carbonate. Il n'a pas d'action durable. L'huile de lin fait filer le lait de chaux et améliore sa stabilité. Quand l'huile de lin ne se mélange pas bien, elle favorise les fusées de pigments qui altèrent l'unité colorée.

Les copolymères vinyliques en poudre ou en émulsion stabilisent efficacement le lait de chaux. Ils ne doivent pas être utilisés en excès, car ils rendent les laits de chaux filmogènes, et ils sont imperméabilisants. En période chaude ou sur support très sec, il faut toujours les faire mûrir dans la dispersion de chaux, et leur ajouter un colloïde.

2.4 LA COULEUR

A - La fabrication

Selon le rapport poids de chaux/volume d'eau, le lait de chaux sera épais ou fluide. L'application épaisse est masquante, fluide elle est transparente.

	CHAULAGE	BADIGEONS	EAU FORTE	PATINE
CHAUX	1 volume	1 volume	1 volume	1 volume
EAU	1 volume	2 volumes	5 volumes	20 volumes

Dans un récipient adapté aux quantités à préparer, malaxer énergiquement la chaux dans l'eau. Ajouter l'alun de potasse à raison d'une poignée par 10 litres d'eau. Si le mélange n'est pas agité suffisamment, il n'est pas homogène et forme

des grumeaux. Il y a lieu de le tamiser. Dès qu'on laisse reposer une dispersion de chaux, la chaux dépose: il y a lieu de remuer fréquemment, et à chaque prélèvement, pour garantir un bon aspect.

B - La coloration

■ LA SATURATION

Selon la concentration de pigments incorporés au lait de chaux, la teinte sera claire ou foncée. Nous savons étalonner nos concentrations de chaux dans l'eau pour avoir des applications épaisses ou fluides, nous pouvons étalonner nos concentrations de pigments en pourcentage par rapport au poids de chaux pour référencer nos teintes. Si nous mélangons du pigment dans un lait de chaux, plus la quantité de charge colorante va être importante plus le mélange va épaissir. Chaque dispersion de lait de chaux produit un aspect.

Sa nature : chaulage et badigeon masquants et couvrants, eau forte et patine minces et transparentes. Les nuances de colorations possibles, les conditions d'application, et les formulations d'adjuvants varient en fonction de la nature de la dispersion.

L'apport de pigments dans un lait de chaux est limité par le rapport eau/chaux ; on dit que le lait de chaux sature en pigments quand l'ajout

(en excès) de charge colorante ne modifie plus la teinte et épaissit trop le mélange.

Voici résumées dans le tableau suivant, les limites de saturation en poids de pigments des différents laits de chaux.

Compte-tenu des formes et des granulométries des différents pigments, les concentrations et saturations seront différenciées entre les oxydes et les terres.

■ LA STABILISATION

La fonction liante de la chaux peut se mesurer à la bonne stabilité du lait de chaux sur le support, à son farinage, à sa résistance au frottement, à l'usure. Quand un lait de chaux est trop chargé en pigment, la chaux-le liant ne peut pas assurer sans adjuvant la stabilité de la charge. Il est nécessaire pour la durabilité et la stabilité de l'application d'adjuvanter le lait de chaux. L'adjuvantation suivra les concentrations selon le tableau suivant qui définit en fonction des charges de pigments, les charges liantes chaux + adjuvants.

Tableau des saturations

	CHAULAGE	BADIGEONS	EAU FORTE	PATINE
OXYDE	5 %	15 %	35 %	65 %
TERRE	10 %	25 %	65 %	95 %

Rapport en pourcentage du poids de pigments et du poids de chaux

Adjuvantation et ajout d'eau du badigeon

TERRES : 0 % - 5 % - 10 % - 15 % - 20 % - 25 %
OXYDES

Exemple 1 : 4 litres de badigeon à la CL90S (NF en 459-1) contiennent 1 kg de chaux. Avec un oxyde à 10 %, je rajoute 5 % du poids de chaux en adjuvant, soit 50 g et 5 % du volume d'eau, soit 0,2 L.

Exemple 2 : 5 L de badigeon à la NHL (NF P15 310) contiennent 2 kg de chaux. Avec une terre à 25 %, je rajoute 15 % d'adjuvant, soit 300 g et 15 % d'eau, soit 0,75 L.

