



# OUVRAGES DE PIERRE DE TAILLE

Février 2003

- 
- Fascicule technique
  - Cahier des clauses techniques particulières
  - Mode de mètre
  - Bordereau de prix unitaire

MINISTERE DE LA CULTURE ET DE LA COMMUNICATION

DIRECTION DE L'ARCHITECTURE ET DU PATRIMOINE

# OUVRAGES EN PIERRE DE TAILLE

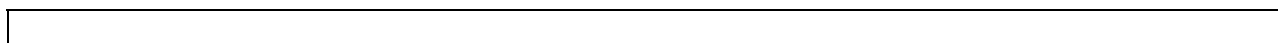
Juillet 2003

**Sous-direction des monuments historiques  
Mission études et travaux**

Le présent document a été actualisé par la mission études et travaux de la sous-direction des monuments historiques en collaboration avec :

- Le laboratoire de recherche des monuments historiques représenté par,  
**Madame Véronique VERGES-BELMIN**  
**Monsieur Jean-Didier MERTZ**
- Les conservateurs régionaux des monuments historiques,  
**Monsieur Jean-Michel BRIOIST, représenté par M. Jean-Marc SIMONET**
- La compagnie des architectes en chef des monuments historiques représentée par,  
**Monsieur Pierre COLAS**  
**Monsieur François VOINCHET**
- Le groupement des vérificateurs des monuments historiques représenté par,  
**Monsieur Jacques DESMARQUEST**
- L'association nationale de architectes des bâtiments de France représentée par,  
**Monsieur Frédéric AUBANTON**
- Le groupement français des entreprises de restauration de monuments historiques représenté par,  
**Monsieur Patrick CLOUZEAU**  
**Monsieur Jean-Marie FANTIN**
- La confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment représentée par,  
**Monsieur André COTTENCEAU**  
**Monsieur Gilles CHAMBARAUD**
- Les ingénieurs des services culturels et du patrimoine représentés par,  
**Monsieur Bernard VELLA**
- L'Association française de normalisation (AFNOR) représentée par,  
**Madame Claude PATROUILLEAU**

**Juillet 2003**



# SOMMAIRE

<b>LIVRE I – FASCICULE TECHNIQUE.....</b>	<b>11</b>
CHAPITRE 1 – OBJET DU PRÉSENT DOCUMENT .....	12
CHAPITRE 2 – TERMINOLOGIE .....	12
CHAPITRE 3 – DOCUMENTS TECHNIQUES CONTRACTUELS .....	12
CHAPITRE 4 – DÉFINITIONS ET QUALITÉS DES MATÉRIAUX CONSTITUANT LES MORTIERS .....	13
4.1 – <i>Liants</i> .....	13
4.1.1 – Chaux .....	13
4.1.2 – Plâtres .....	15
4.1.3 – Ciments .....	15
4.1.4 – Ciments à maçonner .....	16
4.2 – <i>Granulats</i> .....	16
4.2.1 – Terminologie, définition .....	16
4.2.2 – Classification, provenance .....	16
4.2.3 – Propriétés .....	16
4.2.4 – Granulats particuliers .....	17
4.3 – <i>Eau</i> .....	17
4.3.1 – Définition, rôle .....	17
4.3.2 – Propriétés .....	17
4.4 – <i>Produits d'ajouts</i> .....	18
4.4.1 – Pigments .....	18
4.5 – <i>Produits adjuvants</i> .....	18
4.5.1 – Amélioration des propriétés de mise en œuvre .....	18
4.5.2 – Amélioration des propriétés des mortiers .....	18
4.6 – <i>Matériaux non normalisés</i> .....	19
CHAPITRE 5 – QUALITÉS DES PIERRES.....	21
5.1 – <i>Spécifications auxquelles les pierres doivent satisfaire</i> .....	21
5.1.1 – Présentation d'échantillons .....	21
5.1.2 – Provenance .....	21
5.1.3 – Aspect .....	21
5.1.4 – Caractéristiques physiques .....	22
5.1.5 – Teneur en eau de livraison .....	22
5.1.6 – Clause particulière relative aux ouvrages en grès .....	22
5.2 – <i>Contrôle avant la commande de la qualité de la pierre</i> .....	22
5.3 – <i>Contrôle de la qualité des pierres</i> .....	22
5.3.1 – Provenance .....	22
5.3.2 – Aspect .....	22
5.3.3 – Caractéristiques physiques .....	22
5.3.4 – Mesures d'identification .....	23
5.3.5 – Méthode simplifiée de reconnaissance .....	23
5.3.6 – Caractéristiques physiques .....	23
5.3.7 – Teneur en eau .....	23
5.3.8 – Prise en charge et nombre de contrôle .....	23
5.4 – <i>Caractéristiques géométriques</i> .....	24
CHAPITRE 6 – MONTAGE DE MURS EN PIERRE.....	25
6.1 – <i>Travaux préparatoires</i> .....	25
6.2 – <i>Montage en partie courante des maçonneries de pierre</i> .....	25
6.2.1 – Méthode de pose par fichage du mortier .....	25
6.2.2 – Coulage du joint au godet .....	25
6.2.3 – Méthode de pose à bain soufflant de mortier .....	26
6.2.4 – Pose au plomb .....	26
6.2.5 – Clauses particulières à la pose des ouvrages en grès, granite et pierre volcanique .....	26
CHAPITRE 7 – NETTOYAGE DES FAÇADES .....	27
7.1 – <i>Etude préalable à un nettoyage</i> .....	27
7.2 – <i>Nettoyage à l'eau claire</i> .....	31
7.2.1 – Ruissellement et nébulisation .....	31
7.2.2 – Systèmes d'injection-extraction .....	32
7.3 – <i>Nettoyage par procédé cryogénique</i> .....	32

7.4 – Nettoyage par sablage fin hydro-abrasion et abrasion à sec .....	33
7.4.1 – Nettoyage par abrasion à sec .....	33
7.4.2 – Nettoyage par hydro-abrasion.....	34
7.5 – Nettoyage par micro-abrasion à sec .....	34
7.6 – Nettoyage par application de compresses.....	35
7.6.1 – Cataplasmes .....	35
7.6.2 – Les films pelables .....	36
7.7 – Nettoyage par technique laser.....	36
7.8 – Elimination des graffitis .....	38
CHAPITRE 8 – DESSALEMENT DES MAÇONNERIES .....	41
8.1 – Dessaler ou ne pas dessaler ?.....	41
8.2 – Méthodes alternatives .....	42
8.2.1 – Contrôle de l’environnement .....	42
8.2.2 – Inactivation par insolubilisation.....	43
8.3 – Élimination mécanique à sec.....	43
8.4 – Méthode des compresses .....	43
8.4.1 – Principe .....	43
8.4.2 – Paramètres .....	43
8.4.2.1 – Nature et propriétés des compresses .....	43
8.4.2.2 – Les grands types de matériaux utilisés pour confectionner des compresses .....	44
8.4.3 – Avantages, inconvénients et recommandations .....	46
8.5 – Contrôle d’un dessalement par compresses .....	47
CHAPITRE 9 – RENFORCEMENT STRUCTUREL .....	51
9.1 – Coulis et injection de mortier.....	51
9.1.1 – Objet du présent chapitre .....	52
9.1.2 – Nature des produits constituant les coulis .....	52
9.1.2.1 – Les coulis de plâtre, de chaux ou de ciment.....	52
9.1.3 – Etude préalable d’injectabilité.....	53
9.1.3.1 – Etude de la maçonnerie existante .....	53
9.1.3.2 – Une étude du ou des coulis en laboratoire.....	53
9.1.3.3 – Epreuve de convenance sur chantier .....	53
9.1.4 – Vérification du parement et de la base de la maçonnerie avant injection .....	53
9.1.5 – Injection du ou des coulis .....	54
9.1.6 – Contrôle de l’injection.....	54
9.2 – Renforcement et consolidation à base de résines.....	55
CHAPITRE 10 – TRAITEMENTS DE SURFACE.....	57
10.1 – Note générale .....	57
10.2 – Patines.....	57
10.3 – Badigeon au lait de chaux.....	57
10.4 – Traitement biocide .....	58
10.5 – Hydrofugation .....	60
10.5.1 – Conditions préalables.....	60
10.5.2 – Définition et fonctions .....	60
10.5.3 – Etude de laboratoire .....	61
10.6 – Ragréage .....	63
10.7 – Antigraffiti .....	64
10.8 – Biominéralisation.....	65
10.9 – Traitements consolidants .....	66
CHAPITRE 11 – DALLAGE EN PIERRE.....	71
11.1 – Dépose de dallage .....	71
11.1.1 – Relevés, examens.....	71
11.1.2 – Travaux de dépose .....	71
11.1.3 – Conservation .....	71
11.2 – Réalisation de dallages en pierres naturelles anciennes. ....	71
11.2.1 – Etudes préliminaires .....	72
11.2.2 – Relevés.....	72
11.2.2.1 – Examens.....	72
11.2.2.2 – Essais - mesures .....	72
11.2.3 – Cahier des charges .....	73
11.3 – Réalisation de dallage en pierre naturelles neuves.....	73
CHAPITRE 12 – DÉROGATIONS AUX DOCUMENTS GÉNÉRAUX.....	75
CHAPITRE 13 – NORMES ET RÈGLEMENTS .....	77

13.1 – Fiches de normes de produits et de mise en œuvre.....	77
13.2 – Fiches de normes d'essais .....	100
13.3 – Arrêté du 13 janvier 2003 – Cahier des Clauses Techniques Générales .....	111
13.4 – Décret n° 84-74 du 26 janvier 1984 - Normalisation.....	114
CHAPITRE 14 – ANNEXES .....	121
14.1 – Bibliographie sommaire .....	121
14.2 – Glossaire.....	123

## **LIVRE II – CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES ..... 127**

CHAPITRE 1 – CLAUSES COMMUNES PROPRES AU CHANTIER .....	131
1.1 – Objet du chantier .....	131
1.2 – Installations communes de chantier.....	131
1.3 – Sujétions liées à l'exploitation de l'édifice .....	132
CHAPITRE 2 – CLAUSES GÉNÉRALES PROPRES AU PRÉSENT LOT .....	133
2.1 – Objet des travaux.....	133
2.2 – Documents techniques contractuels.....	133
2.3 – Echafaudages.....	133
2.4 – Sujétions particulières d'exécution des ouvrages.....	133
2.5 – Protection des existants .....	133
CHAPITRE 3 – DESCRIPTION DES OUVRAGES EN PIERRE CALCAIRE.....	135
3.1 – Cintrage .....	135
3.2 – Dépose de pierre.....	135
3.2.1 – Dépose de pierre en démolition.....	136
3.2.2 – Dépose de pierre en conservation.....	137
3.2.3 – Dépose de pierre par abattage .....	138
3.2.4 – Dépose de pierre par recoupement.....	138
3.2.5 – Dépose de pierre par refouillement .....	139
3.2.6 – Dépose de pierre par évidement .....	139
3.3 – Ouvrages en pierre neuve .....	140
3.3.1 – Fourniture de pierre neuve en blocs .....	140
3.3.2 – Tailles de pierre neuve provenant du débit des blocs.....	142
3.3.3 – Pose de pierre neuve en blocs .....	142
3.3.4 – Ouvrages répétitifs et ceux tournés ou taillés mécaniquement.....	143
3.3.5 – Bouchons en pierre neuve .....	146
3.4 – Ouvrages sur pierre vieille .....	146
3.4.1 – Récupération de pierre vieille .....	147
3.4.2 – Retouches des arêtes sur pierre vieille .....	147
3.4.3 – Retaillages des lits et joints sur pierres vieilles.....	147
3.4.4 – Réfection des parements sur pierres vieilles .....	148
3.4.5 – Taille au sol de pierre vieille.....	148
3.4.6 – Taille en œuvre de pierre vieille.....	149
3.4.7 – Pose de pierre vieille.....	149
3.4.8 – Rejointoiement sur pierre vieille en place.....	150
3.5 – Consolidations .....	151
3.5.1 – Armatures métalliques des ragréages au mortier.....	151
3.5.2 – Goujons et agrafes.....	152
3.5.3 – Collage aux résines .....	152
3.5.4 – Coulis et injections de mortier .....	153
3.5.4.1 – Etude d'injectabilité .....	153
3.5.4.1.1 – Etude de la maçonnerie .....	153
3.5.4.1.2 – Etude du ou des coulis en laboratoire .....	154
3.5.4.1.3 – Epreuve de convenance sur chantier .....	154
3.5.4.2 – Injection du ou des coulis.....	155
3.5.4.2.1 – Vérification du parement et des maçonneries avant injection.....	155
3.5.4.2.1.1 – Etanchéité des joints .....	155
3.5.4.2.1.2 – Vérification des parties enterrées.....	155
3.5.4.2.2 – Confortation interne des maçonneries par injection de coulis .....	156
3.5.4.3 – Contrôle de l'injection.....	157
3.6 – Traitements de surface.....	158
3.6.1 – Patine .....	158
3.6.2 – Badigeon au lait de chaux .....	158
3.6.3 – Traitement biocide .....	159
3.6.4 – Hydrofugation.....	159

3.6.5 – Antigraffiti .....	160
3.6.6 – Biominéralisation .....	161
3.6.6.1 – Biominéralisation en protection de surface .....	161
3.6.6.2 – Mortier biominéral .....	162
3.6.7 – Ragréage .....	162
3.6.8 – Traitements consolidants .....	163
3.7 – Dessalement .....	164
3.7.1 – Elimination mécanique à sec .....	164
3.7.2 – Méthode des compresses .....	164
Localisation .....	164
3.8 – Nettoyages des façades .....	164
3.8.1 – Travaux préliminaires .....	165
3.8.2 – Dépoussiérage .....	165
3.8.3 – Brossage .....	165
3.8.4 – Nettoyage à l'eau claire .....	165
3.8.5 – Nettoyage par hydro-abrasion .....	166
3.8.6 – Nettoyage par abrasion à sec .....	166
3.8.7 – Nettoyage par micro-abrasion .....	166
3.8.8 – Nettoyage par application de compresses .....	167
3.8.8.1 – Les cataplasmes .....	167
3.8.8.2 – Les films pelables .....	167
3.8.9 – Nettoyage laser .....	168
3.8.10 – Opération de dégraffitage .....	168
3.8.11 – Débadigeonnage courant .....	169
3.8.12 – Débadigeonnage sur anciens fonds .....	170
3.8.13 – Décapage de peintures .....	170
3.9 – Dallages sols .....	170
3.9.1 – Démolition de dalles de pierre pour revêtements horizontaux en conservation des supports .....	170
3.9.2 – Dépose de dalles de pierre en conservation .....	171
3.9.3 – Démolition de plinthe en pierre .....	172
3.9.4 – Fourniture de dalles de pierre neuve pour revêtements horizontaux .....	172
3.9.5 – Pose de dalles de pierre neuve pour revêtements horizontaux .....	173
3.9.6 – Incorporation d'éléments décoratifs dans les dallages .....	174
3.9.7 – Tailles complémentaires .....	175
3.9.8 – Plinthes en dalle de pierre neuve .....	175
3.9.9 – Récupération de dalles en pierre vieille .....	176
3.9.10 – Refaçonnage de dalles en pierre vieille .....	176
3.9.11 – Pose de dalles de pierre vieille pour revêtements horizontaux .....	177
3.10 – Escalier .....	178
3.10.1 – Dépose sans conservation de marches et contremarches en pierre en conservation des supports .....	178
3.10.2 – Dépose en conservation de marches et contremarches en pierre .....	178
3.10.3 – Marches et contremarches en pierre neuve .....	179
3.11 – Evacuation des gravois .....	180
3.11.1 – Evacuation des gravois aux décharges .....	180
3.11.2 – Evacuation des gravois aux décharges avec tri préalable .....	181
CHAPITRE 4 – CLAUSES SPECIFIQUES AUX OUVRAGES EN GRES, GRANIT ET PIERRE VOLCANIQUE .....	182
4.1 – Ouvrages en grès .....	182
4.1.1 Clause générale .....	182
4.1.2 Fourniture de pierres neuves .....	182
4.1.3 – Taille de pierre .....	183
4.1.4 – Contrôle de la qualité des pierres .....	183
4.2 – Ouvrages en granit ou en pierre volcanique .....	184
4.2.1 – Fourniture de pierres neuves .....	184
Prescriptions, dispositions générales .....	184
4.2.2 – Contrôle de la qualité des pierres .....	185
CHAPITRE 5 – CONTROLES ET TOLERANCES DES OUVRAGES FINIS .....	187
5.1 – Note générale .....	187
5.2 – Contrôle de la qualité des pierres .....	187
5.3 – Contrôle de la composition des mortiers de pose, de jointoiement et rejointoiement .....	187
5.4 – Tolérances des ouvrages finis .....	188
CHAPITRE 6 – DEROGATIONS AUX DOCUMENTS GENERAUX .....	189
CHAPITRE 7 – ANNEXES .....	191
7.1 – Bordereau de traitement : .....	191

7.2 – Bordereau de nettoyage : .....	192
<b>LIVRE III - MODE DE MÉTRÉ .....</b>	<b>193</b>
CHAPITRE 1 – INSTALLATIONS COMMUNES DE CHANTIER ET ECHAFAUDAGES .....	195
CHAPITRE 2 – CINTRAGES.....	195
CHAPITRE 3 – DEPOSE DE LA PIERRE.....	195
CHAPITRE 4 – FOURNITURE DE PIERRE NEUVE .....	196
CHAPITRE 5 – TAILLE DE PIERRE GENERALITES .....	196
CHAPITRE 6 – TAILLES DE PIERRES NEUVES PROVENANT DU DÉBIT DES BLOCS.....	197
CHAPITRE 7 – CROQUIS EXPLICATIFS .....	200
CHAPITRE 8 – POSE DE PIERRES NEUVES OU VIEILLES .....	201
CHAPITRE 9 – BOUCHONS EN PIERRE NEUVE .....	201
CHAPITRE 10 – FACONS SUR PIERRES VIEILLES NON FOURNIES .....	201
CHAPITRE 11 – JOINTOIEMENT - REJOINTOIEMENT.....	202
CHAPITRE 12 – RAGREAGE AU MORTIER.....	202
CHAPITRE 13 – GOIJONS ET AGRAFES.....	203
CHAPITRE 14 – COLLAGE AUX RESINES.....	203
CHAPITRE 15 – HYDROFUGATION - PATINE - BROSSAGE - TRAITEMENT .....	203
CHAPITRE 16 – DEPOSE DE DALLES DE PIERRE (EN DÉMOLITION OU EN CONSERVATION) .....	204
CHAPITRE 17 – DALLES DE PIERRE NEUVE POUR REVETEMENTS HORIZONTAUX .....	204
CHAPITRE 18 – DALLES DE PIERRE NEUVE POUR PLINTHE .....	204
CHAPITRE 19 – RECUPERATION DE DALLES EN PIERRE VIEILLE.....	204
CHAPITRE 20 – REFAÇONNAGE DE DALLES EN PIERRE VIEILLE .....	205
CHAPITRE 21 – REFAÇONNAGE POSE DE DALLES EN PIERRE VIEILLE .....	205
CHAPITRE 22 – REFAÇONNAGE DEPOSE DE MARCHE ET CONTREMARCHE EN PIERRE .....	205
CHAPITRE 23 – REFAÇONNAGE EN PIERRE NEUVE.....	205
CHAPITRE 24 – EVACUATION DES GRAVOIS AUX DECHARGES .....	205
CHAPITRE 25 – FRAIS DE CONTROLE .....	206
<b>LIVRE IV - BORDEREAU DE PRIX UNITAIRE - DÉTAIL ESTIMATIF .....</b>	<b>207</b>



# **LIVRE I –FASCICULE TECHNIQUE**



## **CHAPITRE 1 – OBJET DU PRESENT DOCUMENT**

Le présent fascicule technique est destiné à déroger à certaines règles et normes de la construction, et dans ce cas, compléter les documents en vigueur par des prescriptions en usage pour les travaux de pierre relatifs à la restauration des monuments historiques.

## **CHAPITRE 2 – TERMINOLOGIE**

Dans les documents particuliers des marchés, sont appelés :

- ACHM : Architectes en Chef des Monuments Historiques ;
- LRMH : Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques ;
- CCTG : Cahier des Clauses Techniques Générales ;
- CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières ;
- CCAG : Cahier des Clauses Administratives Générales ;
- CCAP : Cahier des Clauses Administratives Particulières ;
- BPU-DE : Bordereau de Prix Unitaires - Détail Estimatif ;
- DPGF : Décomposition du Prix Global et Forfaitaire ;
- CCS : Cahier des Clauses Spéciales attaché au DTU ;
- DTU : Documents Techniques Unifiés ;
- NF : Normes Françaises ;
- EN : Normes Européennes ;
- ISO : Normes Internationales.

## **CHAPITRE 3 – DOCUMENTS TECHNIQUES CONTRACTUELS**

Le présent fascicule technique constitue un document contractuel, en complément des pièces à viser au marché dans le CCAP.



## CHAPITRE 4 – DEFINITIONS ET QUALITES DES MATERIAUX CONSTITUANT LES MORTIERS

Les mortiers sont constitués par malaxage de sable, d'un liant et d'eau avec l'addition éventuelle de produits d'ajouts ou de produits adjuvants.

Les matériaux doivent faire l'objet, avant leur mise en œuvre, de précautions particulières sur leur conservation et leur conditionnement, de façon notamment à prévenir un apport parasite, extrêmement préjudiciable, de sels, ou autres composés chimiques ou organiques.

### 4.1 – LIANTS

Matières qui ont pour propriété d'assembler par "collages" des matériaux inertes.

#### 4.1.1 – CHAUX

##### Définition

**Chaux** : terme général qui englobe des formes physiques et chimiques de divers types dans lesquels apparaîtront de l'oxyde de calcium et de magnésium et/ou de l'hydroxyde de calcium et de magnésium. Les chaux sont obtenues par calcination du calcaire avec réduction en poudre par extinction.

**Chaux de construction** : liants dont les principaux composants, analysés chimiquement, sont les oxydes et hydroxydes de calcium ( $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), pouvant comprendre des quantités moindres de magnésium ( $\text{MgO}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ), de silicium ( $\text{SiO}_2$ ), d'aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) et de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

**Chaux aériennes (éteintes) – CL -** : chaux constituées d'hydroxyde de calcium qui durcissent lentement sous l'effet du dioxyde de carbone présent dans l'air.

**Chaux hydrauliques – HL - et chaux hydraulique naturelles – NHL -** : chaux constituées principalement de silicates de calcium, d'aluminates de calcium et d'hydroxyde de calcium produites par la calcination, l'extinction et le broyage de calcaires argileux et/ou par le mélange avec de l'hydroxyde de calcium de matériaux appropriés.

Au contact de l'eau, elles ont la propriété de faire prise et de durcir. Le dioxyde de carbone présent dans l'air contribue également au processus de durcissement. Elles contiennent au moins 12 % en masse de chaux libre non liée (voir tableau 1 et 4.7 de la norme NF EN 459-2).

Les chaux obtenues par la calcination de calcaire plus ou moins argileux ou siliceux, avec réduction en poudre par extinction, avec ou sans broyage, sont appelées "chaux hydrauliques naturelles" (NHL).

Les chaux hydrauliques naturelles auxquelles on additionne de façon appropriée des matériaux pouzzolaniques ou hydrauliques jusqu'à 20 %, sont désignées par NHL-Z.

## **Les types de chaux de construction**

### **Classification**

Les différents types de chaux de construction sont classés en fonction de leur teneur en (CaO + MgO) ou, dans le cas des chaux hydrauliques, de leur résistance à la compression comme suit :

- chaux calcique 90 .....CL 90
  - chaux calcique 80 .....CL 80
  - chaux calcique 70 .....CL 70
  - chaux dolomitique 85 .....DL 85
  - chaux dolomitique 80 .....DL 80
  - chaux hydraulique 2 .....HL 2
  - chaux hydraulique 3,5 .....HL 3,5
  - chaux hydraulique 5 .....HL 5
  - chaux hydraulique naturelle 2 .....NHL 2
  - chaux hydraulique naturelle 3,5 .....NHL 3,5
  - chaux hydraulique naturelle 5 .....NHL 5
- } ex. XHN

NOTE : Les chaux calciques et les chaux dolomitiques recouvrent les chaux vives, les chaux éteintes, les chaux partiellement et totalement hydratées.

### **Désignation**

Les chaux de construction doivent être identifiées par le type (voir Article 4.1 - Liants - du présent Fascicule Technique) et par leur état : (vive ou éteinte) pour les chaux aériennes.

Exemple 1 : chaux calcique 90 éteinte est identifiée par “ CL 90. NF P 15-311 ” hydratée (ancienne CAEB).

Exemple 2 : chaux hydraulique 5 est identifiée par “ HL 5. NF P 15 -311 ”.

Exemple 3 : chaux hydraulique naturelle pure 3,5 est identifiée par “ NHL 3,5, NF P 15-311.

### **Marquage**

Les chaux de construction conformes au présent document doivent porter un marquage sur le sac, si vendues en sac, ainsi que sur le bon de livraison, sur la facture, ou sur tout autre document joint à la livraison, avec les indications suivantes :

- 1) le type de chaux de construction.
- 2) l'appellation commerciale du type de chaux de construction (si différente du type).
- 3) le lieu de fabrication.
- 4) le poids brut (si le conditionnement est en sac).
- 5) l'état d'hydratation - vive - semi-hydratée, hydratée (éteinte).

**Normes**

NF P 15.311 Janvier 1996 - Chaux de construction. Définition - Spécifications et critères de conformités.

**4.1.2 – PLATRES****Définition**

Sulfate de calcium ou gypse  $\text{Ca SO}_4, 2 \text{ H}_2 \text{ O}$  déshydraté par cuisson modérée puis broyé. Réhydraté, il faut faire par cristallisation.

**Type de plâtre**

Désignation complète :

- plâtre gros de construction PGC1 NF B 12-301 ;
- plâtre gros de construction PGC2 NF B 12-301 ;
- plâtre fin de construction PFC1 NF B 12-301 ;
- plâtre fin de construction PFC2 NF B 12-301.

**Normes**

NFB 12.301 Août 1963 - Plâtre de construction.

**Précaution**

Il est important de bien humidifier les pierres, avant la mise en œuvre du plâtre, afin d'éviter une dessiccation trop rapide.

**4.1.3 – CEMENTS**

**Le ciment ne pourra être utilisé que dans des cas très particuliers, suivant les spécifications de l'architecte.**

**Définitions**

Liant hydraulique obtenu à partir de clinker finement broyé.

Les ciments présentent des caractéristiques mécaniques beaucoup plus élevées que les chaux.

**Normes et type de ciment**

NFP 15.307 Octobre 1969 - Ciment à Maçonner

NFP 15.315 Avril 1991 - Liants hydrauliques - Ciment alumineux fondu.

NFP 15.314 Février 1993 - Liants hydrauliques - Ciment prompt naturel.

NFP 15.301 Juin 1994 - Liants hydrauliques - Ciments courants - Composition, spécifications et critères de conformité.

NFP 15.306 Octobre 1994 - Ciment laitier à la chaux.

NFP 15.302 Septembre 1995 - Liants hydrauliques - Ciments à usage tropical - Composition, spécifications et critères de conformité.

NFP 15.317 Septembre 1995 - Liants hydrauliques - Ciments pour travaux à la mer.

NFP 15.318 Septembre 1995 - Liants hydrauliques - Ciments à faible chaleur d'hydratation initiale et à teneur en sulfures limitée.

#### **4.1.4 - CEMENTS A MAÇONNER**

(anciennement chaux artificielles)

Dans la nouvelle norme NFP 15.311, les anciennes chaux hydrauliques artificielles n'ont plus le droit à l'appellation de chaux mais de ciment à maçonner.

##### **Définition**

Produits obtenus par mélange de clinkers et de matériaux appropriés, leur principe actif n'est pas fondé sur la présence de chaux libre.

##### **Normes et types**

NFP 15.312 Octobre 1969 - Chaux hydrauliques artificielles.

### **4.2 – GRANULATS**

#### **4.2.1 – TERMINOLOGIE, DEFINITION**

Les granulats sont des charges inertes qui rentrent dans la composition des mortiers afin :

- de diminuer les phénomènes de retrait (donnent du volume au mortier) ;
- d'augmenter la résistance (par leur dureté et par l'armature qu'ils forment) ;
- de réduire la quantité de liant.

Les granulats utilisés pour la réalisation des mortiers sont les sables (plus ou moins gros) et/ou des granulats particuliers.

#### **4.2.2 – CLASSIFICATION, PROVENANCE**

Les granulats sont caractérisés par leur courbe granulométrique (Norme NFP 18 304), on parle de :

- sable pour des granulométries comprises entre 0,1-6,5 mm ;
- graviers pour des granulométries comprises entre 4-10 mm (voir 30 mm) ;
- cailloux pour des granulométries supérieures à 30 mm.

Pour les mortiers d'enduits, les sables peuvent provenir :

- du lit des rivières ;
- de carrières par concassage.

Les sables proviennent de la décomposition de roche et sont le plus souvent siliceux ou siliceux calcaire, très rarement calcaires (sauf poudre de marbre...).

#### **4.2.3 – PROPRIETES**

Le sable utilisé pour réaliser des mortiers d'enduits doit :

1. comporter une courbe granulométrique (granulats de taille différente) répartie ; la norme NF.P 15-201-1 référencée DTU 26-1, relative aux enduits, prévoit des sables dont la courbe granulométrique est comprise entre 0-3,15 mm. Traditionnellement, on observe des sables



plus grossiers, et dans ce cas, il convient de faire des essais de convenance. A l'inverse, un sable trop fin et un dosage important entraînent du retrait, ce sont donc des sables à utiliser avec prudence et sur de faibles épaisseurs ; c'est notamment le cas des sables dits " sable à lapin ". Il conviendra de les associer avec des chaux aériennes permettant un resserrage successif de l'enduit. Dans tous ces cas, des essais de convenance sont à réaliser.

2. être propre : la norme NF.P 15-201-1 référencée DTU 26-1 prévoit que les sables ne doivent pas comprendre plus de 5 % d'éléments très fins comme les argiles, terre végétale, charbons.... Pour contrôler la propriété des sables on peut réaliser le test de l'équivalent de sable.
3. être inerte : le sable utilisé doit être chimiquement inerte. Il faut éviter tous sols comportant des sels, des déchets organiques... Dans le cas de sable peu sûr, il sera nécessaire de réaliser des tests de convenance, notamment dans le cas de sable de mer qui peut nécessiter un lavage à l'eau douce.
4. être homogène : pour la réalisation de chantier d'enduit et afin d'obtenir une bonne homogénéité un approvisionnement global et unique du chantier doit être recherché.

#### **4.2.4 – GRANULATS PARTICULIERS**

Certains granulats sont recherchés pour leur réaction avec la chaux ; c'est principalement le cas de la réaction pouzzolanique dans laquelle les silicates et aluminates de granulat réagissent avec la chaux et l'eau de gâchage pour former un hydrate stable (hydraulicité des mortiers).

Parmi ces principaux granulats, on peut citer :

- tuileau, tuiles, pouzzolanes, cendres, brique pilée, etc ;
- certaines poudres de pierre (marbre notamment), talc ;
- certains limons ou argiles sont utilisés en complément, notamment pour la coloration.

### **4.3 – EAU**

#### **4.3.1 – DEFINITION, ROLE**

L'eau rentre dans la composition des mortiers et du plâtre afin de rendre plastique les mélanges poudreux, de permettre la carbonatation des chaux (dissolution du gaz carbonique), de permettre la prise des chaux hydrauliques.

#### **4.3.2 – PROPRIETES**

L'eau doit être propre, et conforme à la norme NFP 18.303. Il est conseillé d'utiliser l'eau potable.

Dans le cas contraire, il convient d'être attentif à ne pas utiliser les eaux chargées en sels solubles (sulfates, nitrates, chlorure).

Dans le cas de l'eau de mer dont l'usage traditionnel est attesté mais qui est a priori proscrite, il est nécessaire d'effectuer des essais de tenue et d'aspect (possibilité d'apparition de nuances, d'efflorescences).

## **4.4 – PRODUITS D'AJOUTS**

Certains produits peuvent être ajoutés au mortier afin de modifier ses propriétés, c'est notamment le cas pour :

- les pigments ;
- les armatures (fibre pour ragréage ex : polypropylènes) ;
- les liants complémentaires.

### **4.4.1 – Pigments**

Les pigments sont des poudres colorées, insolubles, d'origine minérale.

Ils sont utilisés traditionnellement pour peindre des parements en les mélangeant à un lait de chaux.

Aujourd'hui on les utilise aussi en les mélangeant au mortier pour les colorer dans la masse, dans ce cas la norme NF.P 15-201-1 référencée DTU 26.1 prévoit de ne pas dépasser 3 % du poids de chaux, mais on peut y déroger en fonction de la granulométrie et de la propreté du sable.

L'emploi de ces pigments oblige à contrôler leur tenue en milieu alcalin (compatibilité avec la chaux), celle-ci est très bonne pour les terres naturelles et les ocres, elle doit être vérifiée dans le cas d'oxyde métallique ou de tout autre produit colorant.

## **4.5 – PRODUITS ADJUVANTS**

Certains produits appelés “ adjuvants ” peuvent être incorporés aux mortiers dans des quantités très faibles ( $\leq 1$  % du poids de liant ) afin d'en améliorer les propriétés.

### **4.5.1 – AMELIORATION DES PROPRIETES DE MISE EN ŒUVRE**

Les adjuvants utilisés peuvent améliorer l'ouvrabilité, la plasticité, la rétention d'eau, le caractère mouillant. Des produits traditionnels peuvent être employés, il convient cependant de réaliser, préalablement, des essais et de vérifier la non dégradation des propriétés des mortiers. Les adjuvants contemporains doivent être utilisés conformément aux normes et prescriptions du fabricant, il convient dans ce cas de vérifier la compatibilité avec la chaux (milieux alcalins).

### **4.5.2 – AMELIORATION DES PROPRIETES DES MORTIERS**

Les adjuvants utilisés peuvent améliorer la tenue, la dureté, l'entraînement d'air, les propriétés hydrofuges du mortier. Ces adjuvants peuvent être des produits traditionnels, il convient cependant de réaliser des essais préalablement et de vérifier la non dégradation des propriétés des mortiers. Les adjuvants contemporains doivent être utilisés conformément aux normes et prescriptions du fabricant, il convient dans ce cas de vérifier la compatibilité avec la chaux (milieux alcalins).

## **4.6 – MATERIAUX NON NORMALISES**

Ce sont des contraintes d'ordre historique, de conformité d'aspect, de compatibilité avec la structure qui imposent l'usage de matériaux non normalisés.

Les matériaux non normalisés ne sont mis en œuvre que sur stipulations du marché (CCTP). Ces matériaux seront employés avec prudence et après échantillonnage ou essais pour approbation. Ils peuvent être de toutes origines (liant, terre, végétale, animale etc...).

En cas de doute sur la bonne tenue de ces matériaux, il appartient à l'entreprise d'explicitier ses réserves par écrit au maître d'œuvre.

Dans le cas d'utilisation de ce type de matériaux des essais de convenance sont systématiquement effectués, l'entreprise se devant de fournir, s'ils existent les avis techniques ou les procès-verbaux d'essais de laboratoire référencés.



## CHAPITRE 5 – QUALITES DES PIERRES

### **5.1 – SPECIFICATIONS AUXQUELLES LES PIERRES DOIVENT SATISFAIRE**

#### **5.1.1 – PRESENTATION D'ECHANTILLONS**

Avant passation de sa commande, l'entrepreneur doit présenter au maître d'œuvre deux échantillons limites des pierres proposées.

La production de ces échantillons, dont les dimensions sont à fixer par le maître d'œuvre, sont à la charge de l'entreprise.

Après acceptation par les parties, ces échantillons demeurent sur le chantier pour permettre le contrôle ultérieur des pierres dont l'aspect (couleur, forme et disposition des éléments constitutifs) doit se situer dans les fourchettes matérialisées par les échantillons.

#### **5.1.2 – PROVENANCE**

La provenance des pierres devra être indiquée et répondre aux urgences du CCTP.

#### **5.1.3 – ASPECT**

La pierre doit être exempte des défauts suivants :

- fils ou poils (matière terreuse en veines minces) ;
- moyes (matière terreuse remplissant des cavités) ;
- arêtes, pouffes (la pierre s'égrène à l'humidité ou sous le choc de l'outil) ;
- bousin (partie tendre interposée entre les lits de carrière) ;
- cendrures ou terrasses (fente ou cavité remplie d'une matière étrangère pulvérulente) ;
- clous (rognons très durs qui rendent la taille très difficile) ;
- fissures, pouvant être très fines, d'origine naturelle ou artificielle (usage de la poudre ou d'outils pneumatiques ou mécaniques suivant la nature de la pierre).

Toutefois, certains de ces défauts, s'ils sont connus et existants dans la pierre d'origine et n'altèrent pas les caractéristiques indiquées au CCTP, peuvent être admis.

Les particularités telles que veinage, coquilles, géodes<sup>8</sup>, crapauds, trous, nœuds, strates, verriers, oxydes et pyrites de fer peuvent être considérées comme acceptables s'ils restent à un degré de simple différence de nuance.

---

<sup>8</sup> Cavité intérieure d'une roche tapissée de cristaux.

#### **5.1.4 – CARACTERISTIQUES PHYSIQUES**

Les caractéristiques physiques des pierres doivent être celles stipulées au CCTP.

#### **5.1.5 – TENEUR EN EAU DE LIVRAISON**

En période de risque de gel, sauf dispositions particulières du CCTP, pour diminuer les risques de détérioration par le gel, les pierres calcaires livrées sur chantier doivent avoir une teneur en eau inférieure ou au plus égale à 75% de la teneur en eau critique définie par la norme NF.B.10.512.

Cette clause n'est applicable qu'aux pierres calcaires.

#### **5.1.6 – CLAUSE PARTICULIERE RELATIVE AUX OUVRAGES EN GRES**

Les grès ne peuvent être mis en œuvre que dans des conditions telles que l'action du gel ne puisse altérer les pierres.

### **5.2 – CONTROLE AVANT LA COMMANDE DE LA QUALITE DE LA PIERRE**

Avant passation des commandes, l'entreprise doit obtenir de son fournisseur et transmettre au maître d'œuvre les procès-verbaux de moins de 5 ans attestant que les pierres répondent aux caractéristiques technologiques prescrites au CCTP. Tous les frais engendrés par la production de ces documents sont à la charge de l'entreprise.

### **5.3 – CONTROLE DE LA QUALITE DES PIERRES**

#### **5.3.1 – PROVENANCE**

L'entreprise doit, sur demande du maître d'œuvre, être en mesure de justifier de la carrière d'origine de la pierre et de sa localisation dans la carrière; à cet effet elle produira tous les justificatifs certifiés (pas de facture "pro-forma") lors de la constitution du dossier des ouvrages exécutés DDOE.

#### **5.3.2 – ASPECT**

Les pierres dont l'aspect est hors de la fourchette dont les limites sont données par les échantillons peuvent être refusées par le maître d'œuvre et remplacées par des pierres contractuellement acceptables.

#### **5.3.3 – CARACTERISTIQUES PHYSIQUES**

Le contrôle des caractéristiques physiques des pierres est fixé au CCTP, par référence aux méthodes et mesures définies ci-après.

### 5.3.4 – MESURES D'IDENTIFICATION

(selon dispositions de la XP B 10-601)

On procède au contrôle du numéro d'identification sur 5 éprouvettes.

Si l'écart par rapport à la médiane est supérieur d'un point au dessous de la valeur d'identification prescrite, le contrôle est renouvelé sur 5 éprouvettes.

Si l'écart est encore supérieur d'un point, la livraison peut être refusée par le maître d'œuvre.

Les mesures d'identification ne s'appliquent qu'aux pierres calcaires.

### 5.3.5 – METHODE SIMPLIFIEE DE RECONNAISSANCE

Le contrôle est effectué sur la base des deux mesures suivantes :

- porosité (selon dispositions de la NF.B.10.503) ;
- vitesses de propagation du son (selon disposition de la NF.B.10.505).

La fourniture des pierres est considérée comme acceptable lorsque les écarts constatés sont inférieurs à 20% des valeurs prescrites.

La méthode simplifiée de reconnaissance ne s'applique qu'aux pierres calcaires

### 5.3.6 – CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Il est procédé aux mesures des caractéristiques physiques prescrites au CCTP selon les dispositions des normes propres à chaque type d'essai.

Si l'un des résultats est inférieur aux valeurs prescrites, la livraison peut être refusée par le maître d'œuvre.

### 5.3.7 – TENEUR EN EAU

La mesure de teneur en eau, conformément aux dispositions de la norme, est effectuée sur 5 éprouvettes. C'est la médiane des valeurs mesurées qui est prise en considération.

Si la teneur en eau au moment de la livraison dépasse la teneur en eau critique, le maître d'œuvre peut imposer à l'entrepreneur et à ses frais le séchage des pierres. Ce séchage ne doit pas altérer l'aspect des pierres ni diminuer leurs caractéristiques physiques.

La mesure de teneur en eau ne s'applique qu'aux pierres calcaires.

### 5.3.8 – PRISE EN CHARGE ET NOMBRE DE CONTROLE

Le laboratoire chargé des contrôles, la nature et le nombre de contrôles sont indiqués au CCTP.

Tous les frais afférents à ces contrôles, qu'ils soient favorables ou non à l'entreprise, sont à la charge de l'entreprise et font l'objet d'un article spécial au BPU - DE ou DPGF.

Les contrôles complémentaires que le maître d'œuvre jugerait nécessaire de faire effectuer sont régis par l'article spécifique du CCAP.

## **5.4 – CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES**

Les dimensions géométriques des pierres sont celles stipulées au CCTP.

Sauf spécifications particulières du marché, les autres caractéristiques géométriques des pierres calcaires (tolérances, planéité, équerrage de 2 faces adjacentes) sont celles de la NF.B.10.401 (caractéristiques géométriques des pierres calcaires).

Les autres caractéristiques des grès et des granits non normalisées sont celles stipulées au CCTP.

Si les caractéristiques géométriques des pierres ne satisfont pas aux prescriptions du marché, la livraison peut être refusée par le maître d'œuvre .



## CHAPITRE 6 – MONTAGE DE MURS EN PIERRE

### 6.1 – TRAVAUX PREPARATOIRES

*Il est entendu que les lits de pose doivent être identifiés et orientés en fonction des contraintes à recevoir et du lit de carrière.*

La surface des lits et des joints de pierre doit être humidifiée avant pose (cette clause n'est pas applicable aux granits).

### 6.2 – MONTAGE EN PARTIE COURANTE DES MAÇONNERIES DE PIERRE

#### 6.2.1 – METHODE DE POSE PAR FICHAGE DU MORTIER

La pierre étant posée sur des litesaux ou sur des cales ayant l'épaisseur du joint prévue, il est procédé au remplissage de l'intervalle entre lit de pose et lit d'attente, à l'aide d'un outil appelé "fiche" qui permet de refouler le mortier (ou le plâtre éventuellement dans le cas de pierres calcaires) dans les vides entre les cales qui sont ôtées ensuite.

Les cales peuvent être réalisées en bois blanc, pierre ou plomb, dont la compressibilité doit être inférieure ou au plus celle de la pierre. Les cales en chêne sont proscrites.

#### 6.2.2 – COULAGE DU JOINT AU GODET

La pierre est posée sur des cales réglées à l'épaisseur du joint. Elles sont placées à une distance suffisante des arêtes du bloc pour éviter les écornures.

Pour le coulage du joint, le bloc de pierre étant mis en place sur des cales, les joints sont obturés sur le pourtour, sauf aux emplacements des godets. Les godets sont des récipients maintenus en place à l'endroit du joint et remplis du coulis de mortier (ou de plâtre éventuellement dans le cas de pierres calcaires) ; celui-ci s'écoule par gravité entre les deux assises et vient remplir l'espace resté libre. A l'opposé du godet chargé de coulis, il est disposé un godet faisant office d'évent pour permettre à l'air de s'échapper et d'assurer une bonne répartition du mortier. Lorsque le coulis apparaît dans le godet évent, le joint est considéré rempli.

Pour le coulage du joint vertical, on réalise à la partie supérieure du bloc, une couronne de plâtre contenant le coulis qui se met en place par gravité.

Les cales peuvent être en bois blanc, pierre ou plomb, leur compressibilité doit être inférieure ou au plus celle de la pierre. Les cales en chêne sont proscrites.

### 6.2.3 – METHODE DE POSE A BAIN SOUFFLANT DE MORTIER

Cette méthode consiste à étaler une couche de mortier d'épaisseur double de celle du joint prévu. La pierre positionnée correctement, est frappée à la masse de bois pour l'assujettir et réduire le joint à l'épaisseur désirée, tout en recueillant le mortier qui reflue. Les joints verticaux sont garnis à la truelle ou à la fiche à dents.

### 6.2.4 – POSE AU PLOMB

La méthode de pose est la suivante :

- vérification du séchage des pierres ;
- garnissage extérieur des joints avec des bandes d'étanchéité et fixation avec de la terre à modeler en laissant un retrait de 2 cm minimum pour la finition des joints au mortier, les joints peuvent aussi être arasés ;
- façon des godets de coulée et des trous d'échappement d'air ;
- fonte du plomb (l'emploi de vieux plomb est strictement interdit) épuré par écumage et coulage ;
- enlèvement des bandes d'étanchéité et retaille des balèvres éventuelles du plomb au ciseau.

### 6.2.5 – CLAUSES PARTICULIERES A LA POSE DES OUVRAGES EN GRES, GRANITE ET PIERRE VOLCANIQUE

Sauf prescriptions particulières du CCTP, pour respecter l'appareillage existant, la pose est faite à joints verticaux décalés sur une longueur supérieure ou égale au tiers de la longueur de la pierre. La plus courte distance entre un joint vertical et l'arête d'un angle rentrant est de 20 cm. Dans le cas d'une maçonnerie à un seul parement, la plus courte distance entre un joint vertical et l'arête d'un angle saillant est de 20 cm.

## CHAPITRE 7 – NETTOYAGE DES FAÇADES

### Note générale

Le nettoyage d'un parement est l'une des interventions les plus visibles et parmi les plus spectaculaires que l'on puisse faire sur un monument. Motivé principalement par des considérations esthétiques, le nettoyage répond aussi à un souci de préservation et de protection de l'œuvre. Les appréciations esthétiques ne doivent donc pas prendre le pas sur les exigences de la conservation, mais un compromis doit s'établir entre les deux parties. Or, le nettoyage est une intervention techniquement complexe, délicate et irréversible dont le résultat n'est absolument pas assuré *a priori*.

Un trop bref examen du bâtiment, suivi d'un essai de convenance facultatif réalisé sur une surface de quelques cm<sup>2</sup> qui précédera de quelques jours à peine le début du chantier ne permet pas de se garantir contre les mauvaises surprises et les échecs. Au contraire, faute de précautions, la réalisation du nettoyage peut s'avérer difficile, problématique et *in fine* dommageable pour la pierre

Le nettoyage est en fait le type même de l'intervention qui, pour ne pas compromettre la conservation du monument, ne doit pas être entreprise dans la précipitation, mais nécessite une réflexion en amont, une étude préalable.

### 7.1 – ETUDE PREALABLE A UN NETTOYAGE

#### Risques et difficultés du nettoyage de la pierre

Lors d'un nettoyage, les principaux risques encourus sont les suivants :

- nettoyage trop poussé entraînant l'abrasion du matériau sous-jacent aux salissures ;
- nettoyage insuffisant, incomplet, qui va nécessiter un nouveau nettoyage dans des délais plus brefs ;
- durabilité insuffisante qui rend le nettoyage peu utile à moins que l'on puisse intervenir sur l'environnement et réduire notablement les sources de salissures ;
- résultat inattendu, (jugé) inesthétique, qui altère l'aspect du monument ;
- accélération des dégradations en cours ou nouvelles dégradations.