Adjuvantation de l'eau forte

TERRES : 0 % - 5 % - 10 % - 35 % - 65 %
OXYDES

Exemple 1 : 5 L patine à la CL90S (NF en 459-1) contiennent 125 g de chaux. Avec une terre à 17 % soit 22 g, je rajoute 12 % d'adjuvant, soit 15 g.

Exemple 2 : 5 L de patine à la NHL (NF P15 310) contiennent 200 g de chaux. Avec une terre à 80 % soit 160 g, je rajoute 75 % d'adjuvant soit 150 g.

C - La mise en œuvre

■ LE SUPPORT

Les laits de chaux ne s'appliquent que sur un support ayant une porosité de surface qui permet l'accrochage. La surface doit être dépoussiérée, propre et non farineuse.

Les laits de chaux s'appliquent sur des fonds enduits au mortier de chaux, mais n'accrochent pas sur des fonds au mortier de ciment exposés à l'humidité, ou sur des supports non poreux, sur des supports hydrofugés, sur des peintures aux résines, acryliques, vinyliques et à la pliolithe, sur des silicates, sur les goudrons et les suies.

■ L'APPLICATION

Les laits de chaux ne peuvent être appliqués par temps froid (inférieur à 5°) ou quand l'exposition au soleil et au vent est trop forte. Ils s'appliquent par gestes croisés en finissant verticalement. La première couche, sur des fonds anciens où l'aspect de surface n'est pas homogène, peut être blanche pour créer une transparence. La coloration s'effectue en une ou deux couches. Il y a lieu de laisser sécher 24 heures entre les couches.

L'humidification du support peut être assurée, soit la veille pour la première couche, soit entre chaque couche en période sèche ou chaude.

Néanmoins, il est préférable d'ajouter des rétenteurs d'eau pour éviter ultérieurement les efflorescences et l'apparition de laitance.

Pour les mêmes raisons, il est souhaitable d'humidifier le moins possible les supports anciens ou les supports en ciment.

Dans le cas où un badigeon doit être appliqué sur une maçonnerie neuve ou sur un mortier de reprise, il ne pourra être appliqué avant le complet séchage du support.

Les eaux fortes et les patines peuvent être appliquées sur des supports frais.

Elles permettent ainsi une gamme très étendue de colorations, puisqu'elles peuvent tolérer des concentrations de pigments importantes.

Quand elles sont appliquées à frais (a fresco), elles ne sont pas adjuvantées. Quand elles sont appliquées à sec (a secco) elles sont adjuvantées, et fonctionnent avec les mêmes précautions d'application que les badigeons.

3^e partie

Le nuancier des couleurs du Var

Les couleurs utilisées dans le département du Var se basent sur les six terres naturelles :

Ocre rouge - Ocre jaune
Terre de sienne - Terre de sienne calcinée
Terre d'ombre - Terre d'ombre calcinée

La palette présentée ci-après montre les principales couleurs, ainsi que leurs dosages auxquels il y aurait lieu d'ajouter les mélanges et combinaisons, afin d'accroître la gamme des couleurs.

Un intérêt de l'utilisation des terres naturelles est la simplicité d'usage et la cohérence interne permettant une parfaite harmonie des compositions de façades finales.

Les couleurs à base d'oxydes métalliques sont à utiliser avec prudence, leur dosage et leur intégration dans une harmonie générale de façade est difficile et délicate. Toutefois, des applications locales peuvent être trouvées.

Terre Ombre Naturelle

Terre Ombre Calciné

Terre Sienne Calciné

Ocre Rouge

Terre Sienne Naturelle

5 %



15 %



20 %



25 %



Ocre Jaune



Oxyde Noir



Le Président du CAUE du Var, adresse ses remerciements aux personnes, institutions et partenaires ayant participé à la préparation du volet "Recommandations techniques pour la réhabilitation", pour leur apport de connaissances techniques, leur collaboration à la réalisation de ce document.



Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement du Var

Palais de la Liberté - 17 place de la Liberté - B.P. 5512 - 83098 TOULON Cedex - Tél. 04 94 22 65 75 - Fax 04 94 22 65 79