Il n'y a pas de règle générale pour éviter ces risques car il n'existe ni salissures standardisées ni méthodes de nettoyage universelles. Au contraire, sur une même façade, "l'encrassement" varie nécessairement en intensité et en nature selon les endroits. Par ailleurs, des méthodes de nettoyage très diverses sont disponibles, avec chacune des avantages mais aussi des limites différentes. Enfin, pour une méthode donnée, il existe un certain nombre de paramètres à régler et à fixer au cas par cas pour optimiser le résultat.

L'expérience montre que les cas problématiques sont le plus souvent dus au choix d'une technique de nettoyage dangereuse, inadaptée, inefficace ou (ce qui est lié) à une mauvaise détermination du type de salissure, à une connaissance insuffisante des propriétés du support ou à un phénomène imprévu qui aurait été décelé lors d'essais sur une zone test. Ainsi, la plupart des difficultés, voire des problèmes susceptibles d'apparaître pendant ou après un chantier de nettoyage peuvent être évités si l'on prend le temps et la précaution d'effectuer une véritable étude de faisabilité préalable.

L'objectif principal de cette étude est d'optimiser le nettoyage en choisissant au mieux la technique de nettoyage et en définissant précisément son protocole d'application, en fonction des salissures et de leur(s) support(s). Elle peut être divisée schématiquement en 3 étapes successives :

- l'examen de l'existant ;
- les tests préalables ;
- la constitution d'une zone de référence.

Dans le cadre plus global de la conservation du monument, cette étude doit envisager non seulement les effets immédiats mais aussi à long terme du nettoyage ainsi que les mesures d'accompagnement qui pourront limiter son ré-encrassement et permettront d'améliorer sa conservation.

Sa réalisation nécessite le concours d'une ou de plusieurs entreprises ou d'un restaurateur de sculptures. Un laboratoire peut être associé à l'étude pour l'identification des matériaux, l'évaluation des tests de nettoyage et d'autres analyses de contrôle.

Il faut noter que la méthodologie de l'étude préalable à un nettoyage n'est pas fondamentalement différente selon qu'il s'agit d'un parement ou de statuaire. Cependant, le caractère précieux des œuvres sculptées amène à privilégier les méthodes d'analyse non destructives sur celles-ci. L'étude est évidemment plus aisée sur les parements où l'on dispose de grandes surfaces et plus difficile à mener sur les décors sculptés et sur la statuaire où les zones d'essai sont souvent très réduites et les prélèvements impossibles.

### **Examen de l'existant**

Cette phase est une première étape de reconnaissance qui permet :

- un inventaire des constituants (pierres tendres, dures.. briques émaillées ou non, badigeon, peintures, stratigraphies des dépôts...) ;
- une évaluation de l'état de conservation de chaque constituant et de la façade (écaillages, pulvérulences, fissures, joints manquants...) ;
- un inventaire des différents types de salissures présents sur la façade (en fonction du support, de l'exposition...) ;
- une inspection rapide des bâtiments environnants et des contraintes liées à l'environnement du site.

Cette étape est primordiale et doit être accompagnée d'une documentation photographique sur les principales observations faites (l'état de conservation de l'ouvrage, le degré d'encrassement...).

Il est absolument nécessaire, pour choisir une méthode de nettoyage, de connaître au préalable d'une part la nature du substrat, ses principales propriétés, et d'autre part de savoir quelles sont les transformations qu'il a subies, ainsi que les dépôts qui se trouvent à sa surface.

En effet, une roche calcaire ne se comporte pas de la même façon qu'une roche siliceuse comme un grès. Par exemple en cas de nettoyage chimique : les bases attaquent la silice, alors que les acides attaquent la calcite.

Même au sein d'une famille de pierres, les grès par exemples, la composition minéralogique peut être extrêmement variable : certains grès comportent de la calcite comme liant, d'autres des argiles, d'autres encore des oxydes de fer, minéraux dont les propriétés sont très différentes.

L'importance de la porosité et de la capillarité de la pierre, la nature des joints sont aussi des données qui vont peser sur la sélection des types de nettoyage à essayer dans les tests préalables.

Pour ce qui concerne les parties les plus superficielles du matériau, précisément celles qui seront directement soumises aux effets du nettoyage, il est essentiel de savoir :

- comment la pierre est transformée ?
- quels sont les dépôts qu'elle supporte ?

Pour lever les incertitudes possibles, il peut aussi s'avérer nécessaire de pratiquer quelques tests in situ ou des prélèvements en vue d'analyses à confier à un laboratoire quant à la nature du support, des salissures ou d'un ancien traitement mal identifié.

On n'éliminera pas de la même façon des salissures biologiques noires (utilisation d'un biocide) et des croûtes noires dues à la pollution atmosphérique (méthodes abrasives ou à l'eau par exemple).

Selon l'état de la pierre, il faudra prévoir localement une pré-consolidation avant le nettoyage ou un dessalement.

Dès ce stade, il est indispensable de se demander d'où vient l'encrassement et de prévoir les mesures simples qui pourraient éventuellement supprimer les possibilités de ré-encrassement ou les réduire le plus possible.

### **Les Tests préalables**

Il faut donc opérer une sélection : la ou les méthodes pour nettoyer une façade donnée doit ou doivent donc répondre aux critères suivants :

- la technique utilisée doit être efficace ;
- elle ne doit pas provoquer des dommages directs ou indirects à la façade (aux intervenants, à l'environnement) ;
- elle doit permettre la meilleure conservation possible de l'épiderme, de la patine de la pierre ;
- elle ne doit pas générer des produits néfastes ni accélérer les processus d'altération en cours ;
- elle doit être contrôlable, l'opérateur doit pouvoir ajuster ou stopper le nettoyage à tout moment.

Certaines contraintes vont permettre d'écarter a priori certaines méthodes qui seraient mal adaptées au site, aux salissures, au support. Par exemple, il est plus sage d'éviter des méthodes utilisant de l'eau sur des parements derrière lesquels se trouvent des peintures murales précieuses ou sur des pierres très poreuses. D'autres méthodes restent envisageables. Seuls des essais in situ sont capables de les départager, de mesurer leur efficacité et d'affiner les réglages. Les différentes méthodes ou variantes présélectionnées doivent être testées sur chaque matériau et sur chaque type de salissures inventoriées.

Dans les cas les plus complexes, il est prudent de faire des zones tests étendues avec une progression allant du moins nettoyé au plus nettoyé pour que les différentes parties puissent se mettre d'accord sur l'aspect à obtenir.

Dans tous les cas, les zones d'essai doivent être les plus grandes possibles et intégrer au moins 3 ou 4 pierres, joints compris, si l'on veut avoir une idée précise de l'aspect obtenu. Les essais de quelques cm<sup>2</sup> sont inutiles et ne donnent aucune information susceptible d'être répercutée à l'échelle d'une façade.

Il faut dans la mesure du possible essayer de maîtriser l'ensemble des paramètres de réglage : la distance de travail (pierre/buse), la pression (manomètre à aiguille), les consommations de poudre, d'eau (il suffit d'orienter la buse dans un seau durant un temps donné et de mesurer le

volume ou le poids de chaque constituant), la taille et la nature des particules, l'origine de l'eau doivent pouvoir être connues et fixées ainsi que la vitesse du nettoyage.

Durant cette seconde phase, il est recommandé de faire appel à un laboratoire pour évaluer la qualité du nettoyage.

### **Constitution d'une zone de référence**

Une ou des zones nettoyées d'une surface significative, sont acceptées par les différentes parties (entreprise, propriétaire et maître d'œuvre) comme étant les références du nettoyage à obtenir pour le bâtiment. Si une évaluation des nettoyages a bien été réalisée par un laboratoire, le maître d'œuvre a, pour faire son choix, outre sa propre appréciation visuelle, des données quantifiées précises concernant l'impact du nettoyage sur le plan de la conservation et de la déontologie. Il doit connaître aussi tous les réglages de la machine (pression, poudre, vitesse...) qui ont permis ce résultat.

L'expérience montre que la constitution de zones de référence est primordiale :

- elles permettent à tous les interlocuteurs de se mettre d'accord sur un résultat visuel ;
- elles sont un repère pour tous sur le résultat qui a été exigé et évite les désaccords ensuite lorsque l'aspect obtenu est inattendu ou surprenant (trop blanc, trop jaune, bigarré) ;
- elles peuvent servir de recours pour prouver que le nettoyage a été trop drastique et non conforme à ce qui avait été demandé.

Lorsqu'il s'agit d'une façade urbaine, d'un monument de dimensions importantes, les essais préalables et donc les zones de référence sont le plus souvent réalisés dans des parties facilement accessibles sans échafaudage et donc à la base de l'édifice. Au début du chantier, lorsque l'échafaudage permet d'accéder à l'ensemble du bâtiment, il est judicieux de refaire des essais de convenance avec l'entreprise surtout si, comme c'est souvent le cas, ce n'est pas la même que celle qui a participé à l'étude préalable et que le matériel n'est pas rigoureusement le même et que l'exposition aux salissures est différente.

Au cours du nettoyage, l'entreprise devra arrêter le nettoyage si elle ne parvient plus à obtenir l'équivalent des zones de référence car une nouvelle donnée sera forcément apparue qui n'avait pas été prise en compte. Le maître d'œuvre devra en être averti. Des essais complémentaires pourront alors s'avérer nécessaires.

C'est aussi pendant l'étude préalable que des réflexions plus générales doivent être menées sur l'aspect qu'aura le bâtiment nettoyé, sur les mesures à prendre pour limiter les possibilités d'un nouvel encrassement (pose d'un dispositif anti-pigeons), sur l'entretien du bâtiment et enfin sur les travaux d'accompagnement (réparations, rejointoiements...) à réaliser.

Si le nettoyage ne concerne qu'une partie d'un ensemble qui va être nettoyé, restauré par tranches successives, il est important de réfléchir aussi à l'ordre des interventions en fonction des risques de salissures et des possibilités de protection des zones déjà nettoyées au fur et à mesure de l'avancement du programme.

Enfin, il ne s'agit pas de réaliser systématiquement une étude exhaustive, longue et coûteuse. L'étude préalable doit être dimensionnée par rapport à l'importance de l'ouvrage. Des expériences déjà acquises par ailleurs sur une autre façade du même édifice, sur une façade équivalente dans la même rue, peuvent être réutilisées sauf observations contraires.

Questions auxquelles une réponse doit être apportée lors de l'étude préalable à un nettoyage
---

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le bâtiment est-il sale? La salissure entraîne-t-elle une dégradation ou seulement une</li> </ul> |
|--|

nuisance esthétique?

- Quels sont les matériaux supports?
- Quelle est la composition des taches? Y a-t-il des indices d'un ancien traitement?
- Quelle épaisseur de salissures doit-on et pourra-t-on enlever? A quel degré de nettoyage s'arrêter? Quel sera l'aspect après nettoyage? Y a-t-il présence de sels et à quelle concentration dans l'épiderme ?
- Comment le nettoyage affectera-t-il le processus de dégradation?
- Quelles méthodes utiliser? Comment marchent-elles?
- Quel sera le rythme des nettoyages sur le bâtiment? Doit-on prévoir un programme de maintenance?
- Quels travaux complémentaires sont-ils indispensables?
- Un dessalement préliminaire est-il à appliquer ?
- Quel traitement faudrait-il appliquer après le nettoyage (hydrofuge, badigeon, consolidation, peinture...)?
- Y a-t-il des zones à protéger (ouvertures, décors peints...)?
- A-t-on une idée claire de la répartition des tâches entre l'entreprise de nettoyage de parement et celle à laquelle seront confiées les sculptures
- Leur ordre d'intervention a-t-il été défini ?
- Sait-on quelles gênes elles engendreront l'une sur l'autre, s'est-on préparé à les minimiser ?
- A-t-on identifié la nature et l'intensité des nuisances générées par le chantier de nettoyage sur les usagers, le bâtiment et l'environnement, s'est-on préparé à y remédier (évacuation des eaux, isolement des zones de travail, gestion des résidus solides de nettoyage).
- Les occupants et utilisateurs ont-ils été informés des nuisances, contraintes (et intérêts!) De l'opération à venir? De même que les autorités (service de la voirie...)? Toutes les permissions ont-elles été demandées ?
- Sera-t-on capable de reproduire le nettoyage de référence?

## 7.2 – NETTOYAGE A L'EAU CLAIRE

L'eau agit chimiquement par dissolution complète ou partielle (décollement, ramollissement) des salissures indurées et par lessivage des salissures meubles. Elle peut être projetée en jet ou sous forme de brouillard. On peut aussi la faire ruisseler sur le parement.

Les salissures sont généralement peu solubles, aussi ce type de procédé, est-il lent malgré sa simplicité. Il peut être accéléré en augmentant la pression d'eau. Cela ajoute un effet physique (découpage, creusement voire ravinement) à l'action chimique de l'eau. Cependant l'utilisation de pressions supérieures à quelques bars rend l'effet physique de creusement trop important et le nettoyage devient alors incontrôlable. L'augmentation de la température de l'eau favorise quant à elle la solubilisation des sels, ce qui peut légèrement accélérer le nettoyage.

### 7.2.1 – RUISSELLEMENT ET NEBULISATION

Les lavages par ruissellement d'eau étaient assez fréquents sur les monuments en pierre calcaire jusque dans les années 1970-80. Ils sont aujourd'hui déconseillés, et remplacés par la projection à faible pression ou mieux par la nébulisation au cours de laquelle un brouillard de microgouttelettes d'eau est appliqué sur la surface. Les buses sont disposées sur des rampes situées à au moins 30 cm de la surface à distance fixe. La pression est quasiment nulle et les quantités d'eau sont minimisées. A chaque niveau des collecteurs évacuent l'eau pour l'empêcher de ruisseler jusqu'au bas de la façade.

Le principal inconvénient de ces méthodes est lié à l'imbibition du matériau car elles utilisent de grands volumes d'eau. Les conséquences de l'imbibition sont directement liées aux interactions

entre l'eau et les produits hydrosolubles présents dans les pierres et les maçonneries. Des taches brunes dues à une migration de produits colorés (matières organiques, colloïdes<sup>2</sup> ferriques) peuvent apparaître à la surface des pierres et des joints. Par ailleurs, la dissolution puis le transfert et l'évaporation des sels peuvent générer des efflorescences ou des pertes de petites écailles de pierre.

Les joints trop faibles peuvent être éliminés, et l'eau qui s'infiltre par les joints dégradés peut endommager les fixations métalliques, dissoudre et remobiliser les matériaux à base de plâtre, altérer les circuits électriques, remplir les caves, ou encore les cavités situées dans le mortier de blocage. Des résurgences d'eau sont ainsi possibles très loin de la zone lavée.

L'humectation des maçonneries peut aussi entraîner un développement d'algues dans les zones les plus poreuses ou à l'arrière de la zone nettoyée, et peut induire une gélifraction des matériaux en période hivernale. Une autre limite de ces techniques est qu'elles sont globales et plus difficiles à appliquer sur une partie seulement de la façade.

### 7.2.2 – SYSTEMES D'INJECTION-EXTRACTION

Il s'agit de machines similaires aux nettoyeurs à moquettes, qui projettent de l'eau éventuellement additionnée d'un tensio-actif<sup>6</sup>, et la récupèrent quasi immédiatement par un système d'aspiration. Cette méthode a été utilisée avec succès pour le nettoyage de certains parements en pierre dure et lisse, à l'intérieur d'édifices.

## 7.3 – NETTOYAGE PAR PROCEDE CRYOGENIQUE

Des particules de CO<sub>2</sub> solides (-78°C) sont projetées au moyen d'un flux d'air sous pression de quelques Bars. Lors de l'impact les particules se subliment c'est à dire, passent directement de l'état solide à l'état gazeux sans passer par la phase liquide. Le choc produit participe à l'enlèvement des salissures.

Cette technique est utilisée depuis 1995 pour le nettoyage des moules de fonderies et des peintures d'avion sans endommager l'aluminium.

### Avantage

Absence de déchet sur l'échafaudage, le volume de salissures est faible, la glace carbonique se transforme en gaz.

### Inconvénients

Le procédé est à proscrire en local clos ; un compresseur de forte puissance doit être installé sur le chantier, le bruit généré par la lance est important.

Le LRMH n'a pas encore étudié cette technique aussi, il convient de prendre son avis avant toute mise en œuvre.

---

<sup>2</sup> Corps dans lequel des particules très petites sont en suspension dans un liquide.

<sup>6</sup> Substance qui modifie la tension superficielle d'un liquide dans lequel elle est dissoute.



## 7.4 – NETTOYAGE PAR SABLAGE FIN HYDRO-ABRASION ET ABRASION A SEC

Sablage fin :

- sous cette dénomination, plusieurs méthodes se sont développées qui ont en commun la propriété de projeter une poudre sur la surface à nettoyer ;
- le sablage fin au sens strict, consiste à projeter par effet Venturi (dépression) des poudres de différentes natures et duretés, et de diamètre inférieur à 150 - 200 microns.

Les conditions suivantes sont recommandées :

- pression inférieure ou égale à 3 bars en sortie de buse ;
- taille, dureté et forme des particules à adapter au support et aux salissures (*Tableau 1*) ainsi que la taille de la buse.

La poudre peut être projetée soit à sec (sablage fin à sec ou abrasion à sec), avec de l'air comprimé, soit avec de l'eau (sablage fin humide ou hydro-abrasion) ; dans tous les cas, elle doit être parfaitement caractérisée. Si elle est projetée à sec, elle ne doit pas contenir plus de 5 % en poids de silice libre, c'est à dire de silice ( $\text{SiO}_2$ ) cristallisée sous forme de quartz, cristobalite<sup>3</sup> voire tridymite.

Les paramètres suivants doivent être connus de l'entreprise et du maître d'œuvre :

nom et coordonnées du fournisseur ;	PH en suspension aqueuse ;
nom du produit ;	silice libre cristallisée sous forme de quartz ;
densité réelle ;	dureté (échelle de Mohs) ;
densité apparente ;	couleur ;
nom minéralogique des principaux	origine ;
composants ;	gamme granulométrique ( $\mu\text{m}$ ) ;
composition chimique ;	diamètre moyen des grains ( $\mu\text{m}$ ).

Type de poudre	Dureté (échelle de Mohs)	Forme des particules	Diamètre
Alumine	9	anguleuse	10 à 80 $\mu\text{m}$
Quartz	7	anguleuse ou subarrondie	50 à 500 $\mu\text{m}$
Verre broyé ou microbilles de verre	6 à 7	anguleuse ou ronde	80 à 500 $\mu\text{m}$
Calcite broyée ou en microbilles	3	anguleuse ou ronde	80 à 500 $\mu\text{m}$
Noyaux de fruits concassés, raffle de maïs...	< 3	très irrégulière	500 $\mu\text{m}$

Tableau 1 : dureté des poudres les plus courantes

### 7.4.1 – NETTOYAGE PAR ABRASION A SEC

Les avantages du sablage fin à sec sont les suivants :

- aucun risque d'imbibition d'eau donc *utilisable en hiver* ;
- pas de risques d'infiltration d'eau, d'apparition d'efflorescences, de taches ;
- peut être utilisé sur des surfaces bien délimitées ;
- très grande variété de poudres et de machines ;

<sup>3</sup> Silice cristallisée dans le système quadratique (prisme droit à base carrée).

- maintien intact la couche de sulfate à conserver.

Par contre il présente les inconvénients et les limites suivants :

- beaucoup de nuisances, dues aux *poussières* et au *bruit* ; le sablage nécessite le port d'un casque spécifique notamment contre l'inspiration des poussières pour l'opérateur et un abri pour limiter la diffusion des particules dans l'environnement (passants, autres façades, gouttières...). Un brouillard d'eau, une aspiration des poussières (par boîtier ou cabine) peuvent diminuer ces nuisances. Le bruit est quant à lui lié aux turbulences générées par l'emploi de la buse, et au compresseur ;
- risque de dépolir les surfaces polies
- peu efficace sur des organismes végétaux (lichen, mousses...) ;
- peut rapidement causer des dommages si le manipulateur n'est pas expérimenté, attentif... ;
- à ne pas utiliser sur du décor sculpté, de la sculpture (passer en microsablage < 50 µm), ni sur des zones fragiles
- peu à pas efficace sur peintures silicatées;
- des poussières sédimentent sur des parties saillantes ou restent accrochées sur la pierre, d'où des teintes blanches, des polluants résiduels possibles il faut toujours terminer par un jet d'air ou un rinçage à l'eau ;
- mauvaise vision de ce que l'on fait. Ne pas aller trop vite et s'arrêter dès que des dégradations apparaissent.

#### 7.4.2 – NETTOYAGE PAR HYDRO-ABRASION

Le sablage humide se distingue par le fait qu'une sortie d'eau permet d'humidifier par brumisation la poudre à l'intérieur ou à la sortie de la buse pour réduire le nuage de poussière autour de l'opérateur. Le sablage pneumatique ou hydrosablage projette une poudre maintenue en suspension dans une cuve. Certaines machines plus élaborées limitent la pression d'eau à quelques bars, d'autres produisent des pressions beaucoup plus élevées qui les rendent difficilement utilisables sur les monuments. Une forte pression d'eau augmente l'érosion du substrat.

Le sablage humide présente les avantages du sablage fin et réduit un de ses inconvénients majeurs, à savoir la production de poussières.

Par contre, il possède les inconvénients des méthodes de lavage à l'eau :

- inutilisable en période de gel car risque d'imbibition d'eau ;
- risques d'infiltration d'eau, d'apparition de taches ou d'efflorescences ;
- les abrasifs peuvent contenir des produits polluants solubles ;
- récupération fastidieuse du sable mouillé.

Projection par buse rotative. Il s'agit d'une projection à sec ou avec de l'eau sous pression qui arrive dans la buse (hydrogommage) permettant d'imposer à la poudre un trajet en spirale à l'intérieur de la buse. A sa sortie, il prendra une direction tangentielle.

#### **7.5 – NETTOYAGE PAR MICRO-ABRASION A SEC**

Les types de machines varient selon la finesse des parements moulurés à nettoyer. Sur des pierres à grain grossier, des décors architecturaux répétitifs, les restaurateurs travaillent souvent avec une mini-sableuse du type Guillet. Le nettoyage est réalisé à l'aide de poudres fines ( $i < 80 \mu\text{m}$ ), des pressions inférieures à 1 bar et des buses à petite ouverture ( $i < 3 \text{ mm}$ ). Les microsableuses sont pour leur part utilisées pour la statuaire fine. Elles ont une capacité

plus faible, et les poudres ont un très petit diamètre moyen ( $\bar{i} < 30 \mu\text{m}$ ). Les ouvertures de buses sont également plus petites ( $\bar{i} < 1 \text{ mm}$ ) et les pressions restent inférieures à 1 bar.

Les poudres les plus couramment utilisées sont les microfines de verrerie (moins coûteuses) et le corindon blanc "poudres d'alumine". Dans certains cas et pour des applications particulières, les restaurateurs préfèrent des poudres végétales mais il existe un risque de développement de micro-organismes.

Le microsablage est une technique largement utilisée. Il permet, après dégrossissage mécanique (fraises de dentistes par exemple), d'éliminer des croûtes noires très indurées. Il peut permettre dans certains cas d'atténuer des incrustations de vert de gris ou de rouille lorsqu'elles sont très superficielles.

Il n'est pas possible par microsablage de nettoyer des surfaces très fragiles. Celles-ci doivent être consolidées préalablement. Par ailleurs, il est difficile de nettoyer correctement les parties fortement concaves d'une sculpture (interstices entre les doigts d'une main par exemple) sans sur-abraser les parties convexes contiguës.

Enfin le microsablage préserve seulement de façon partielle les couches d'épigénie, même lorsqu'il est mis en œuvre très précautionneusement. Par contre il préserve suffisamment bien les épidermes pour que leur coloration ambrée particulière persiste. Cette caractéristique a souvent fait dire, avant l'apparition du laser, que le microsablage "rosissait" ou encore jaunissait la pierre.

## **7.6 – NETTOYAGE PAR APPLICATION DE COMPRESSES**

Sous le terme général de compresse, il est possible de distinguer deux types de produits très différents : des cataplasmes et des pelables. Leur application manuelle et leur coût ont longtemps cantonné ces méthodes au nettoyage de la statuaire fine. L'utilisation de matières premières plus économiques dans des formulations prêtes à l'emploi pouvant être projetées (airless, tyrolienne...) a permis d'adapter ces méthodes au nettoyage des façades.

### **7.6.1 – CATAPLASMES**

De nouvelles méthodes ont été mises au point récemment pour nettoyer une façade complète par projection d'un cataplasme humidifié. Les salissures se ramollissent au contact du cataplasme et se décolent partiellement. Le cataplasme est retiré avec une spatule en plastique souple. Un brossage doux sous arrosage permet d'éliminer les salissures restantes. L'utilisation de cataplasmes prolonge l'action de l'eau sans apport excessif et sans pression. Les risques de creuser le support sont minimisés.

Il existe plusieurs procédés brevetés de cataplasmes :

- cataplasme à base de laine de roche mélangée à une faible quantité de liant ou sans liant et dont l'humidification est assurée par un réseau de tubes micro-poreux, gérée par des capteurs ;
- cataplasme d'argiles fibreuses avec charge de sable, laine de roche et poudre de pierre ponce; l'argile maintenant l'humidité.

Ces procédés sont adaptés aux pierres peu capillaires, afin d'éviter les pénétrations d'eau, la parfaite étanchéité des joints ou des fractures doit être assurée de façon provisoire ou définitive.

Le taux d'humidité doit faire l'objet d'un contrôle rigoureux.

Le nettoyage est long (une à plusieurs semaines), son avancement est contrôlé en découpant des petites fenêtres à intervalles réguliers.

### 7.6.2 – LES FILMS PELABLES

Il s'agit de produits liquides qui en séchant forment un film solide relativement souple et que l'on peut aisément retirer comme l'on pèlerait un fruit. Les salissures qui adhèrent au film, sont éliminées lorsqu'on le retire.

L'application du film se fait au rouleau, au pinceau ou par projection. Ce procédé particulièrement adapté au nettoyage des salissures intérieures doit être utilisée sur des matériaux très cohérents car les risques d'arrachements lors de l'élimination du film sont très importants.

Les films pelables se présente sous différentes formes :

- gel a base d'alcool polyvinylique et de propylène de glycol l'application se fait en deux couches séparées par un textile non tissé en coton ;
- produit à base de latex et d'ammoniaque, très fluide qui permet de traiter des pierres dont la surface présente des cavités.

## 7.7 – NETTOYAGE PAR TECHNIQUE LASER

**Le mot Laser signifie** “ *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiations* ”, c'est à dire : “ Amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement ”.

### Interactions Laser-matière

Lors d'un nettoyage, le rayonnement laser qui est une onde infrarouge de haute énergie, est en grande partie absorbé par les salissures superficielles. Les mécanismes qui interviennent dans le processus de photo-ablation, d'une durée totale de quelques milliardièmes de seconde, ne sont pas totalement connus. Cependant, on sait que l'ablation des salissures résulte d'une combinaison d'interactions thermiques et mécaniques entre le rayonnement absorbé et la matière.

### Interaction thermique

Cette interaction provoque à la surface du matériau une rapide élévation de température très localisée et très brève qui conduit à sa fusion et à sa vaporisation pour aboutir finalement à la création d'un plasma (gaz ionisé neutre).

### Interaction mécanique

La formation puis la détente brutale du plasma formé sous l'effet du tir laser, produisent des ondes de choc mécaniques et des ondes acoustiques qui se propagent dans le matériau, le fragmentent et provoquent l'éjection de particules de tailles variées.

Dans les conditions de fonctionnement optimal des lasers de nettoyage NdYAG déclenchés, les parts respectives des effets thermiques et mécaniques dépendent de plusieurs paramètres tels que la durée des impulsions, la nature des matériaux, la présence d'eau ...

Les impulsions longues, de l'ordre de la microseconde, favorisent les interactions thermiques et inversement les impulsions courtes, de l'ordre de la picoseconde favorisent les interactions mécaniques.

Les différences de propriétés (optiques, mécaniques, thermiques...) entre les salissures et leur support constituent un paramètre fondamental pour l'efficacité et la qualité du processus d'ablation. Les réglages qui permettent d'éliminer les salissures sont, au-dessous d'un certain seuil, inopérants sur le support pierre. On parle ainsi du caractère sélectif et autolimitatif du nettoyage laser.

Enfin, les effets mécaniques sont intensifiés si les salissures contiennent de l'eau. En effet, la vaporisation explosive de l'eau sous l'effet du laser augmente le taux d'éjection de particules. C'est la raison pour laquelle les restaurateurs pulvérisent de l'eau sur les salissures lorsqu'ils utilisent un laser de nettoyage.

PETIT GLOSSAIRE DES LASERS IMPULSIONNELS
<p>Energie émise par impulsion E (milliJoules ou Joules) = E</p> <p>Durée d'une impulsion : T (en nano secondes = <math>10^{-9}</math> secondes)</p> <p>Densité d'énergie ou Fluence = quantité d'énergie émise par le laser ou reçue par un objet par unité de surface (en mJ/cm<sup>2</sup>)</p> <p>Puissance crête = P = énergie émise par impulsion divisée par la durée de l'impulsion (E/T) en Watt ou MW</p> <p>Flux ou densité de puissance ou intensité lumineuse = puissance crête divisée par la surface du faisceau (P/S en Watt/cm<sup>2</sup> ou en MW/cm<sup>2</sup>)</p> <p>Laser Nd-YAG: Le matériau solide utilisé est un grenat d'Yttrium et d'Aluminium Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> (en abrégé YAG) dopé avec des ions Néodyme Nd<sup>3+</sup>.</p>

### **Classement des lasers**

Le classement des lasers, en termes de sécurité, se fait à partir de la notion de Limite d'Emission Accessible ou "LEA". La LEA, exprimée en Watt, en Joule/cm<sup>2</sup> ou en Watt /cm<sup>2</sup>, correspond au niveau d'émission maximale permise par les classes de lasers.

#### **Le classement des lasers est le suivant.**

- Classe 1 : LEA < 0.7 MW lasers sans risque ;
- Classe 2 : LEA < 1.0 MW lasers avec risques ;
- Classe 3A : LEA < 5.0 MW lasers dangereux ;
- Classe 3B : LEA < 500 MW lasers très dangereux ;
- Classe 4 : tous les autres lasers.

Les lasers de pointage utilisés par les conférenciers sont en principe de classe 2, mais il est déconseillé de les orienter sur la rétine. Les lasers YAG pulsés déclenchés sont tous de classe 4. A titre de comparaison, un éblouissement solaire correspond à un flux de 10 W/cm<sup>2</sup>. Un laser de classe 3A (HeNe de 3mW) émet un flux de 1000W/cm<sup>2</sup>. Les lasers de classe de nettoyage de la pierre appartiennent à la classe 4. Ils émettent un flux de  $10^{10}$  W/cm<sup>2</sup>, ***soit l'équivalent d'un milliard de soleils !!!!***

Il y a dans ce cas un risque de destruction irréversible de la rétine.

### **Sécurité et laser**

Les utilisateurs de lasers de nettoyage de la pierre ont l'obligation absolue de porter des lunettes de protection individuelle. Il est aussi fortement conseillé aux opérateurs de supprimer tout objet réfléchissant (bague, boucle de ceinture, montre, etc...) à proximité de la zone de nettoyage.

L'opérateur doit veiller à ce que toute personne située dans l'environnement de la machine porte bien ses lunettes. Par ailleurs, une protection étanche au laser (bâches en polyane résistantes aux impacts laser, contreplaqué) doit être mise en place pendant le fonctionnement de l'appareil. Cette protection doit être efficace aussi bien latéralement qu'en dessus et en dessous de la zone de travail. Une signalisation "DANGER LASER" et un clignotant rouge s'allumant à la mise en route du laser doivent aussi être positionnés à l'entrée de la zone de travail. Il existe aussi sur les machines un détecteur de proximité, qui coupe le faisceau lorsque celui-ci ne rencontre pas d'objet à une distance fixée, et une gâchette de libération des tirs sur la pièce à main.

### **Avantages et inconvénients du laser**

Le laser représente une avancée considérable pour le nettoyage de la pierre. Cette technique permet d'éliminer sélectivement les croûtes noires, sans perturber les patines sous-jacentes, telles que oxalates, couches d'épigénie, et même semble-t-il les patines argilo-ferrugineuses. Il permet aussi d'éliminer si nécessaire les couches d'oxalates sans trop abîmer les couches d'épigénie si elle sont présentes en dessous des oxalates. Par ailleurs, les seules poussières émises par laser sont celles qui proviennent des couches éliminées lors du nettoyage. Ceci rend l'utilisation de cette technique beaucoup plus confortable que le microsablage. Cette technique est enfin la seule à pouvoir nettoyer directement, sans pré-consolidation, des épidermes encrassés et extrêmement fragiles. Le laser permet enfin de réaliser un travail plus homogène que le microsablage car les risques de sur-abrasion n'existent pas.

L'utilisation du laser est pour l'instant limitée aux pierres non polychromes, car certains pigments (carbonate de plomb, sulfure de mercure, oxyde de plomb, ocres) virent au noir sous l'impact du laser. Par ailleurs on a découvert récemment que le marbre de Carrare veiné vire également au gris lorsqu'il est soumis (à l'état neuf) au laser.

Enfin, le laser est souvent accusé par les praticiens de jaunir la pierre. Cette critique est basée sur une ignorance de la microstructure des épidermes sous-jacents aux encrassements. Couches d'épigénies, d'oxalates présentent des couleurs ambrées qui sont en fait révélées. Par ailleurs, la couleur des encrassements comporte le plus souvent une composante bleutée qui peut demeurer partiellement si l'encrassement n'est que partiellement enlevé, comme c'est le cas lorsque la pierre est nettoyée par d'autres techniques dans un souci de préservation optimal de l'épiderme. Il n'en reste pas moins vrai que des résidus jaunâtres sont générés par l'interaction entre les encrassements et le faisceau laser.

Ces produits peuvent se déposer en surface de la pierre et augmenter la composante jaune de la patine nettoyée au laser. Dans ce cas, l'application d'une compresse humectée d'eau pure suffit à alléger la teinte jaune si elle est jugée inesthétique.

## **7.8 – ELIMINATION DES GRAFFITIS**

### **Définition et fonction**

L'élimination d'un graffiti est une opération ponctuelle basée sur des procédés mécanique et/ou physico-chimique, couplés ou successifs. Les produits anti-graffitis curatifs sont destinés à nettoyer chimiquement les pierres souillées par des graffitis. Ce sont soit des solvants organiques, appliqués seuls ou en mélanges, soit des produits alcalins comme la potasse

(KOH), soit une association des deux types de produits, appliqués successivement. Ces produits se présentent sous la forme de gel ou de liquide.

On exige d'un curatif de nettoyage des pierres :

- qu'il assure une **élimination performante** du graffiti ;
- qu'il **ne change pas l'aspect** (couleur, brillance, rugosité) du mur ni sa susceptibilité à l'encrassement (physico-chimique et biologique) ;
- qu'il **n'affecte pas les propriétés pétrophysiques initiales** (résistance, absorption d'eau par capillarité, perméabilité à la vapeur d'eau) des matériaux traités ;
- qu'il **ne modifie pas les propriétés chimiques superficielles** des pierres dégraffitées (innocuité du traitement) ;
- qu'il **ne génère pas de dégradation** liée à des sels.

### **Conditions de dégraffitage**

L'élimination d'un graffiti sur un parement s'effectue souvent par une projection d'eau chaude sous pression avec des appareils du type "kärcher". Les produits décapants sont ensuite appliqués au pinceau, puis le "kärcher" est à nouveau employé pour éliminer le produit et les restes de peinture. La technique fait donc appel à l'action dissolvante du produit appliqué, et à l'action chimique et mécanique de l'eau. Cette méthodologie d'élimination peut être extrêmement agressive, et induire une érosion conséquente sur les pierres tendres. L'emploi du "kärcher" ne doit être utilisé sur parement qu'après des essais concluants. Sur la statuaire même saine, son emploi est à proscrire.

Le nettoyage des parements par l'application d'un produit anti-graffiti curatif doit faire l'objet d'une étude préalable en laboratoire ou de tests sur le terrain, afin de vérifier l'efficacité du produit curatif et son innocuité sur la pierre.

### **Tests préalables**

Pour évaluer les performances d'un traitement en vue de sélectionner un produit curatif, il convient de caractériser et documenter les points suivants :

- paramètres chimiques des produits décapants utilisés : aspect, pH, nature éventuelle des solvants ;
- conditions techniques de dégraffitage : quantité de produit curatif appliqué, durée d'application, température, pression et consommation d'eau de rinçage ;
- qualité du dégraffitage : persistance ou non d'un spectre, uniformité du nettoyage ;
- état des surfaces après dégraffitage ; aspect, couleur, rugosité superficielle, présence ou résurgence de sels liés à l'application des produits.

Après validation du traitement curatif, il peut être nécessaire de suivre les zones traitées. Le Bordereau de Traitement (en annexe au CCTP) assure la mémoire du traitement de dégraffitage. Ce document facilitera les interventions ultérieures de retraitement éventuel sur le monument et devra figurer dans le DDOE.





## CHAPITRE 8 – DESSALEMENT DES MAÇONNERIES

La dégradation de maçonneries par les sels est malheureusement chose commune. Il est souvent décidé de changer les pierres dans de tels cas, mais parfois, pour des raisons historiques ou esthétiques, le maître d'œuvre doit envisager de traiter les parements contaminés en conservation. C'est alors que se pose la question du choix de la méthode à employer, et de la façon de s'y prendre .

Les recommandations qui suivent serviront de base de réflexion. Il existe en complément des articles de synthèse où le sujet est largement développé (Références : BAL70, DOM98, GRA01, VER01 dans la bibliographie – Chapitre 14 - Annexes). Les méthodes permettant de contrôler un dessalement font l'objet de recommandations à la fin de cet article.

### 8.1 – DESSALER OU NE PAS DESSALER ?

Le dessalement étant le plus souvent une action agressive, il faut systématiquement envisager de recourir à une méthode alternative, et préférentiellement à un contrôle de l'environnement . Bien que long à mettre au point, ce type de conservation préventive permet d'éviter de s'engager dans un processus de dessalement toujours coûteux, rarement efficace à long terme. Dans certains cas, on peut recourir à une insolubilisation des sels (valable uniquement pour le gypse).

Bien qu'il soit difficile de généraliser, on peut estimer que les teneurs limites en anions données dans le tableau suivant représentent des seuils qu'il est souhaitable de ne pas dépasser pour une bonne conservation de la maçonnerie. On retiendra que ce sont souvent les mortiers, plus poreux, qui accumulent le plus de sels.

Il est nécessaire de connaître la cause et la nature exacte de la contamination avant toute tentative de dessalement. En particulier, les cations et les anions doivent être quantifiés, même si aucun sel n'est visible. Ces dosages doivent être réalisés par un laboratoire spécialisé, qui suivra un protocole précis de mise en solution des sels avant analyse (Cf. LRMH). De plus, si des sels sont visibles en surface (efflorescences) ou dans plus en profondeur (subflorescence), il faut les prélever et les faire analyser par un laboratoire.

Sels	Teneurs limites (en poids)
Chlorures	$\leq 0,1\%$
Nitrates	$\leq 0,5\%$
Sulfates	- si les sulfates proviennent du gypse (sulfate de calcium) le taux doit être $< 5\%$ - si les sulfates sont associés à du sodium, potassium, magnésium..., leur taux doit être $< 0.1\%$

Les méthodes de dessalement couramment utilisées peuvent se partager en cinq grandes catégories ; l'élimination mécanique à sec, les méthodes utilisant la diffusion et l'évaporation (compresses), les méthodes diffusives (bains), les méthodes basées sur l'électromigration, et enfin les méthodes convectives (extraction sous vide ou sous pression d'eau. Nous

n'évoquerons ici que les deux premières ; des compléments d'information peuvent être trouvés par ailleurs (VER01).

## **8.2 – METHODES ALTERNATIVES**

Seules deux méthodes sont décrites ici : le contrôle de l'environnement et l'insolubilisation des sels.

### **8.2.1 – CONTROLE DE L'ENVIRONNEMENT**

Le contrôle de l'environnement vise à faire en sorte que l'environnement des maçonneries polluées présente le moins possible de variations d'humidité relative, ou au moins que ces variations franchissent le plus rarement possible le seuil auquel les sels passent de l'état cristallisé à l'état dissous, et vice-versa. Ceci n'est possible qu'à l'intérieur des édifices. Les six étapes du travail ont été clairement définies et décrites dans la littérature ; les quatre premières s'inscrivent clairement dans une démarche d'étude préalable. Les deux dernières se placent soit dans le cadre d'une restauration, soit dans celui de l'entretien du monument.

#### **1<sup>ère</sup> phase :étude préalable**

1. déterminer la nature et la distribution des sels.
2. observer la nature et l'évolution des détériorations.
3. déterminer la situation micro climatique et son évolution.
4. faire la relation entre les événements de cristallisation observés et les événements du microclimat.

A l'issue de cette 1<sup>ère</sup> phase (une année), le travail devrait pouvoir continuer .

#### **2<sup>ème</sup> phase : pendant la restauration ou au titre de l'entretien**

1. régler le régime de l'humidité et du microclimat pour éviter ou réduire à un minimum les événements de cristallisation des sels ;
2. contrôler les effets.

*Une étude effectuée sur la crypte de l'église Sta Maria im Kapitol à Cologne donne un exemple de ce type de démarche (LAU96). Dans le cas de cette crypte, la période de cristallisation des sels va d'octobre à avril, lorsque l'humidité relative moyenne descend au-dessous de 60%. Ce résultat a permis à l'équipe de préconiser un arrêt du système de chauffage de la crypte pendant un hiver, et de continuer d'effectuer des contrôles et mesures pendant cette période, afin de mesurer l'incidence du changement climatique sur le comportement des sels. Il va de soi que mettre en œuvre ce type de démarche demande du temps : au moins deux années sont nécessaires, la première pour comprendre comment fonctionne le*

*système salin, la deuxième, voire une troisième années, pour contrôler les effets des mesures de conservation préventive. De même, il est parfaitement inutile de mettre en place un système de contrôle climatique si une observation concomitante des événements de cristallisation de sels n'est pas effectuée (étape 4 puis 6). Cette phase est particulièrement importante, car ces événements ne sont pas prévisibles à priori. Ceci est dû en grande partie à la complexité des mélanges de sels et probablement aussi à leurs interactions possibles avec des traitements anciens. Une démarche semblable a été adoptée plus récemment pour la conservation du porche de l'église de Mimizan (BRO02).*

## 8.2.2 – INACTIVATION PAR INSOLUBILISATION

Le principe est de transformer les sels solubles en sels non solubles ou peu solubles, par réaction chimique. Ce type de transformation a été testé et mis en œuvre en Italie pour passiver des surfaces de pierres ou de peintures murales affectées par la cristallisation de **gypse**. Les autres sels ne sont pas concernés par la méthode. Le traitement est d'abord à base de bicarbonate d'ammonium qui réagit avec le gypse pour former du sulfate d'ammonium. Mis au contact de l'hydroxyde de baryum, ce sel se transforme en sulfate de baryum, qui est un minéral très stable. Le procédé a semble-t-il été assez largement utilisé sur les peintures murales à Florence. Bien que les inventeurs de ce procédé soient très enthousiastes sur les résultats obtenus, la communauté scientifique internationale reste réservée sur son efficacité. Dans tous les cas, elle ne doit être mise en œuvre que par un restaurateur formé à la méthode, et ce uniquement après des essais préliminaires suivis par un laboratoire spécialisé.

## 8.3 – ELIMINATION MECANIQUE A SEC

L'élimination mécanique à sec, avec une brosse coco et une aspiration, est sûrement la méthode la plus simple et la moins coûteuse. On oublie trop souvent qu'avant de mettre en œuvre une autre méthode, un brossage peut éliminer une bonne partie des sels superficiels. Dans le cas de maçonneries, il est même conseillé de purger les enduits et les joints désagrégés à sec avant de recourir à un dessalement par des méthodes humides. Il est évident qu'une purge ne doit être réalisée qu'après appréciation de la valeur historique des mortiers, et prélèvements éventuels visant à assurer la mémoire des phases de construction et restauration du bâtiment.

## 8.4 – METHODE DES COMPRESSES

Avant de procéder à un dessalement par méthode humide, il est important de vérifier l'état des joints, de purger les joints détériorés et de les refaire (rejointoiement provisoire : fond de joint).

### 8.4.1 – PRINCIPE

Une compresse d'un matériau hydrophile est appliquée sur le parement. L'eau y pénètre et dissout les sels solubles. La différence de concentration en sels existant entre la solution saline du parement et l'eau de la compresse engendre un mouvement d'ions vers l'extérieur (il y a diffusion). La succion capillaire assurée par la compresse peut également jouer un rôle moteur dans le transfert des saumures vers celle-ci. D'une façon générale, la compresse devrait avoir des pores plus petits que les substrat, pour assurer une succion correcte des saumures. Lorsque la compresse sèche, la force d'évaporation entre en jeu et les sels viennent cristalliser dans la compresse.

### 8.4.2 – PARAMETRES

#### 8.4.2.1 – Nature et propriétés des compresses

Parmi les nombreux matériaux testés, argiles et composés à base de cellulose sont les plus fréquemment utilisés. Les autres composés, soit minéraux à base de silice (diatomite, silice micronisée, laine de roche) ou de chaux (mortiers sacrificiels), soit organiques comme les résines échangeuses d'ions sont moins employés.

### 8.4.2.2 – Les grands types de matériaux utilisés pour confectionner des compresses

#### Les argiles

Attapulgite, kaolins et bentonites, appréciées pour leurs bonnes capacités absorbantes ainsi que pour leur maniabilité, sont souvent citées dans la littérature.

Elles adhèrent bien au support, à tel point qu'elles laissent souvent des résidus à la surface des œuvres. Leur utilisation est plutôt réservée aux maçonneries non sculptées. Pour les parements sculptés, la sépiolite a fait l'objet d'essais en appliquant préalablement du papier japonais sur leur surface, mais elle s'est alors avérée moins efficace que les produits cellullosiques. Les argiles théoriquement les plus efficaces chimiquement sont la montmorillonite et la vermiculite, pour leur forte capacité d'échange. Leur principal inconvénient est leur forte rétraction au séchage.

#### Les composés cellullosiques

Les pulpes de papiers et les poudres de cellulose sont très largement utilisées. Les poudres de cellulose par exemple font des pâtes onctueuses agréables à manipuler. Elles retiennent cependant mal l'eau et adhèrent insuffisamment aux parois verticales. Une étude faite au British Museum a permis de montrer que le papier buvard absorbe mieux les sels que la cellulose en poudre ou le papier filtre. Certains papiers contiennent cependant des sels, et la pulpe de papier aurait tendance à sécher plus vite que la pierre. Leur mise en œuvre est enfin plus longue que celle des argiles, et la cellulose est sensible aux contaminations biologiques (développement de moisissures).

#### Les autres composés

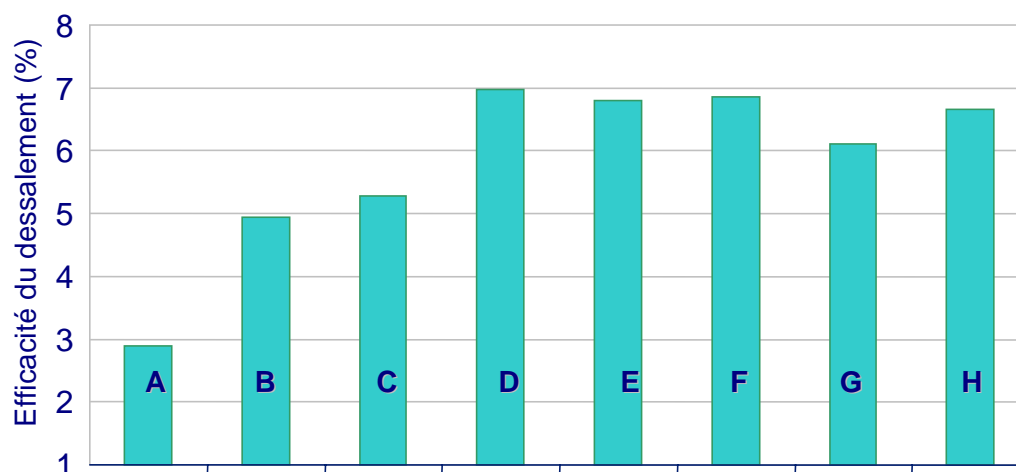
La laine de roche, matériau habituellement employé pour l'isolation dans le bâtiment, est, sous forme spécifique, proposée pour réaliser des cataplasmes de dessalement. Le matériau est utilisé dans le cadre d'un procédé dont l'originalité tient au fait que la compresse peut être tour à tour humectée puis desséchée. Des tubes microporeux connectés à une alimentation d'eau sont fixés temporairement dans les joints de maçonnerie sous la compresse, et permettent de l'humecter quand cela est nécessaire.

D'autres matériaux quelque peu inhabituels tels que : cendre de riz, talc, diatomite, silice colloïdale sont cités mais peu utilisés. Les résines échangeuses d'ions ont été testées avec un certain succès en Pologne. Il ne semble pas que leur utilisation soit facile, car les mélanges de résines cationique et anionique par ailleurs efficaces ont un pH légèrement acide.

#### Les mélanges

Des associations très diverses ont été testées. On ne peut cependant généralement pas se faire une idée claire de l'apport spécifique de chaque constituant. Le mélange cellulose / attapulgite à 2:1 en poids par exemple est considéré comme bien adhérent, facile à modeler et peu rétractable au séchage. Un autre mélange à base de cellulose, bentonite et sable (1:1:6 vol) semble avoir une moins grande rétraction et une dureté moins grande après séchage.

La figure suivante est tirée du livre de Domaslawski, publié en 1998 sur la conservation des maçonneries en briques. Elle montre l'efficacité du dessalement de briques, pour différents types de compresses. Les proportions des différents composants des compresses sont données en poids. Le symbole Wc représente le rapport du poids d'eau ajouté sur le poids de la compresse sèche, tous ingrédients cumulés. L'efficacité, exprimée en % ; représente la quantité de sel extrait rapportée à la quantité de sel présent dans la brique.



**A** papier buvard, 10 couches  
**B** poudre de cellulose, Wc =12  
**C** poudre de cellulose, Wc =8,3

**D** kaolin: sable = 1:5  
**E** kaolin: sable = 1:8  
**F** kaol:pou. Cell.: sable = 1:0,5:4,5

**G** bentonite: sable = 1:6      **H** bentonite: poudre de cellulose :sable = 1:1:6

Les propriétés de certains ajouts sont connues, même si elles n'ont pas été quantifiées précisément. (cf. tableau suivant).

Nature des ajouts	Avantages	Inconvénients
Sable	Limite la rétraction au séchage	Non signalé
Pentachlorophénate de Na (sodium)	Evite le développement de moisissures sur compresses	Non signalé
Grillage de préférence plastique	Améliore adhésion au support	Non signalé
Ammonium quaternaire	Evite le développement de moisissures sur compresses	Entrave le suivi du dessalement par mesures de conductivité
Bandes de toile de jute à maille large	Meilleure tenue de la compresse sur surfaces incurvées	Non signalé
Gaze	Limite destruction épiderme	Limite l'adhésion au support
Tensioactifs <sup>6</sup>	Améliorent adhésion au support	Non signalé
Carboxyméthylcellulose Agar-agar, gels protéiques	Améliorent adhésion au support	Entravent la pénétration d'eau

### Propriétés conférées aux compresses par divers types d'ajouts

La laine de roche est proposée par certains comme additif de compresses de dessalement à base de sable, cellulose et attapulgite. Ce matériau fibreux confère une meilleure tenue dans le temps aux cataplasmes.

<sup>6</sup> Substance qui modifie la tension superficielle du liquide dans lequel elle est dissoute.

Les mélanges à base de chaux peuvent aussi s'avérer intéressants dans le cas où la compresse doit rester quelque temps en place pour servir de couche sacrificielle dans l'attente d'une restauration.

Outre la nature des compresses, les paramètres généralement considérés comme importants sont ***l'épaisseur des compresses et la teneur en sels solubles*** des compresses vierges.

### **Teneur en sels solubles des compresses vierges**

Il est indispensable que les matériaux soient exempts de sels solubles. Cela peut être vérifié par une mesure de conductivité ou mieux par un dosage de sels solubles.

### **Epaisseur des compresses**

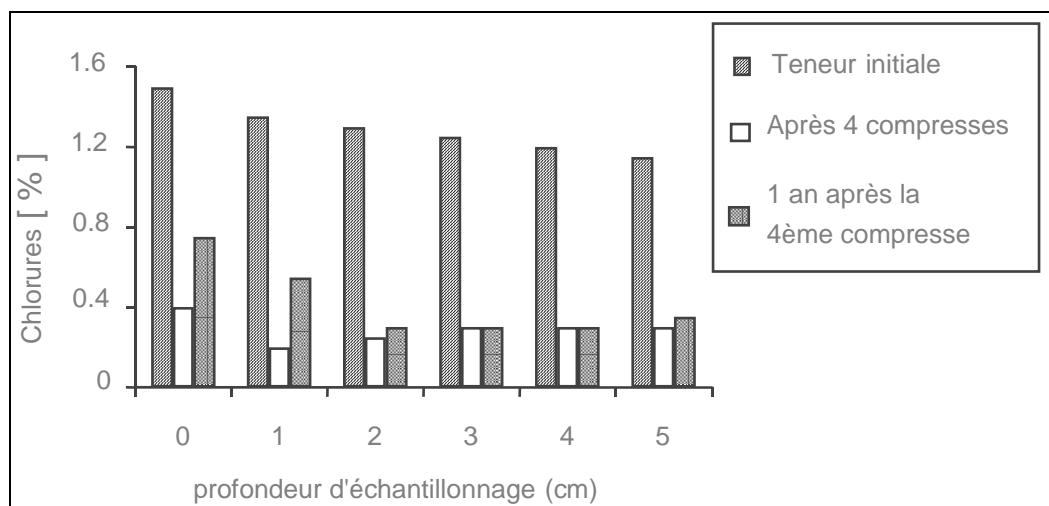
*Aucune étude n'a été faite à notre connaissance sur ce paramètre. L'impression générale que donne la littérature est que l'on essaye de faire en sorte que les compresses soient les plus épaisses possibles sans qu'elles tombent sous leur propre poids. Cela correspond généralement à une épaisseur d'environ 2 cm. Ce paramètre a cependant été étudié dans le cas de compresses de nettoyage en carboxyméthylcellulose. Ce travail a montré que de multiples applications de fines couches étaient plus efficaces qu'une seule application en couche épaisse.*

Les paramètres faisant varier l'efficacité d'un dessalement par compresses sont nombreux. En effet, chacun des trois processus qui se succèdent dans ce type de dessalement est lui-même dépendant de plusieurs facteurs.

## **8.4.3 – AVANTAGES, INCONVENIENTS ET RECOMMANDATIONS**

Si la méthode des compresses a le mérite de pouvoir s'appliquer in situ, elle présente un inconvénient majeur : la profondeur atteinte par le front de dessalement est faible. Elle dépasse rarement 5 à 10 cm, alors que dans certains cas une pollution saline peut intéresser toute l'épaisseur d'un mur, c'est à dire souvent plus d'un mètre dans les monuments médiévaux. Les reprises d'altération dues aux migrations des sels résiduels vers la surface sont ainsi l'une des causes majeures d'insuccès à moyen terme de la méthode. On peut citer à titre d'exemple le cas du dessalement d'une salle de la Tour de Londres, réalisé par la méthode des compresses d'argile dans les années 70.

Juste après le dessalement, des niveaux tout à fait satisfaisants de chlorures avaient pu être dosés dans les pierres. Mais un an après, les chlorures avaient de nouveau contaminé la surface des pierres par diffusion.



*Évolution de la teneur en chlorures d'une maçonnerie après dessalement par compresse. D'après M.J. Bowley, 1975.*

Un dessalement incomplet, bien que non admissible en règle générale, peut cependant être envisagé dans deux types de cas ; tout d'abord, si l'on souhaite obtenir une bonne adhésion d'un mortier sacrificiel, et d'autre part si les sels sont peu solubles donc peu susceptibles de migrer dans la porosité.

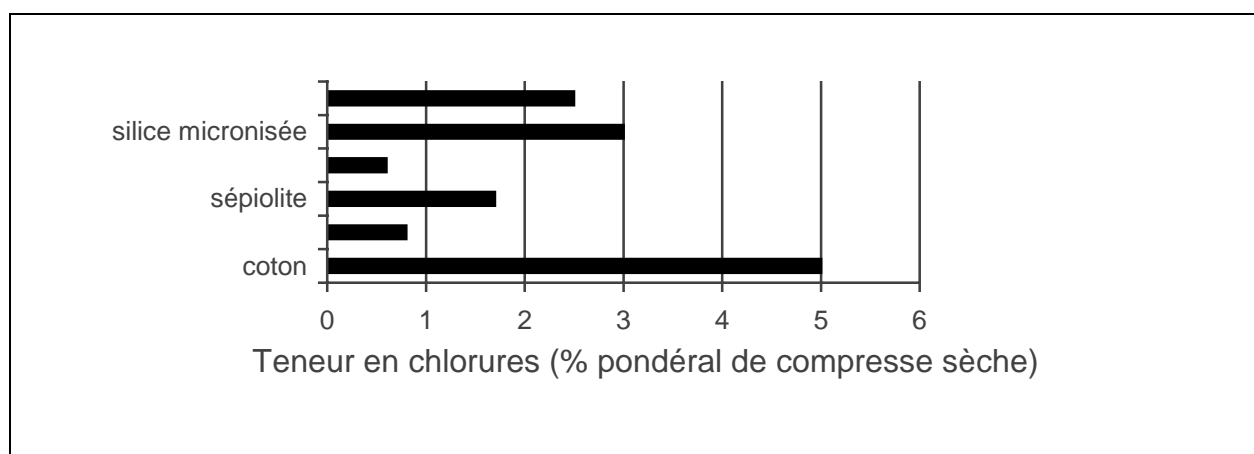
## **8.5 – CONTROLE D'UN DESSALEMENT PAR COMPRESSES**

Le contrôle du dessalement peut se faire par dosage des sels totaux ou de certains ions caractéristiques dans les compresses successivement appliquées sur le parement. Il faut savoir que les dosages de sels dans les argiles peuvent donner des résultats faux car ces matériaux ont la capacité de retenir certains ions.

La mesure de la conductivité de suspensions de compresses polluées est une autre méthode couramment employée.

Lorsqu'une comparaison d'efficacité de compresses de différentes natures est envisagée, il faut veiller à exprimer les résultats en grammes par unité de surface et non en grammes par unité de poids de la compresse, car à poids sec égal, la superficie recouverte par différents types de compresses peut varier considérablement selon leur densité et leur limite de plasticité. La même remarque est à faire quand des compresses de même nature mais d'épaisseurs différentes sont comparées. Ainsi, dans tous les cas où des compresses constituées de matériaux à densité très différente sont testées, le fait de classer l'efficacité des produits en % pondéral de sels captés favorise beaucoup les produits les moins denses, ceux qui captent le plus d'eau pour devenir pâteux et enfin ceux qui sont étalés en moins grande épaisseur.

En présence de certaines argiles, la courbe de conductivité peut montrer de fortes valeurs pas uniquement dues aux sels mais aussi aux propriétés d'adsorption des argiles elles-mêmes. Le même problème se pose si on ajoute un biocide ionisé tel un ammonium quaternaire à l'eau d'humectation des compresses.

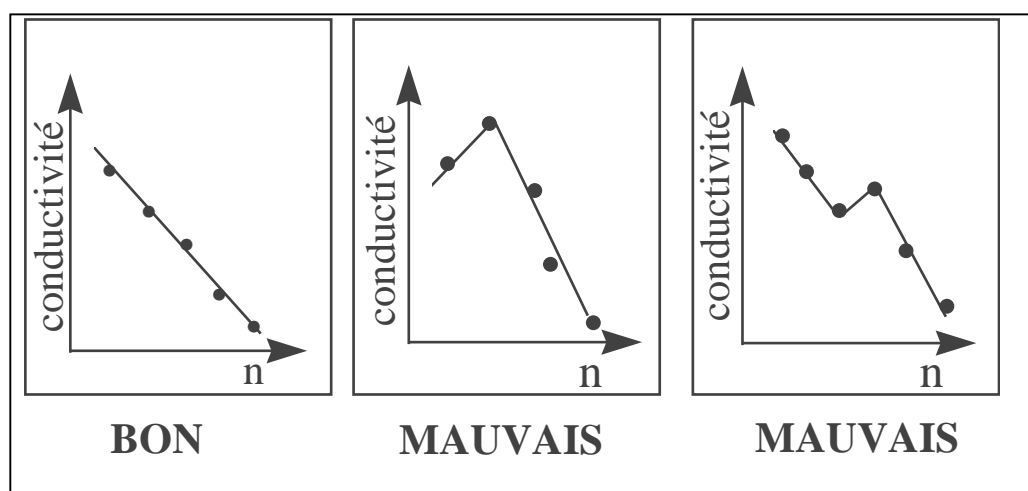


*Pour une même efficacité de dessalement de 25 grammes par mètre carré, la teneur en chlorures mesurés en % pondéral de compresse sèche varie énormément d'un type de matériau à l'autre.*

Le moment auquel une compresse doit être enlevée est déterminé soit par le moment de son décollement soit par le moment à partir duquel elle est complètement sèche. Une compresse sèche ne peut en effet être efficace. Il est important d'attendre la dessiccation complète de la

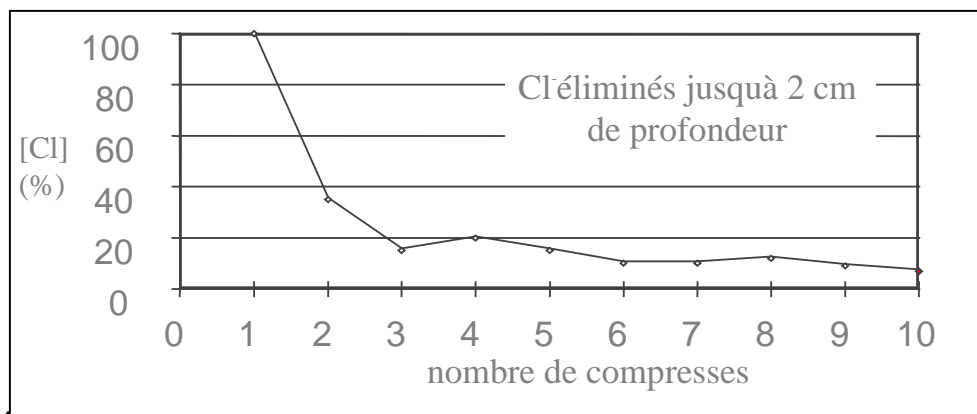
compresse avant de la retirer. Par ailleurs, si une compresse se détache prématurément de son support, il ne faut pas la réhumecter et la réappliquer car elle pourrait contaminer le support. Il faut au contraire la détacher complètement, la jeter et la remplacer par une compresse neuve.

Certains auteurs ont tenté de préconiser des critères pour évaluer les dessalements par compresses. Il a été ainsi affirmé que la courbe d'évolution des conductivités de compresses successives doit être toujours décroissante pour qu'un dessalement soit correct. En fait, on peut trouver des cas où un dessalement conforme aux recommandations précédentes n'a finalement pas donné satisfaction, car les sels ont été éliminés régulièrement mais jusqu'à une profondeur insuffisante.



*Recommandations pour un dessalement correct, selon Ciabach et Sjobinski (1989) . Les courbes représentent l'évolution de la conductivité en fonction du nombre de compresses appliquées. Il s'avère en fait **que même si un dessalement par compresses se déroule selon le schéma "bon", son résultat peut être mauvais.***

Par ailleurs, on considère souvent qu'un dessalement est terminé quand la conductivité ou la teneur en sels des compresses n'évolue plus. En fait cette caractéristique ne veut pas dire que la totalité de l'objet a été débarrassée de ses sels, mais seulement qu'il a été correctement dessalé jusqu'à une certaine profondeur, déterminée par la profondeur atteinte par le front d'humectation lors du dessalement. Le dosage des sels dans les compresses ne suffit ainsi pas pour affirmer qu'un dessalement est correct (voir figure suivante).





*Suivi des teneurs en chlorures au cours d'un dessalement par compresse. Les auteurs ont constaté après coup que les chlorures n'avaient été éliminés que jusqu'à 2 cm de profondeur. D'après Fassina et al. 1992.*



## CHAPITRE 9 – RENFORCEMENT STRUCTUREL

### 9.1 – COULIS ET INJECTION DE MORTIER

L'injection de coulis de mortier accompagne souvent des ouvrages de consolidation localisés (reprise de parements, percements, incrustements, etc...) afin de rendre une nouvelle cohésion avec les ouvrages anciens. Dans la mesure où cette technique permet la consolidation sans démontage et conserve ainsi toutes les déformations et l'authenticité du monument, elle peut être considérée comme un des outils de la restauration moderne et être appelée à un emploi de plus en plus fréquent.

Le but de l'injection peut être double : ré-homogénéiser les maçonneries ; restituer les propriétés mécanique initiales.

Le pourcentage des vides à cœur d'une maçonnerie peut être important dès l'origine de la construction. Il peut avoir été aggravé au fil du temps et des intempéries, en particulier dans les ouvrages très exposés ou, au contraire, être resté pratiquement inchangé dans les zones protégées.

Le choix des matériaux constitutifs du coulis est très important. Des sondages réalisés après injection de coulis non stabilisé prouvent que l'on risque souvent d'obtenir un mélange hétérogène constitué de l'ancien mortier d'une part, et le nouveau liant qui se présente sous forme de blocs compacts et de filaments. Il est important d'éviter les risques de points durs, préjudiciables à la stabilité et risquant de provoquer de nouvelles ruptures et de perturber les échanges hygrométriques entraînant des effets graves sur les enduits intérieurs et peintures murales notamment (condensation).

Du fait du temps de séchage très important qu'ils requièrent, les liants aériens (chaux grasse, argile) ne pourront être utilisés à l'état pur. Ils peuvent être additionnés à des liants hydraulisés suivant des pourcentages fixés au cas par cas et devant faire appel à des analyses préalables.

#### **Techniques de mise en œuvre**

Toute confortation par injection doit faire l'objet d'une étude adaptée aux objectifs.

Précautions à prendre préalablement à l'injection :

- étanchements des parements par vérification ou réfection des joints. Réservation des trous de coulage et des événements dans les joints existants, sans nécessité de forage ;
- au besoin, mise en place de platelage de maintien pour consolider les enduits fragiles à conserver (poussée hydrostatique) ;
- protection des ouvrages craignant l'humidité : l'injection provoque un apport d'eau.

Injection :

- l'injection gravitaire, de bas de haut doit être privilégiée à l'injection sous faible pression ;
- la hauteur des bandes d'injection doit être fonction des volumes à combler ;
- le délai entre deux coulages doit correspondre au temps nécessaire à la prise du coulis (échantillon témoin), - attention au phasage du chantier-.

Contrôle :

- Des contrôles sont systématiquement prévus, selon les conditions définies dans l'étude préliminaire à l'injection (ils doivent faire l'objet de stipulations précises dans le chapitre 5 "Contrôles et tolérances des ouvrages finis " du CCTP ).

### 9.1.1 – OBJET DU PRESENT CHAPITRE

Le présent chapitre est destiné à déroger et compléter la réglementation en vigueur en matière d'ouvrages de confortation interne des maçonneries par injection de coulis dans le cadre de la restauration des Monuments Historiques.

### 9.1.2 – NATURE DES PRODUITS CONSTITUANT LES COULIS

#### Qualité des coulis à injecter

La nature du ou des coulis ainsi que leurs conditions de mise en œuvre sont définies au CCTP à partir des études préliminaires. Le ou les coulis doivent posséder les qualités suivantes :

- facilité d'injection : le coulis doit rester stable pendant la durée d'injection ;
- le coulis doit effectuer le moins de retrait possible ;
- le coulis doit être stable dans le temps et ne pas perdre ses caractéristiques mécaniques sous l'action d'agents extérieurs.

Les liants utilisés pour la confection de coulis sont de 3 catégories :

- plâtre ;
- chaux ;
- ciment.

#### 9.1.2.1 – Les coulis de plâtre, de chaux ou de ciment

Sont constitués de :

- ciments conformes à la norme NF P 15-301, de ciments spéciaux (par exemple : Ciments finement broyés),
- chaux de construction conformes à la Norme NF P 15.311 ;
- plâtre ;
- eau de gâchage conforme à la norme NF EN 934-2 ;
- éventuellement de charges dont le rôle peut être de s'opposer à la décantation ou d'expanser le coulis ou de le rendre thixotrope<sup>7</sup> ;
- de produits agissant sur les conditions de prise ou performances finales ; adjuvants conformes à la norme NF P 18-103 - additions par exemple des fumées de silice conformes à la norme NF P 18-502.

---

<sup>7</sup> Produit qui se liquéfie lorsqu'on l'agite et se régénère lorsque l'agitation cesse.

### **9.1.3 – ETUDE PREALABLE D'INJECTABILITE**

Cette étude comprend trois phases :

#### **9.1.3.1 – Etude de la maçonnerie existante**

Cette étude consiste en une identification des matériaux composant la maçonnerie (caractéristiques physico-chimiques des matériaux dans toute l'épaisseur des murs, piliers, etc... [ pierres de taille, moellons, briques, mais aussi les matériaux de remplissage, fourrure, mortier de pose, etc...]).

La nature des liants composants le mortier en place doit être déterminé avant la formulation du coulis de confortation, afin d'éviter une incompatibilité entre matériaux. Ainsi, les maçonneries anciennes présentant des restes de plâtre interdisent l'injection de coulis hydrauliques.

Il est également nécessaire de déterminer les dimensions respectives des murs, des matériaux de parements, des fourrures, des maçonneries de fondation, de réaliser une reconnaissance de sol, etc...

Les analyses préliminaires doivent permettre d'estimer les volumes de vide à injecter et la nature du coulis à injecter.

#### **9.1.3.2 – Une étude du ou des coulis en laboratoire**

A partir de l'étude de la maçonnerie, les caractéristiques du ou des coulis sont définies : nature des liants, maniabilité, retrait, etc.

L'étude en laboratoire permet de mettre au point le ou les coulis ayant les caractéristiques recherchées.

#### **9.1.3.3 – Epreuve de convenance sur chantier**

Cet essai consiste à réaliser sur le chantier dans un ou des volumes de maçonnerie bien délimités, une épreuve d'injection. Cette épreuve permet de tester la ou les compositions de coulis mises au point par le laboratoire.

A l'aide de cet essai, on va donc affiner les compositions de coulis, préciser le maillage d'implantation des injecteurs, des événements, leur profondeur, leur diamètre, la pression d'injection, observer les résurgences de coulis (par le sol, le parement, etc...).

La pression d'injection doit être adaptée à l'état de la maçonnerie. Une pression trop forte peut déformer les parements, voire même ruiner la maçonnerie, sous l'effet de la poussée hydrostatique. Une pression trop faible ne permet pas au coulis de s'infiltrer efficacement dans la maçonnerie à consolider.

Les zones expérimentales seront ensuite contrôlées par carottage, par mesure de vitesse de propagation du son, par auscultation au radar, etc. et l'on pourra ainsi juger de l'efficacité de l'injection et au besoin revoir certains paramètres de l'injectabilité.

Si les résultats sont favorables, on pourra estimer plus précisément la ou les quantités de coulis à injecter, ce qui permettra d'évaluer l'incidence du coulis sur la statique de l'édifice.

### **9.1.4 – VERIFICATION DU PAREMENT ET DE LA BASE DE LA MAÇONNERIE AVANT INJECTION**

Il faut vérifier que :

- l'étanchéité des joints entre les matériaux constitutifs de la maçonnerie est bonne ;
- lorsque les maçonneries sont recouvertes d'un enduit, l'étanchéité et l'adhérence de cet enduit sont satisfaisantes ;
- la base du mur à injecter soit étanche pour éviter que le coulis ne s'infiltré et ne se perde dans le sol ;
- la surface des maçonneries existantes qui vont être mises en contact avec le produit d'injection est apte à la recevoir.

Pour les maçonneries très fragilisées ou instables, il faut :

- mettre en place des étais, voir des coffrages, avant le début des travaux d'injection car l'apport d'eau dans la fourrure par le coulis peut diminuer les liaisons internes, ce qui peut conduire à la ruine de l'ouvrage ;
- remailler les fissures.

### 9.1.5 – INJECTION DU OU DES COULIS

Pour l'injection du ou des coulis, des trous sont faits à espacements réguliers avec un outil adapté à l'état de la maçonnerie. Les événements sont mis en place. A titre indicatif, l'espacement est égal, au maximum, à l'épaisseur de la maçonnerie. Les percements sont réalisés dans les joints.

L'injection peut se faire par gravité ou sous faible pression (0.2 ou 0.3 MPa).

Dans le cas d'injection de deux coulis, le moins fluide est injecté en premier, afin de remplir les vides importants, et le coulis le plus fluide est injecté ensuite pour remplir les vides les plus fins et imprégner le mortier de pose.

L'opération d'injection est effectuée par tronçons sur une hauteur maximale d'un mètre.

Pendant l'opération d'injection, il est nécessaire de mesurer la quantité de produit injecté par injecteur, la pression d'injection, le fonctionnement des événements et d'examiner la zone injectée et l'ouvrage pour déceler toute fuite ou déformation de la structure.

Des prélèvements sont effectués à la sortie des événements pour vérifier la qualité du coulis, en particulier la fluidité au cône de Marsh.

### 9.1.6 – CONTROLE DE L'INJECTION

Une épreuve de contrôle a pour objet de vérifier la bonne exécution des travaux.

Elle peut être réalisée :

- par carottage éventuellement complété par des essais mécaniques réalisés sur ces carottages ;

Objectifs des essais destructifs sur carotte :

- vérifier la cohésion du produit injecté par rapport au mortier en place ;
- vérifier l'adhésion du coulis à la maçonnerie (observation micro et macroscopique, essai d'arrachement) ;
- vérifier la conformité des propriétés entre les matériaux injectés et anciens.

- par examen endoscopique<sup>4</sup> (depuis le forage) ;
- par mesure de la vitesse de propagation du son avec comparaison à la valeur initiale ;
- par auscultation au radar ;
- par analyse chimique du coulis.

Afin d'obtenir des résultats probants, il est nécessaire de coupler les examens destructifs et non destructifs et de procéder à un contrôle de l'injection à plus long terme, pour des raisons pratique il est préférable de les réalisés avant les travaux de finition.

L'intervention d'un laboratoire, la nature et le nombre de contrôles sont indiqués au CCTP. Tous les frais afférents à ces contrôles, qu'ils soient favorables ou non à l'entreprise, sont à la charge de l'entreprise et font l'objet d'un article spécial au BPU - DE.

Les contrôles complémentaires que l'architecte jugerait nécessaire de faire effectuer sont régis par l'article spécifique du CCAP.

## **9.2 – RENFORCEMENT ET CONSOLIDATION A BASE DE RESINES**

Les résines synthétiques actuellement utilisées dans le domaine du collage, du goujonage ou de l'injection des pierres ou des maçonneries sont des polymères qui appartiennent à la famille des résines **polyesters**, des résines **polyuréthanes** et surtout des résines **époxydiques** qui présentent des propriétés de mouillabilité et d'adhérence superficielle remarquable, même lorsqu'elles sont appliquées en couches minces. Les résines synthétiques thermoplastiques (polychlorure de vinyle, polystyrène,...) ou encore les résines silicones n'ont pas d'application dans ces domaines tandis que les résines **acryliques** (polymères acrylates et méthacrylates comme le Paraloid) sont depuis plusieurs décennies employées pour la restauration des verres ou des couches picturales (collages ponctuels, refixages).

Les résines époxydiques se présentent sous la forme de liquides prépolymérisés qui vont former, après réaction, des polymères solides. Outre leurs qualités mécaniques, l'intérêt de ces polymères réside dans la possibilité de conserver le produit dans le même état de fluidité pendant un laps de temps qu'il est possible de prédéterminer. Les propriétés intrinsèques des polymères (viscosité, étalement, durée d'emploi, vitesse de polymérisation, qualité de l'adhésion, retrait, tenue à la température et à l'humidité, tenue aux UV...) sont autant de facteurs qui vont aider à la sélection d'un produit en fonction de son usage, de sa destination et des sollicitations auxquelles ces résines vont être soumises.

Les résines époxydiques sont constituées de deux composants, l'un comprenant le groupe époxyde, l'autre correspondant au durcisseur qui va réagir avec l'époxyde pour former un réseau tridimensionnel et rigidifier le produit (macromolécules). Ces deux composants (résine et durcisseur) peuvent être optimisés en fonction des volumes à remplir et des délais nécessaires à la réalisation de l'injection ou du goujonage.

Ces produits assurent une bonne compatibilité avec les pierres du point de vue chimique (innocuité). Dans le cas de collages, on s'oriente dans la mesure du possible vers une application de colle aussi réduite que possible en épaisseur, en favorisant la mise en place d'un film mince "sans épaisseur". Cette particularité est pratiquement impossible par assemblages hydrauliques. Dans le cas d'injections, il peut être intéressant d'ajouter une charge (poudre de pierre) qui limitera les retraits lors du durcissement final et par suite les risques de fissuration. En contrepartie, ce procédé induira une augmentation de la viscosité, ce qui peut être problématique lorsqu'il s'agit d'atteindre de fines fissures difficiles d'accès. Dans le cas d'un

---

<sup>4</sup> Avec un instrument permettant d'examiner les cavités profondes (caméras vidéoscopiques, etc...).

scellement à l'aide de goujons de petite taille ( $<15$  mm), il n'est pas toujours conseillé de remplir complètement les interstices entre le goujon et la pierre à cause des probables contraintes différentielles entre les matériaux. Ces résines présentent un large spectre de viscosité, des durées d'utilisation variables (10 minutes à plusieurs heures), un retrait linéaire très faible (0.2%) et une température de transition vitreuse ( $T_g$ ) variable permettant de s'affranchir des risques de changement d'état lié aux élévations de température. Bien que ces produits présentent des propriétés compatibles sinon peu éloignées de celles des pierres, ils se caractérisent à l'état durci, par un module d'élasticité 10 à 100 fois plus faible que celui des pierres, des résistances mécaniques en traction significativement plus élevées et des dilatations thermiques 10 à 20 fois supérieures à celles de la majorité des pierres calcaires. Le risque majeur lié à l'emploi de ces résines réside par conséquent en la création de "points durs" au sein du réseau poreux de la pierre provoqués par les contraintes liées aux éventuelles variations de température. Le développement de ces contraintes d'origine thermique est toujours préjudiciable à la pierre, moins élastique. Si le coefficient de viscosité dynamique de la résine est choisi de l'ordre de 300 000.00 mPas, elle reste à la surface de la pierre "pénétration inférieure à 0.5 mm" et ne provoque alors pas de point dur.

Dans toutes ces situations de renforcement, la compatibilité et la durabilité des systèmes introduits doivent être préalablement évaluées.



## CHAPITRE 10 – TRAITEMENTS DE SURFACE

### 10.1 – NOTE GENERALE

Les matériaux non normalisés ne sont mis en œuvre que sur stipulations du marché ; l'entreprise doit fournir à l'architecte toutes les attestations de bonne tenue dans le temps de ces matériaux (avis techniques, procès-verbaux de laboratoires référencés).

En cas de doute sur la bonne tenue de ces matériaux, il appartient à l'entreprise d'explicitier ses réserves par écrit à l'architecte.

### 10.2 – PATINES

Il s'agit de produits de fabrication artisanale ou manufacturés. Les patines sont destinées à harmoniser les parties refaites avec les parties existantes, elles doivent s'estomper avec le temps pour laisser place à la patine naturelle.

Les produits d'accrochage sont réservés aux cas d'espèces. Ils doivent être compatibles avec le milieu basique, présenter une bonne résistance à l'hydrolyse<sup>5</sup> et ne créer en aucun cas de barrière étanche s'opposant aux échanges de vapeur d'eau avec l'atmosphère.

Ils doivent être et mis en œuvre conformément aux prescriptions du fabricant.

### 10.3 – BADIGEON AU LAIT DE CHAUX

Les procédés ancestraux de badigeon au lait de chaux avec des adjuvants tels que: vinaigre, vin nouveau, caséine<sup>1</sup>, colle de peau, etc., sont des techniques traditionnelles toujours utilisées et doivent faire appel aux règles de l'art. Les produits d'accrochage sont maintenant à base de résine polymère acrylique. Les produits existants donnent des résultats d'aspect différents suivant leur composition.

La patine (ou lait de chaux) est composée de chaux aérienne en poudre en plus ou moins grande quantité, de sable très fin ou sablon en quantité également variable, de colorants naturels en poudre et d'eau de gâchage additionnée ou non d'un produit d'accrochage (5% maximum en volume).

Le pourcentage en volume de chaux et de sable est compris entre 0 et 30% suivant que l'on désire une patine très transparente ou très couvrante.

Le mélange : chaux, sable et colorants peut être réalisé à sec avec apport d'eau in fine ou au contraire rajouté à l'eau, dans ce cas on peut rajouter d'autres produits pour améliorer la mixibilité des ingrédients.

<sup>5</sup> Décomposition chimique d'un corps par fixation d'eau.

<sup>1</sup> Sous-produit du lait utilisé dans la fabrication de certains matériaux en raison de son pouvoir collant.

Le produit doit être appliqué sur support humide en deux ou trois couches croisées sans attendre que la couche inférieure soit tout à fait sèche.

## **10.4 – TRAITEMENT BIOCIDES**

### **Définitions et fonction**

Les algues et lichens qui se développent sur les œuvres d'art (façades de monuments, statuaire en pierre, vitraux...) sont responsables de nombreuses "salissures" organiques de couleur variée. Ces recouvrements participent à l'altération du support :

- par le phénomène de rétention d'eau qu'ils entraînent ;
- par la production de certains acides organiques ;
- de façon mécanique par l'accrochage, sur le support, de leurs racines (appelées rhizoïdes ou rhizines pour les lichens).

Les facteurs qui jouent un rôle dans leur installation et leur développement sont essentiellement l'humidité et la lumière.

Sur un matériau rocheux, les algues sont souvent les premiers colonisateurs visibles. La nature du substrat n'apparaît pas très importante puisqu'on retrouve les algues sur les granites, les calcaires mais aussi les enduits, les bétons et même les peintures murales.

Dans le cas de développement d'algues, le terme " salissure biologique " va être lié à un aspect chromatique du support. Globalement, trois types peuvent être distingués :

### **Les salissures vertes**

On va les rencontrer sur des supports très lisses (vitraux) jusqu'à des supports très rugueux (pierre) et toujours très humides.

L'orientation " Nord " est souvent privilégiée. On y trouvera un mélange de *chlorophycées* (algues vertes) comme Chlorococcacées et Ulotricacées et de *cyanobactéries* (algues bleues) comme Aphanocapsa, Nostoc, Gloeocapsa.

### **Les salissures noires**

On va les rencontrer en extérieur sur des supports rugueux et plutôt orientés à l'ouest, mais également en situation intérieure dans une ambiance très humide. Les responsables sont principalement des cyanobactéries.

### **Les salissures rouges**

Les algues dominantes dans ce type de recouvrement sont les chlorophycées de la famille des *Trentépolhia*. On les rencontre sur des substrats exposés aux vents pluvieux (Nord- Nord Ouest).

Outre la rétention de l'humidité à la surface du matériau, les dépôts végétaux peuvent, par leur constitution et leur produit de décomposition, être une réserve nutritive à une microflore bactérienne nuisible.

L'élimination de ces végétaux apparaît comme nécessaire tant sur le plan esthétique que conservatoire pour le matériau support.

### **Sélection de produits biocides**

Les produits biocides disponibles sur le marché sont le plus souvent identifiés comme des "algicides" et sont pratiquement tous de la famille des ammonium quaternaire. Il n'existe pas de produits spécifiquement "lichénicides". Les produits à utiliser contre les lichens sont donc ceux de la gamme "algicide".

Après une série de tests in situ et en laboratoire, le Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH) a sélectionné quatre biocides, à base d'ammonium quaternaire, efficaces dans la lutte et l'élimination de ces recouvrements. Tous ces produits sont habituellement dilués dans l'eau à des concentrations indiquées par les fournisseurs. L'application se fait par pulvérisation ou au pinceau.

Il existe un nombre très important de marques et appellations de produits à base d'ammonium quaternaire qui peuvent donner de bons résultats mais n'ont pas été testés.

### **Conseils d'emploi**

Si le traitement se fait en extérieur, il doit être réalisé par temps sec pour éviter le lessivage du biocide par l'eau de pluie. Les applications en période hivernale sont à proscrire.

Le biocide doit être appliqué pendant 2 à 3 jours consécutifs, à raison d'une application par jour, à la concentration préconisée par le fabricant.

Il faut laisser agir le produit au moins 4 à 5 semaines pour obtenir une action complète, c'est à dire le dessèchement des végétaux.

Quand les recouvrements sont bien desséchés (donc morts), ils s'éliminent facilement par brossage doux, à sec.

Après élimination des recouvrements, une dernière pulvérisation de biocide sur le matériau propre assure un effet préventif. Des applications ultérieures régulières (tous les deux ans environ) permettent d'éviter les re-colonisations.

Il faut noter que lorsque l'application d'un biocide précède celle d'un hydrofuge à base de résine silicone ou polysiloxane, il est impératif, en préalable à l'hydrofugation, de rincer le matériau à l'eau pour éliminer toute trace de biocide (l'ammonium quaternaire du biocide et le silicone de l'hydrofuge étant incompatibles).

### **Autre technique**

Testée plus particulièrement sur les lichens : **la vapeur d'eau sous faible pression.**

Le traitement à la vapeur consiste à faire gonfler les recouvrements lichéniques sous l'action d'un jet de vapeur sous faible pression. (La production de vapeur peut être assurée par une machine type "décolleuse à papier peint" ou autre système type "centrale vapeur". Simultanément, un grattage manuel, au racloir, à la brosse douce ou à l'éponge permet l'élimination des lichens.

Cette technique constitue une solution intéressante, qui permet également d'éliminer les salissures noires liées à la pollution atmosphérique. Elle peut être complétée par une simple pulvérisation de produit biocide, à titre préventif.

### **Mise en garde**

Produits du commerce contenant de l'hypochlorite de sodium (eau de Javel).

L'eau de Javel est un biocide alcalin, au pouvoir oxydant fort et très efficace pour la désinfection. Il va tuer et décolorer les microorganismes quasiment instantanément. Mais l'inconvénient majeur dans le traitement de surfaces poreuses comme la pierre est sa forte teneur en chlorure de sodium qu'il produit. En effet un voile blanc, lié à une cristallisation de sels, peut apparaître sur la pierre après application. Ces sels peuvent engendrer des altérations ultérieures du matériau, s'ils ne sont pas éliminés par un rinçage minutieux.

Nous déconseillons l'emploi de ce type de produits sur les pierres poreuses.

### **Suivi**

Après le traitement, il peut être nécessaire de ré-intervenir sur les zones traitées. A l'issue du traitement les fiches techniques et de sécurité des produits, les bordereaux de traitements (modèle en annexe du CCTP) ainsi que la carte de répartition des zones traitées seront regroupées dans un même dossier et produit dans le DDOE.

## **10.5 – HYDROFUGATION**

L'application d'un produit hydrofuge a pour but de limiter la pénétration de l'eau de pluie dans les pierres. C'est un traitement préventif.

### **10.5.1 – CONDITIONS PREALABLES**

La décision d'hydrofuger doit être le résultat d'une démarche préalable du maître d'œuvre qui en aura évalué les avantages et les risques. Les vérifications à faire sont :

- constat d'état, il y a nécessité de protéger les pierres contre la pénétration de l'eau;
- certaines conditions techniques préliminaires sont avérées, les travaux d'entretien et de restauration sont réalisés, les joints sont refaits, les pierres sont saines, exemptes de sels, neuves ou non dégradées ou encore consolidées ;
- s'il n'existe pas d'incompatibilité flagrante avec le traitement, comme : la présence de sels, de remontées capillaires, de zones de rétention d'eau, de mortiers à base de plâtre, pas d'apport d'eau à l'arrière de la zone à traiter.

Il est contre indiqué d'hydrofuger en partie horizontale, en sous face d'un élément en saillie, en soubassement.

### **10.5.2 – DEFINITION ET FONCTIONS**

L'hydrofugation est un traitement de surface destiné à limiter la pénétration de l'eau, par application d'un produit qui modifie la tension superficielle du matériau traité. On exige d'un traitement d'hydrofugation qu'il :

- réduise la prise d'eau par capillarité (réduction du coefficient d'absorption d'eau >90%) ;
- affecte peu la perméabilité à la vapeur d'eau (variation du coefficient de perméabilité <20%) ;

- ne change pas l'aspect du mur (couleur, brillance, rugosité) ni sa susceptibilité à l'encrassement ;
- n'engendre pas de dégradations liées à des sels (efflorescences, desquamations).

Pour sélectionner un traitement, il convient de se conformer aux résultats obtenus dans le cadre d'une étude préalable comprenant :

- une étude en laboratoire, dont l'objectif est de définir des conditions qui assurent une qualité de traitement suffisante ou acceptable. Cette étude a pour objet de sélectionner un produit, d'optimiser les conditions d'application et d'évaluer les performances du traitement ;
- une phase de tests sur le terrain, visant à évaluer l'impact esthétique et l'efficacité du produit ;
- l'établissement d'un protocole d'application adapté.

### **10.5.3 – ETUDE DE LABORATOIRE**

Elle comprend les étapes suivantes :

#### **Sélection d'un produit**

Dans le cadre d'une étude d'optimisation d'un couple produit-pierre, le laboratoire est amené à comparer différents types de produits parmi les hydrofuges actuellement les plus utilisés (résine silicone, oligomère ou polymère siloxanique, silane, résine organo-fluorée, mélange de silane et de siloxane,...).

Cependant, les délais disponibles ne sont pas toujours compatibles avec de tels tests de sorte que le produit est généralement sélectionné en fonction de l'expérience acquise sur les produits reconnus comme les plus durables, sur leurs avantages intrinsèques, ou sur leur adaptabilité aux conditions du chantier (humidité des pierres, exposition des zones, période avancée dans l'année). Par exemple, certaines résines organo-fluorées ou microémulsions silicones sont diluables à l'eau, ce qui ne nécessite pas un support obligatoirement sec. De même, de tels produits sont avantageusement employés pour réduire les délais d'application après un nettoyage humide. Les essais en laboratoire s'orientent ainsi davantage vers l'optimisation des conditions d'application d'un produit donné (après caractérisation) en fonction des propriétés des pierres.

#### **Nombre et choix des éprouvettes de tests**

Le nombre d'éprouvettes constitue le plus souvent le facteur limitant à l'étude. En effet, un même type de pierre de construction peut présenter des faciès très variables du point de vue de sa granulométrie, de sa porosité et de ses propriétés capillaires. Il est ainsi nécessaire d'intégrer dans le lot d'éprouvettes, les faciès extrêmes effectivement rencontrés sur le monument. Dans la mesure du possible et pour des raisons de reproductibilité, un même essai sera reproduit sur trois éprouvettes jugées équivalentes. Les éprouvettes de tests sont généralement des cubes 5 à 7 cm de côté ou des carottes 3 à 5 cm de diamètre.

## **Conditions de traitement**

### Conditions de préconditionnement

Les applications de produit sont effectuées sur la surface d'éprouvettes dont on connaît précisément l'état hygrique : elles sont donc préalablement séchées à l'étuve puis refroidies dans un dessiccateur jusqu'à température ambiante (conditions du laboratoire de l'ordre de 20°C et 65% HR). Toutes les opérations ultérieures sont réalisées pour ces mêmes conditions ambiantes (application, condensation).

## **Phase de traitement**

Le traitement proprement dit s'effectue soit au rouleau ou au pinceau, soit par alimentation capillaire continue en produit. Dans les deux cas, on détermine la quantité de produit frais appliqué. La consommation de la pierre en produit frais est habituellement adaptée en fonction de ses propriétés capillaires de manière à accroître et à optimiser la profondeur de pénétration de la solution hydrofuge. Différents traitements peuvent ainsi être effectués :

- par applications successives dans une gamme comprise entre 50 et 500 g de solution au m<sup>2</sup> (variable selon les pierres) ;
- par application d'une quantité constante de solution, pour un taux de matière active croissant (de 5 à 15%) . Cette possibilité n'est bien sur possible que si le produit est commercialisé concentré, ce qui est effectivement le cas pour la majorité des produits actuels de la famille des résines silicones.

## **Evaluation des performances**

L'impact des traitements est évalué par l'analyse comparative avant et après application de certaines des propriétés physiques des pierres. Les propriétés des pierres modifiées par les produits sont déterminées après un délai de condensation de 3 semaines au minimum. Cela concerne :

- la modification de l'aspect et de la couleur ;
- la prise d'eau par capillarité ;
- la profondeur de la zone hydrofugée ;
- la perméabilité à la vapeur d'eau.

## **Evaluation de la durabilité**

Elle est évaluée par la reconduction de certains essais " performantiels " après "n" cycles de vieillissement artificiel et accéléré en chambre climatique. Les contraintes imposées lors de ce cycle sont variables selon les laboratoires et l'environnement que l'on souhaite reproduire (vieillissement au brouillard salin,...). Le Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC) propose, à titre indicatif, le cycle suivant (SAE J-1960) :

- exposition au rayonnement UV (40 min.) ;
- exposition au rayonnement UV + pulvérisation d'eau (20 min.) ;
- exposition au rayonnement UV (60 min.) ;
- pulvérisation d'eau (60 min.).

## **Tests sur le terrain**

Le traitement sera effectué conformément aux conclusions de l'étude de laboratoire. Les tests sur le terrain permettent de valider le transfert des résultats de laboratoire, à l'échelle du

chantier. Les tests ont pour but d'évaluer l'impact esthétique et l'efficacité du produit par des mesures simples :

- impact esthétique : contrôle visuel de l'aspect des zones hydrofugées, mesures de la couleur ;
- efficacité immédiate : tests à la micro goutte (effet perlant) et/ou reprise d'eau à la pipette de Karsten sur une ou plusieurs zones de référence.

### **Suivi**

Après le traitement, il peut être nécessaire de suivre les zones traitées. Le Bordereau de Traitement (en annexe au CCTP) assure la mémoire du traitement initial. Le suivi sera mené d'un point de vue :

- physico-chimique et biologique : reprise d'altération, d'encroûtement ;
- esthétique : contrôle visuel de l'aspect des zones hydrofugées, mesures de couleurs ;
- hydrodynamique : test à la micro goutte (effet perlant) et de reprise d'eau à la pipette de Karsten sur une ou plusieurs zones de référence.

Ces essais permettent non seulement de vérifier la conformité des résultats sur site avec ceux de l'étude, mais également de valider la durabilité in situ et à terme, d'être prédictif en vue d'un éventuel retraitement. Au cas où un micro carottage serait effectué, on établira un profil d'hydrofugation résiduel (par mouillage) et un contrôle de l'aspect du film naturellement vieilli au microscope électronique à balayage.

La fréquence d'intervention sur site est annuelle ou tous les deux ans. Toutes les pièces (rapport d'essais, procès verbal de contrôle et de suivi,...) sont regroupées dans un même dossier et produit dans le DDOE.

## **10.6 – RAGREAGE**

### **Définition**

La technique du ragréage consiste à enlever les parties altérées friables de la pierre, et à appliquer sur le matériau sain et nettoyé, un mortier imitant la pierre tout en respectant l'appareillage de manière à redonner au matériau d'origine l'apparence de son épiderme.

### **Précautions**

Le mortier de ragréage doit être formulé afin de ne pas :

- créer de barrière étanche ;
- engendrer des effets de tension ;
- être compatible avec la pierre support .

Une mise en place correcte est essentielle pour la réussite du ragréage. Les mesures suivantes doivent être prises :

- recouper la pierre jusqu'à la partie saine ;
- lorsque les parties à ragréer ont plus de 0,02 m d'épaisseur, disposer dans la partie saine de la pierre des armatures dont la nature est donnée au CCTP ;
- ne pas réaliser de réparation en forme de sifflet risquant de se détacher très rapidement ;

- respecter les joints de fractionnement d'appareillage par mise en place *par exemple* : de petites bandes de polystyrène expansé de la largeur du joint désiré avec rejointoiement ultérieur après enlèvement des bandes de polystyrène. Les armatures doivent respecter ces joints de fractionnement ;
- protéger les surfaces ragréées du vent et du soleil pendant au moins deux jours.

## **10.7 – ANTIGRAFFITI**

### **Définition**

Un produit antigraffiti est un produit destiné à rendre possible l'élimination d'une peinture ou d'une encre. On distingue les produits **antigraffitis préventifs**, destinés à protéger la pierre, des **produits curatifs**, destinés à éliminer les graffitis.

*Les produits préventifs* sont souvent des résines à base acrylique, adjuvantées ou non de téflon, des résines polyuréthanes ou des résines silicones. On trouve également des microcires, ou des produits à base de polysaccharides. La famille des produits antigraffitis préventifs comprend :

- Les **produits permanents** qui ne sont pas évacués même lorsque le graffiti est éliminé ;
- Les **produits sacrificiels** qui sont partiellement ou totalement évacués en même temps que le graffiti lors de son élimination, ce qui impose un retraitement après chaque opération de dégraffitage.

Ce chapitre ne traite que des produits préventifs.

### **Fonction**

On exige d'un traitement antigraffiti préventif :

- qu'il assure une **protection efficace** de la pierre ;
- qu'il ne **change pas l'aspect** (couleur, brillance, rugosité) du mur ni sa susceptibilité à l'encrassement (physico-chimique et biologique) ;
- qu'il **affecte le moins possible** la perméabilité à la vapeur d'eau des matériaux traités ;
- qu'il **n'engendre** aucune dégradation de nature physico-chimique (sels) ou biologique (développement de moisissures).

La protection des parements par l'application d'un produit antigraffiti doit faire l'objet d'une étude préalable comprenant :

- une étude en laboratoire, dont l'objectif est de définir des conditions qui assurent une qualité de protection suffisante ou acceptable ;
- une phase de tests sur le terrain, visant à évaluer simultanément l'impact esthétique, l'efficacité du traitement et son adaptabilité aux contraintes du site ;
- l'établissement d'un protocole d'application adapté.

### **Etude préalable**

L'objectif principal de l'étude consiste d'une part à déterminer le degré de protection de la pierre contre la pénétration des graffiti, et d'autre part d'évaluer l'influence de la présence superficielle d'un produit sur les propriétés initiales de la pierre (persistance du traitement et innocuité). Pour sélectionner un produit sur la base de l'évaluation des performances du traitement, il convient d'effectuer un certain nombre de tests à la fois en laboratoire et sur le terrain.



L'impact des traitements est évalué en comparant avant et après application, certaines propriétés physiques des pierres. Les propriétés des pierres traitées sont déterminées après un délai de 3 semaines au minimum.

Capacité de protection :

- essai de résistance du film de produit à l'eau ruisselante, évalué soit par observation microscopique soit par des essais de reprise d'eau à la pipette de Karsten en fonction d'un nombre croissant de ruissellements d'eau ;
- essai de résistance à l'encrassement.

Innocuité du traitement

- mesure de la perméabilité à la vapeur d'eau avant et après traitement ;
- mesure de la couleur et de la brillance ;
- caractérisation des états de surface (aspect et morphologie du film, encroûtement biologique).

Selon le type de produit, certaines propriétés complémentaires doivent être évaluées pendant l'étude préalable :

- pour les produits sacrificiels, la fréquence recommandée de retraitement ;
- pour les produits permanents, la persistance du film protecteur, la rémanence de son efficacité suite à une ou plusieurs opérations successives de graffittage-dégraftage.

### **Suivi**

Après le traitement, il peut être nécessaire de suivre les zones traitées. Le Bordereau de Traitement (en annexe au CCTP) assure la mémoire du traitement initial. Le suivi sera mené d'un point de vue :

- physico-chimique et biologique : reprise d'altération, d'encroûtement ;
- esthétique : contrôle visuel de l'aspect des zones traitées, mesures de couleurs ;
- hydrodynamique : test de reprise d'eau à la pipette de Karsten sur une ou plusieurs zones de référence.

La fréquence d'intervention est fonction de la fréquence réelle de sollicitation du site protégé par le traitement antigraffiti. Les rapports de toutes les opérations seront regroupés dans un même dossier qui devra figurer au DDOE.

## **10.8 – BIOMINERALISATION**

La biominéralisation est un procédé qui utilise les facultés d'une bactérie à générer de la calcite, à partir de nutriments et du dioxyde de carbone de l'air. Ce procédé permet d'aboutir à deux types de produits : d'une part des mortiers pour réparer des lacunes de faible dimension, et d'autre part une protection de surface. La variante "protection de surface", consiste en une fine couche de calcite transparente (épaisse de quelques millièmes de millimètres) à la surface de la pierre.

Le traitement est en constante évolution, aussi convient-il de se renseigner auprès du LRMH pour obtenir les renseignements les plus récents.

## 10.9 – TRAITEMENTS CONSOLIDANTS

### Définition et fonction

La consolidation est une **opération visant à conférer à la partie altérée d'une pierre une cohésion identique à celle de sa partie non altérée**. Si le matériau, comme c'est parfois le cas pour certains marbres, ne comporte plus aucune zone saine, la consolidation aura pour but de conférer au matériau une cohésion similaire à celle de la même pierre prélevée en carrière ou dans une zone saine du même monument. Les consolidants opèrent en réalisant des ponts de matière entre les éléments désolidarisés de la pierre. On ne peut généralement pas prétendre effectuer des pontages supérieurs à 50-80  $\mu\text{m}$  avec un produit consolidant. Les vides supérieurs à ces dimensions doivent faire l'objet de collages avec ou sans injection de coulis.

La consolidation dont il est question ici n'est donc **pas une consolidation structurale** à l'échelle d'un bâtiment, mais bien une opération limitée qui ne concerne le plus souvent que certaines pierres, à condition que leur valeur historique et/ou artistique soit élevée. Il ne **s'agit pas non plus d'une réparation** comportant la mise en place d'incrustations de pierres, ou le **collage** de fragments brisés, ou encore le **gougeonnage** de telle ou telle partie désolidarisée.

On exige d'un traitement de consolidation :

- qu'il n'affecte que la partie superficielle et altérée du matériau qui **a perdu sa cohésion initiale**. La *répartition du consolidant* peut être évaluée par des méthodes ultrasonique ou chimique de coloration (dithizone) ou d'attaque acide différentielle ;
- qu'il **restitue la cohésion matricielle** du matériau **uniquement** dans les parties dégradées qui nécessitent d'être consolidées. L'*influence mécanique* due à la présence du consolidant sur les propriétés du matériau peut être évaluée par des essais de **résistance en flexion, en compression**, ou au percement RF/C/P de la zone consolidée. Après consolidation, cette résistance doit être à peu près **égale** à celle de la **zone saine sous-jacente** ;
- qu'il **affecte peu la perméabilité à la vapeur d'eau** (variation du coefficient de perméabilité < 20%) ;
- qu'il ne **modifie pas la dilatation hydrique ou thermique** du matériau ;
- qu'il ne **change pas l'aspect du mur** (couleur, brillance, rugosité) ni sa susceptibilité à l'encrassement ;
- qu'il n'engendre **pas de dégradations liées à des sels** (efflorescences, desquamations).

Pour évaluer la pertinence et la qualité d'un traitement de consolidation, il convient de se conformer aux résultats obtenus dans le cadre d'une étude préalable comprenant :

- une étude en laboratoire, dont l'objectif est de définir des conditions qui assurent une qualité de traitement suffisante ou acceptable. Cette étude a pour objet de sélectionner un produit, d'optimiser les conditions d'application et d'évaluer les performances du traitement ;
- une phase de tests sur le terrain, visant à évaluer l'impact esthétique et l'efficacité du produit ;
- l'établissement d'un protocole d'application adapté.

### Etude préalable

L'étude en laboratoire a pour but de définir un protocole de traitement qui soit adapté à l'état de décohésion du matériau. Son contenu se fonde sur une démarche méthodologique systématique en trois étapes successives :

- L'appréciation de l'état d'altération (étude sanitaire, bilan diagnostic) ;
- La mise en place d'essais et de tests d'application de produits, pour des conditions précises prenant en compte les particularités évidentes de la pierre (intensité de la détérioration, ordre de grandeur de la porosité) ;
- L'évaluation de l'effet des différents traitements par des analyses appropriées.

Ces deux dernières étapes constituent des points sensibles tant la diversité des méthodes et des techniques qu'il est possible de mettre en œuvre est grande. Dans la plupart des cas, toutes les propriétés correspondantes ne sont pas étudiées car l'objet à consolider (parement vertical, statuaire) conditionne souvent les tests à retenir.

A la suite des trois premières étapes, il convient de mener une :

- réflexion approfondie en vue d'une interprétation des résultats acquis. Cette interprétation doit conclure à des préconisations de traitement (conditions, mode) et à des recommandations compatibles avec la réalité du chantier, étant entendu que les résultats d'essais de laboratoire ne peuvent être transposés tels quels in situ ;
- évaluation de la qualité de la consolidation (efficacité, durabilité) que l'on est en droit d'attendre ;
- analyse des risques encourus en cas de décision de traitement.

### **L'étude analytique comprend plusieurs étapes**

#### Caractérisation de l'épaisseur de pierre à consolider

Afin d'adapter un traitement de consolidation approprié à la nature et à l'ampleur de l'altération, il convient de déterminer l'importance de la zone dégradée et qui nécessite d'être consolidée. La profondeur d'altération doit correspondre, dans la mesure du possible, à la profondeur de la zone à traiter et donc à la profondeur de pénétration du produit.

Pour déterminer une perte de cohésion ainsi que la profondeur d'altération les essais sont :

- l'observation visuelle et microscopique ;
- les essais physiques susceptibles de fournir des renseignements sur les caractéristiques physiques de l'altération (profil ou mesure de résistance mécanique de la surface vers le cœur de la pierre, par résistance au percement, résistance à l'abrasion, à la rayure ou auscultation ultrasonique.

Une bonne évaluation de la morphologie et de la profondeur d'altération permet de préciser la profondeur de consolidation souhaitable.

#### Caractérisation les propriétés pétrophysiques des pierres

Les principales propriétés physiques de la pierre saine doivent être mesurées soit à cœur du bloc, soit sur un bloc non altéré sain ou neuf, par :

- résistance mécanique;
- propriétés de stockage (porosité totale et à 48 heures) ;
- propriétés de transfert (capillarité, évaporation et perméabilité à la vapeur d'eau) ;
- propriétés hydro et thermomécaniques (dilatations thermiques et hydriques).

Caractérisation de l'effet du traitement de consolidation.

La profondeur de l'altération étant connue, il faut avoir apprécié la profondeur de pénétration du produit ainsi que son effet consolidant.

Exceptée une méthode (la résistance au percement), la profondeur de pénétration ne peut être estimée qu'en laboratoire, par différentes méthodes directes ou indirectes :

- simple observation visuelle de la frange capillaire lors du traitement ou mouillage d'une coupe de la pierre ;
- essai de coloration à la dithizone ;
- observation en microscopie électronique à balayage (pour les pierres non siliceuses) ;
- attaque acide sur une coupe de pierre traitée (pierre calcaire uniquement) ;
- mesure de la vitesse du son, résistance au percement, à l'abrasion ou résistance à la flexion bi-axiale.

Il est nécessaire de contrôler que le traitement modifie dans des limites acceptables les autres propriétés du matériau :

- couleur, brillance ;
- résistance mécanique (module d'élasticité...) ;
- propriétés de stockage (porosité totale et à 48 heures) ;
- propriétés de transfert (capillarité, évaporation et perméabilité à la vapeur d'eau) ;
- propriétés hydro et thermomécaniques (dilatations thermiques et hydriques).

La concentration et la consommation de produit sont fixées à partir d'un compromis entre l'effet consolidant recherché et une limite acceptable des modifications des autres propriétés de la pierre. Il est cependant inutile et dangereux de surconsolider une pierre au risque de colmater sa porosité et de réduire sa capacité à sécher (perméabilité à la vapeur d'eau, évaporation) ou à trop rigidifier le matériau traité. Tous les réglages ainsi que le choix du produit doivent être précisés dans le cadre de l'étude de faisabilité de façon à répondre à des exigences connues.

Les autres paramètres techniques de mise en œuvre qui ont une influence sur la qualité de la consolidation sont :

- les conditions d'application (température et humidité du matériau et de l'air ambiant) ;
- le taux de contamination en sels de la pierre altérée.

Sels	Teneurs limites (en poids)
Chlorures	0,1%
Nitrates	0,5%
Sulfates	- le taux de sulfate de calcium (gypse) doit être = à 5 % - le taux des autres sulfates (sodium, potassium, magnésium...) doit être =0.1%

### Suivi d'un traitement de consolidation

Le suivi constitue la suite logique de la rédaction du protocole de traitement éprouvé, par l'entreprise et ne peut intervenir qu'après un délai de réticulation d'un mois. Il consiste en la mise en œuvre d'investigations (peu ou pas destructives) visant à :

- documenter le traitement (bordereau de traitement, en annexe au CCTP) ;
- vérifier la réalité du traitement appliqué et valider la conformité des résultats d'essais avec ceux entérinés lors de l'étude de faisabilité ;
- suivre l'efficacité du remède dans le temps.

Il comprend trois phases chronologiques successives :

#### A. Assurer la mémoire du traitement.

L'entreprise ou le restaurateur ayant réalisé l'application doit verser au dossier :

- le formulaire d'application (bordereau de traitement) ;
- une carte ou un plan précis de répartition des zones consolidées et des opérations particulières réalisées (un ou deux traitements,...).

Les fiches techniques et de sécurité du ou des produits appliqués.

#### B. Caractériser l'effet du traitement.

Elle s'effectue par des mesures comparatives avant et après application sur site, et/ou après application sur site et en laboratoire.

- propriétés esthétiques : contrôle visuel et par colorimétrie de l'évolution de la couleur de la pierre ;
- propriétés pétrophysiques : test d'absorption d'eau à la pipette de Karsten ;
- propriétés mécaniques : éventuellement, essai de résistance au percement ;
- au cas où un micro-carottage serait effectué, d'autres mesures sur la structure sont entreprises ;
- évaluation de la profondeur de pénétration du produit par coloration à la dithizone, attaque différentielle à l'acide chlorhydrique, traçage par ultrasons, tests d'absorption à la microgoutte ;
- mesure de l'influence du colmatage de la porosité lié à la présence de produit par absorption d'eau par capillarité, perméabilité à la vapeur d'eau ou cinétique d'évaporation.

#### C. Assurer le suivi.

Il s'agit d'un contrôle continu et d'un accompagnement de mesures afin de suivre l'efficacité dans le temps. Il comprend :

- L'appréciation du comportement de la partie restaurée par un examen visuel, éventuellement complétée par un test de reprise d'eau à la pipette de Karsten ;
- L'examen d'une zone représentative ou sensible, sera complété par une photographie avec charte de couleur, commenté et interprété sous forme d'une carte de répartition des états de surface.

La fréquence d'intervention est, si possible, annuelle pendant les cinq années consécutives au traitement. Toutes ces pièces (rapports d'essais ou de faisabilité, procès verbal de contrôle et de suivi,...) sont regroupées dans un même dossier, qui devra figurer au DDOE.



## **CHAPITRE 11 – DALLAGE EN PIERRE**

### **11.1 – DEPOSE DE DALLAGE**

Celle-ci sera réalisée de la manière la plus soigneuse possible afin de permettre la réutilisation des dalles.

#### **11.1.1 – RELEVES, EXAMENS**

Avant toute intervention sur un dallage ancien un examen archéologique et des relevés devront être réalisés. Ces derniers comporteront au minimum les éléments suivants :

- le calepinage de l'ensemble du revêtement (dalles et joints) ;
- le repérage et les dimensions de chaque dalle (longueur, largeur, épaisseur, chanfrein..) ;
- l'identification, le relevé et la description de toutes les couches dans leur épaisseur (lit de pose, couche de base, fondation, couche de forme).

#### **11.1.2 – TRAVAUX DE DEPOSE**

- Les joints seront ouverts avec soin avec un matériel approprié (sciote, disque, eau sous pression, etc.) ;
- Des moyens de manutention adaptés au revêtement seront choisis afin d'éviter les épaufrures ;
- Les dalles seront décrottées des traces de mortier ;
- Chaque dalle sera marquée à la craie si la repose se fait rapidement, sinon à l'outil sur le lit de pose.

#### **11.1.3 – CONSERVATION**

En fonction de la fragilité des dalles de pierre à conserver, elles seront mises sous abri, en évitant le contact avec le sol. On prévoira également suivant la zone ou la période climatique une protection contre le gel.

Si nécessaire, les couches sous-jacentes seront pareillement placées en conservation (sable, gravier, pierraille, argile, hérisson, éléments de drainage...etc.).

Certains matériaux chargés de sels devront soit être dessalés, soit être conservés en milieu humide (eau, sable humide, emballage étanche,...etc.) afin d'éviter les phénomènes de cristallisation.

### **11.2 – REALISATION DE DALLAGES EN PIERRES NATURELLES ANCIENNES.**

On s'efforcera pour la restauration d'un dallage, de conserver les matériaux existants et les techniques anciennes de réalisation, si elles sont compatibles avec la nouvelle destination du dallage.

### 11.2.1 – ETUDES PRELIMINAIRES

Avant toute intervention sur un dallage ancien, des relevés, un diagnostic archéologique et technique devra être réalisé. Ce dernier devra identifier les causes des désordres pour qu'il puisse en être tenu compte dans la restauration du dallage.

### 11.2.2 – RELEVES

Les relevés comporteront au minimum les éléments suivants :

- le calepinage de l'ensemble du revêtement (dalles et joints) ;
- le repérage et les dimensions de chaque dalle (longueur, largeur, épaisseur, chanfrein..) ;
- l'identification, le relevé et la description de toutes les couches dans leur épaisseur (lit de pose, couche de base, fondation, couche de forme).

#### 11.2.2.1 – Examens

Ils devront préciser:

- la nature des dalles et des joints ;
- les causes des désordres: changement de sollicitations, vieillissement anormal de la pierre, mauvais entretien des joints, altération de l'assise, de la plate-forme,... ;
- la composition physico-chimique du dallage (revêtement, assises, plate-forme) : son adéquation à la fonction, la nécessité de prévoir des cheminements balisés éventuellement protégés, la modification éventuellement nécessaire de la composition du dallage pour répondre aux sollicitation de nouveaux usages.

#### 11.2.2.2 – Essais - mesures

Les études préliminaires comprendront également au minimum les résultats d'essais suivants :

Pour la couche de surface :

A. Dallages intérieurs :

- dimensions des dalles (longueur, largeur, épaisseur) ;
- identification du lit de pose : nature, analyse chimique, dosage, granulométrie, etc. ;
- nature pétrographique de la pierre (NF EN 12407) ;
- essai d'usure au disque métallique (NF B 10508) ;
- détermination de la résistance à la flexion sous charge centrée (NF B EN 12372) ;
- largeur des joints, analyse chimique, dosage et granulométrie.

B. Dallages extérieurs :

- dimensions des dalles (longueur, largeur, épaisseur) ;
- identification du lit de pose : nature, analyse chimique, dosage, granulométrie, etc. ;
- nature pétrographique de la pierre (NF EN 12407) ;
- essai d'usure au disque métallique (NF B 10508) ;
- détermination de la résistance à la flexion sous charge centrée (NF B EN 12372) ;



- largeur des joints, analyse chimique, dosage et granulométrie ;
- détermination du coefficient d'absorption d'eau par capillarité (NF EN 1925) ;
- essai de gel (NF B 10513).

Pour les assises et la plate-forme :

Base et fondation des dallages intérieurs et extérieurs

- dimensionnement : épaisseur des assises et de la couche de forme ;
- sol en place : nature et portance ;
- identification des assises et de la couche de forme : nature, analyse chimique et dosage, granulométrie, etc.

### **11.2.3 – CAHIER DES CHARGES**

Toutes les dispositions seront prises pour conserver au maximum les matériaux et leur mise en œuvre originelle. Dans la mesure où ceux-ci ne répondent pas aux critères performantiels prévus pour leur usage, des mesures compensatoires seront proposées par le maître d'œuvre.

## **11.3 – REALISATION DE DALLAGE EN PIERRE NATURELLES NEUVES**

Lorsqu'un dallage vient compléter un dallage existant, il devra être réalisé en harmonie avec l'existant. Des dérogations seront possibles lorsque le mode de pose traditionnel ne permettra pas le respect des normes établies pour les dallages de pierre neufs. Il faudra cependant que les performances techniques répondent à l'usage programmé.

A titre d'exemple, il est apparu que les joints marbriers pouvaient être utilisés dans les monuments historiques, notamment pour la reproduction de motifs précis. La norme ne permet pas ce type de joints car la largeur autorisée ne peut être inférieure à 1,5 mm. Dans ces cas, des joints de dilatation seront prévus en périphérie du dallage.

## CHAPITRE 12

## **CHAPITRE 13 – DEROGATIONS AUX DOCUMENTS GENERAUX**

Les dérogations apportées au CCTG et aux normes homologuées seront explicitées dans cet article.



## CHAPITRE 14 – NORMES ET REGLEMENTS

### 14.1 – FICHES DE NORMES DE PRODUITS ET DE MISE EN ŒUVRE

AFNOR - (14 janvier 2002 – complétées le 14 mars 2002) - Mise à jour du 12 décembre 2002

AVERTISSEMENT relatif aux normes européennes harmonisées :

Dans le cas d'une norme européenne harmonisée (ENh), la reprise en norme française s'effectue comme pour toutes les autres normes européennes au plus tard six mois après sa mise à disposition (DAV) par le CEN, pour ces normes le marquage CE devient possible en général 9 mois après la DAV et obligatoire 21 mois après la DAV.

**NF HD 1000**

**Décembre 1988**

Echafaudages de service en éléments préfabriqués - Matériaux, dimensions, charges de calcul et exigences de sécurité

#### **Objet et domaine d'application**

La présente norme reprend le document d'harmonisation HD 1000 qui s'applique aux échafaudages de service préfabriqués non bâchés, amenés pour les façades. Pour son application en France, il convient de se reporter à l'annexe nationale pour la France en page 37.

Les exigences données ont pour but d'assurer que les échafaudages répondant à ce Document d'Harmonisation peuvent être montés jusqu'à une hauteur de 30 m mesurée à partir du niveau du sol, dans les conditions de chargement spécifiées.

Ce Document d'Harmonisation permet de :

- guider dans le choix des dimensions principales des échafaudages préfabriqués ;
- classer les échafaudages préfabriqués suivant leurs charges ;
- spécifier les propriétés des matériaux à utiliser ;
- donner des règles de sécurité et les dimensions ;
- décrire un modèle de base d'une structure montée.

Il ne traite pas des éléments d'échelles ou autres accès entre les planchers, ni des échafaudages bâchés.

#### **NOTE**

Le comité technique CEN/TC 53 a décidé, en novembre 1986, de préparer un Document d'Harmonisation européen. Dès que les normes de références internationales pour les matériaux et les coefficients de sécurité seront disponibles, ce Document d'Harmonisation pourra faire l'objet d'une révision en vue de son adoption comme Norme Européenne.

Au cours des travaux européens, il a été constaté que la taille moyenne de l'homme augmentait constamment et qu'il fallait mettre à l'étude la modification des dimensions verticales dans les éditions à venir.

Les travaux du comité technique CEN/TC 53 se poursuivent sur :

- les méthodes d'essais sur éléments et sur échafaudages assemblés ;
- les méthodes pour l'analyse des essais et calculs.

Sera remplacée par les projets :

<b>Pr NF EN 12810-1</b>		Echafaudages de façade à éléments préfabriqués - Partie 1 : spécifications des produits
<b>Pr NF EN 12810-2</b>		Echafaudages de façade à éléments préfabriqués - Partie 2 : méthodes de conception particulière et d'évaluation
<b>NF P 93-301</b>	<b>Mai 1967</b>	Echafaudage - Plateaux préfabriqués en bois pour échafaudages volants légers dit “ de peintres ”

### **Objet et domaine d'application**

La présente norme a pour objet de définir les plateaux préfabriqués en bois destinés au montage des échafaudages volants légers dits " de peintres ", d'en fixer les règles de construction, les spécifications relatives aux bois, les dimensions et les essais de réception. Elle s'applique aux plateaux préfabriqués qui entrent dans la construction des échafaudages volants et ne vise pas les différents accessoires servant à sa suspension tels que les étriers métalliques, les moufles à cordages textiles ou les treuils mécaniques à câbles ou chaînes, etc. Elle s'applique aux plateaux préfabriqués en bois d'une longueur maximale de 6 m destinés aux échafaudages volants légers dits " de peintres " utilisés pour les travaux de ravalement en enduits divers et en peinture, pour les travaux neufs ou d'entretien ne faisant intervenir que des matériaux de faible poids, les plateaux étant déplacés verticalement par l'action des occupants sans l'aide d'aucune énergie motrice <sup>(\*)</sup>.

Elle ne vise pas les plateaux assemblés sur le chantier, ni les plateaux devant supporter des matériaux lourds nécessaires à la construction.

<b>Projet Pr NF EN 12813</b>	Tours d'étalement en éléments préfabriqués - Méthodes pour la conception particulière et l'évaluation
------------------------------	---

Date prévisionnelle de publication : 2004.12.01

### **Objet et domaine d'application (provisoire)**

Cette future norme européenne décrit les méthodes permettant d'établir par calcul les données structurales adaptées au raidissement et à la résistance, à partir des essais de chargement des tours d'étalement en éléments préfabriqués en acier et alliages d'aluminium que ces tours soient soumises ou non à des charges horizontales et que leur sommet soit libre ou non. Il est admis, pour un essai global, de démontrer que le modèle adopté dans cette analyse est suffisamment précis.

Elle ne s'applique pas aux tours d'étalement assemblées à l'aide de tubes et de manchons qui doivent être calculées selon l'EN 12812.

<sup>(\*)</sup> Il est rappelé que les échafaudages utilisés pour exécuter des travaux du bâtiment, des travaux publics et tous autres travaux concernant les immeubles doivent satisfaire aux dispositions du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965, notamment les articles 130 à 133.

Elle préconise deux méthodes permettant d'évaluer la résistance de calcul des tours constituées d'éléments en acier et en alliages d'aluminium.

Remplacera la norme homologuée NF P 93-550 de décembre 1987 (voir ci-dessous)

### **Principales modifications par rapport à la NF P 93-550**

Refonte totale pour faire référence notamment à l'Eurocode 3.

### **En attendant reste applicable**

---

<b>NF P 93-550</b>	<b>Décembre 1987</b>	Echafaudages - Tours d'étalement métalliques à éléments préfabriqués - Définitions, essais - spécifications, charges d'utilisation
--------------------	----------------------	---

### **Objet et domaine d'application**

La présente norme a pour objet la définition des éléments des tours d'étalement constituées d'éléments préfabriqués. Elle définit la nature et le nombre des essais dont les résultats doivent permettre de fixer la charge d'utilisation en compression des montants de ces tours en fonction de leur configuration et des sollicitations secondaires qu'elles peuvent avoir à supporter.

La présente norme s'applique aux tours d'étalement indépendantes à éléments préfabriqués, qu'il s'agisse de matériel neuf ou de matériel ayant déjà été utilisé.

Les tours indépendantes comportent au moins trois montants, leur section est polygonale.

L'interprétation des résultats d'essais sur tours indépendantes doit permettre d'établir aussi la capacité portante lorsque les tours sont associées suivant les combinaisons ou les adjonctions permises par le matériel.

Chaque constructeur doit donner dans sa notice technique des indications sur le contreventement dans les cas particuliers d'utilisation.

Par analogie les procédures d'essais indiquées sont aussi applicables aux tours exécutées en tubes et raccords.

Remarque : l'exploitation d'un étalement nécessite généralement l'adjonction d'éléments tels que : garde-corps, planchers, accès, prévus, conçus et fournis par le constructeur ; aucune modification ne doit être faite sans l'accord de celui-ci. Ces éléments ne participent pas à la stabilité.

---

<b>NF EN 1065</b>	<b>Avril 1999</b>	Etais télescopiques réglables en acier - Spécifications du produit, conception et évaluation par calculs et essais
-------------------	-------------------	--

### **Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne spécifie les matériaux, les exigences de conception, les différentes protections contre la corrosion ainsi que les méthodes d'évaluation utilisant les calculs et les essais pour les étais en acier, télescopiques réglables, à filet apparent et à filet recouvert qui sont prévus pour une utilisation sur des chantiers de construction.

Elle spécifie cinq classes de résistance caractéristique nominale pour les étais en acier télescopiques réglables, chacune ayant une série de longueurs d'extension maximale. Chacune présente une configuration différente de la semelle.

Cette norme européenne est principalement une norme sur les produits à utiliser dans le domaine du coffrage et de l'étalement.

Elle ne s'applique pas aux étais télescopiques réglables en matériaux différents ou de fabrication différente, ni ne donne d'information sur l'utilisation des étais télescopiques réglables.

#### NOTE

Alors que cette norme européenne traite des types d'étais télescopiques en acier les plus couramment utilisés, elle n'a pas pour but d'empêcher le développement d'autres types. Par exemple, des étais peuvent avoir des extrémités à articulations ou d'autres systèmes de réglage en longueur, ou ils peuvent être fabriqués avec d'autres matériaux. Alors que de tels étais ne peuvent pas satisfaire à cette norme européenne, il est recommandé que la principale partie de celle-ci soit prise en considération pour leur conception et leur évaluation.

---

**XP B 10-601****Novembre 1995****Produits de carrières - Pierres naturelles -  
Prescriptions générales d'emploi des  
pierres naturelles**

#### **Objet et domaine d'application**

Ce document s'applique aux pierres naturelles massives, aux pierres naturelles de revêtement mural, aux pierres naturelles de revêtement de sol intérieur et extérieur, y compris la voirie.

Il précise leurs prescriptions d'emploi (hors état de surface), en fonction de leur destination dans l'ouvrage, les conditions de réception applicables aux fournitures, et indique les différents essais susceptibles d'être effectués, chaque essai faisant l'objet d'une norme séparée.

Ce document ne traite pas des problèmes de glissance ni de tachabilité.

NOTE 1 - Pour l'identification des pierres, il n'y a plus lieu de se référer à la NF B 10- 301, annulée en 2001, mais à la XP B 10-601 qui indique comment établir la fiche d'identité des pierres (§ 4.1 et 4.2) sur la base des trois essais d'identité suivants :

- masse volumique apparente, selon NF EN 1936 ;
- porosité, selon NF EN 1936 ;
- vitesse de propagation du son, selon NF B 10-505.

Néanmoins, au plan européen, il est envisagé ultérieurement dans le projet d'effectuer l'identification des pierres sur la base des essais suivants :

- résistance à la flexion sous charge centrée, selon NF EN 12372 ;
- résistance au gel, selon NF EN 12371 ;
- effort de rupture au niveau du goujon d'agrafe, selon NF EN 13364 ;
- module d'élasticité statique, selon le projet pr NF EN 14580 ;
- coefficient de dilatation thermique, selon le projet pr NF EN 14581.

NOTE 2 - Pour les prescriptions d'emploi des pierres (état de surface, dimensions et tolérances), la XP B 10-601 sera remplacée par les :

- projet pr NF ENh 771-6 "Spécifications pour éléments de maçonnerie Partie 6 :Eléments de maçonnerie en pierre naturelle " (voir ci-dessous) ;



- projet pr NF ENh 1467 “ Pierres naturelles - Blocs bruts - Spécifications ”(date prévisionnelle de publication : mi-2003) ;
- projet pr NF ENh 1468 “ Pierres naturelles - Produits semi-finis (tranches) - Spécifications ” (date prévisionnelle de publication : mi-2003) ;
- projet pr NF ENh 1469 “ Pierres naturelles - Produits finis de revêtement mural - Spécifications ” (date prévisionnelle de publication : mi-2003) ;
- projet pr NF ENh 12057 “ Pierres naturelles - Produits finis – Plaquettes modulaires - Spécifications ” (date prévisionnelle de publication : mi-2003) ;
- projet pr NF ENh 12058 “ Pierres naturelles - Produits finis - Dalles de revêtements de sol et d'escaliers en pierre naturelle - Spécifications ” (date prévisionnelle de publication : mi-2003) ;
- projet pr NF ENh 12059 “ Pierres naturelles - Eléments en pierres massives (hors maçonnerie) - Spécifications ” (date prévisionnelle de publication : mi-2003) .

**NF EN 12440****Décembre 2000**

Pierres naturelles - Critères de dénomination

**Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne établit les critères de désignation des pierres naturelles, du matériau brut aux produits finis.

**NOTE**

La commercialisation des pierres naturelles à l'échelle internationale a introduit un grand nombre de noms pour désigner les différentes variétés de pierres. La plupart de ces appellations sont des noms traditionnels qui reflètent en général la couleur type et/ou d'autres caractéristiques naturelles et le lieu d'origine de la pierre, bien que cela ne soit pas toujours le cas. Parfois, le nom d'une variété comprend des termes en rapport avec la classification géologique de la roche (telle que granit, marbre, quartzite, etc.) qui peuvent coïncider ou non avec le nom pétrologique exact de la roche. Quelquefois, le même nom est utilisé pour dénommer des pierres différentes et il arrive également que des variétés similaires portent des noms différents.

La présente norme vise à unifier les critères de désignation des diverses variétés de pierres naturelles, tout en maintenant les noms traditionnels et en introduisant des termes se rapportant à la nature pétrologique, à la couleur type et au lieu d'origine.

Une annexe informative fournit une liste (non exhaustive) des noms que portent la plupart des pierres en provenance de chacun des pays européens participants. Cette liste sera révisée à chaque nouvelle édition.

**Projet Pr NF ENh 771-6**

Spécifications pour éléments de maçonnerie - Partie 6 : Eléments de maçonnerie en pierre naturelle

Date prévisionnelle de publication : 2003.12.01 (voir l'avertissement)

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne spécifie les caractéristiques et les exigences de performances des éléments de maçonnerie en pierre naturelle, dont l'épaisseur est égale ou supérieure à 80 mm, utilisés dans les structures de maçonnerie porteuses ou non pour des applications intérieures ou extérieures. Tous les types de pierre reconstituée sont exclus.

Elle définit les performances relatives à la résistance, la description pétrographique, la masse volumique, la porosité, la précision dimensionnelle, la conductivité thermique, l'absorption d'eau et la résistance au gel, mesurées conformément aux méthodes d'essai correspondantes fournies dans des normes européennes distinctes. Elle inclut également des références quant aux propriétés acoustiques et au comportement au feu.

L'évaluation de la conformité du produit avec cette future norme européenne est décrite.

Les exigences de marquage concernant les produits couverts par cette future norme européenne sont également incluses.

Remplacera la norme homologuée NF EN 771-6 de juin 2001 ainsi que les normes homologuées NF B 10-001, 101, 102, 103, 401 et 402.

### ***Principales modifications par rapport à la NF EN 771-6***

La NF ENh 771-6 comportera une annexe ZA permettant d'apposer le marquage CE sur ces produits.

### ***En attendant reste applicable***

---

<b>NF EN 771-6</b>	<b>Juin 2001</b>	Spécification pour éléments de maçonnerie - Partie 6 : Eléments de maçonnerie en pierre naturelle
--------------------	------------------	---

### **Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne spécifie les caractéristiques et les exigences de performances des éléments de maçonnerie en pierre naturelle, dont l'épaisseur est égale ou supérieure à 80 mm, utilisés dans les structures de maçonnerie porteuses ou non pour des applications intérieures ou extérieures. Tous les types de pierre reconstituée sont exclus.

Elle définit les performances relatives à la résistance, la description pétrographique, la masse volumique, la porosité, la précision dimensionnelle, la conductivité thermique, l'absorption d'eau et la résistance au gel, mesurées conformément aux méthodes d'essai correspondantes fournies dans des normes européennes distinctes. Elle inclut également des références quant aux propriétés acoustiques et au comportement au feu.

L'évaluation de la conformité du produit avec cette norme européenne est décrite.

Les exigences de marquage concernant les produits couverts par cette norme européenne sont également incluses.

---

<b>XP P 10-202-1 (DTU 20.1)</b>	<b>Avril 1994</b>	Travaux de bâtiment - Ouvrages de maçonnerie de petits éléments - Parois et murs - Partie 1 : Cahier des clauses techniques
---------------------------------	-------------------	---

### **Objet et domaine d'application**

Le présent cahier des clauses techniques rappelle les règles de l'art en matière d'exécution d'ouvrages de parois et murs de bâtiments en maçonnerie traditionnelle de petits éléments : murs simples, murs composites, murs doubles, murs avec doublage.

Il ne traite pas des ouvrages préparatoires, complémentaires ou spéciaux, qui font déjà l'objet de DTU particuliers.

Les dispositions du présent cahier des clauses techniques s'appliquent aux ouvrages courants de maçonnerie traditionnelle, notamment :

- maçonnerie porteuse ;
- maçonnerie de remplissage de pans de béton armé, d'ossature métallique, mais non de bois ;
- maçonnerie de façade non porteuse ou en doublage ;
- maçonnerie de cloison.

Ces dispositions constituent les règles de l'art pour le climat de la France métropolitaine.

NOTE 1 - Cette norme expérimentale inclut le " cahier des clauses techniques " du DTU 20.1 de septembre 1985 et son amendement d'octobre 1993.

NOTE 2 - Cette norme expérimentale comporte actuellement 2 amendements : XP P 10-202-1/A1 de décembre 1995 et XP 10-202-1/A2 de décembre 1999.

---

**XP P 10-202-2 (DTU 20.1)    Avril 1994**

Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs - Partie 2 : Règles de calcul et dispositions constructives minimales

**Objet et domaine d'application**

Le présent document a pour objet de définir les dispositions constructives minimales (chaînages, appuis des planchers et linteaux, fractionnement des murs par des joints de dilatation et retrait,...), applicables aux maçonneries traditionnelles de petits éléments dont l'exécution est définie par le cahier des clause techniques DTU n° 20.1.

Il détermine, en fonction des techniques d'exécution et des risques de pénétration de la pluie, les épaisseurs minimales des parois et murs.

Dans l'attente de l'établissement d'un DTU traitant de façon complète et détaillée des " Règles de calcul des murs en maçonnerie de petits éléments ", il définit les contraintes admissibles dans les murs et fixe des règles simples de vérification de ces contraintes pour les cas courants. Il donne les règles à suivre pour éviter les condensations dans l'épaisseur des murs à isolation thermique rapportée sur leur face intérieure. Enfin, il indique les dispositions particulières à respecter pour le cas des maçonneries utilisées en soubassement.

NOTE 1 - Cette norme expérimentale inclut les "règles de calcul et dispositions constructives minimales" du DTU 20.1 de septembre 1985 et son amendement d'octobre 1993.

NOTE 2 - Cette norme expérimentale comporte actuellement un amendement : XP P 10-202-2/A1 de décembre 1995.

---

**XP P 10-202-3 (DTU 20.1)    Avril 1994**

Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs - Partie 3 : Guide pour le choix des types de murs de façades en fonction du site

**Objet et domaine d'application**

L'objet de ce document est de donner aux maîtres d'ouvrages et concepteurs des indications permettant de les guider dans leur choix de maçonnerie de petits éléments pour façades de bâtiments, compte tenu de l'exposition de ces façades à la pluie et au vent.

Ce document s'applique aux ouvrages courants de parois et murs de façade de bâtiments en maçonnerie traditionnelle de petits éléments, définis dans le cahier des clauses techniques DTU n° 20.1.

Le choix est fait en vue d'associer un type de mur défini par sa résistance à la pénétration de la pluie fouettante (classement des murs par types définis au chapitre 2), à la sévérité d'un site caractérisé par la situation, l'exposition et l'environnement général de la construction.

Remarque - Les règles définies au présent document correspondent au cas de murs à isolation thermique rapportée sur leur face intérieure ou à isolation répartie. Dans le cas où l'isolation thermique est rapportée côté extérieur, on se référera au Cahier du CSTB n° 1833 (mars 1983).

NOTE 1 - Cette norme expérimentale reprend le " guide pour le choix des types de murs de façade en fonction du site " du DTU 20.1 de septembre 1985.

NOTE 2 - Cette norme expérimentale comporte actuellement un amendement : XP P 10-202-3/A1 de décembre 1995.

---

**Projet Pr NF ENh 998-1**

Spécifications des mortiers pour maçonnerie - Partie 1 : mortiers d'enduits

Date prévisionnelle de publication : 2003.06.01 (voir l'avertissement)

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne s'applique aux mortiers d'enduits industriels extérieurs et intérieurs, à liants minéraux, utilisés sur les murs, plafonds, colonnes et cloisons. Elle contient des définitions et des prescriptions de performances finales.

Elle ne couvre pas les mortiers dans lesquels le sulfate de calcium est le principal liant actif. Le sulfate de calcium peut être utilisé en complément de la chaux aérienne. Si le liant actif est principalement composé de chaux aérienne, le mortier d'enduit extérieur ou intérieur est inclus dans la présente norme. Si le liant actif est principalement composé de sulfate de calcium, le mortier d'enduit est couvert par l'EN 13279. La classification est effectuée par le fabricant de l'enduit.

Les mortiers spéciaux résistant au feu, les mortiers acoustiques, les mortiers de réparation de béton et les produits de traitement de surface d'éléments de construction tels que les produits de ragréage et lissage, peintures, revêtements, enduits minces organiques et les composants préfabriqués (tels que les plaques de parement en plâtre) ne sont pas visés par cette norme.

La présente norme s'applique aux mortiers d'enduits extérieurs et intérieurs définis à l'article 3, à l'exception des mortiers préparés sur chantier. Toutefois, toute ou partie de cette norme peut être utilisée en association avec des codes de mise en œuvre et des spécifications nationales relatifs aux mortiers préparés sur chantier. Les propriétés des mortiers d'enduits dépendent pour une large part du ou des types de liants utilisés. Des caractéristiques spécifiques peuvent être obtenue en fonction de la nature des granulats, adjuvants ou ajouts utilisés.

Les mortiers d'enduits extérieurs et intérieurs suivants sont définis :

- selon la conception ;
  - mortier " performancier " ; ou
  - mortier de " recette " (à composition prescrite) ;
- selon le mode de fabrication ;
  - mortier industriel ;
  - mortier industriel semi-fini ; ou
  - mortier préparé sur chantier ;
- selon leurs propriétés et/ou leur utilisation ;
  - mortier d'usage courant ;
  - mortier allégé ;
  - mortier d'enduit de parement ;
  - mortier d'enduit monocouche extérieur ;
  - mortier pour enduit d'assainissement ;
  - mortier pour enduit d'isolation thermique.

Les mortiers d'enduits n'acquièrent leurs caractéristiques définitives qu'après durcissement complet une fois mis en œuvre. Les enduits remplissent des fonctions déterminées par les caractéristiques des mortiers d'enduits utilisés, des épaisseurs appliquées et du mode de mise en œuvre retenu. En même temps, ils contribuent à l'aspect de surface des bâtiments.

#### NOTE

La diversité des traditions régionales de construction et des climats, des matières premières disponibles n'a pas permis d'établir des compositions de mortiers normalisées à l'échelon européen pour les mortiers " de recette ". Par conséquent, la composition de ces mortiers et leurs domaines d'emploi devraient se baser sur l'expérience disponible sur le lieu d'utilisation.

---

#### Projet Pr NF ENh 998-2

Spécifications des mortiers pour  
maçonnerie - Partie 2 : mortiers de  
montage

Date prévisionnelle de publication : 2003.06.01 (voir l'avertissement)

#### **Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne fournit les prescription applicables aux mortiers de montage industriels (assemblage, jointoiement et rejointoiement) utilisés en maçonnerie sur les murs, colonnes et cloisons (par exemple, maçonnerie apparente ou à enduire, structures de maçonnerie porteuse ou non, destinés au bâtiments et au génie civil).

Elle définit, pour les mortiers frais, les performances relatives à la durée pratique d'utilisation, la teneur en chlorure, l'air occlus, la masse volumique et le temps ouvert (pour les mortiers de joints minces) et, pour les mortiers durcis, les performances liées à la résistance à la

compression, l'adhérence et la masse volumique, toutes les performances étant mesurées selon les méthodes d'essai correspondantes définies dans des normes européennes distinctes.

Elle traite également de l'évaluation de la conformité des produits à cette présente norme ainsi que du marquage.

Elle s'applique aux mortiers de montage définis à l'article 3, à l'exception des mortiers préparés sur chantier. Toutefois, tout ou partie de cette norme peut être utilisée en association avec des codes de mises en œuvre et des spécifications nationales relatives aux mortiers préparés sur chantier.

#### NOTE

Les propriétés exigées pour un mortier sont liées à son utilisation. Elles sont classées en deux groupes, à savoir celles qui ont trait au mortier frais, non durci, et celles qui ont trait au mortier durci.

Remplacera la norme homologuée NF EN 998-2 de mars 2002 (voir ci-dessous).

#### ***Principales modifications par rapport à la NF EN 998-2***

Prise en compte de l'adhérence des mortiers de montage au lieu du cisaillement. En outre, la NF ENh 998-2 incorporera une annexe ZA permettant d'apposer le marquage CE sur ces produits.

#### ***En attendant reste applicable***

<b>NF EN 998-2</b>	<b>Mars 2002</b>	Spécifications des mortiers pour maçonnerie - Partie 2 : mortiers de montage
--------------------	------------------	--

#### **Objet et domaine d'application** (similaire à celui du projet ci-dessus)

<b>Projet Pr NF ENh 13279-1</b>	Plâtres et enduits à base de plâtre pour le bâtiment - Partie 1 : définitions et spécifications
---------------------------------	---

Date prévisionnelle de publication : 2004.03.01 (voir l'avertissement)

#### **Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne spécifie les caractéristiques et les performances des produits en poudre à base de liants au plâtre utilisés dans le domaine du bâtiment. Sont inclus les enduits prémélangés utilisés comme enduits sur les murs et plafonds à l'intérieur des constructions, appliqués sous forme de matériaux de finition aptes à recevoir une décoration.

Ces enduits sont formulés spécialement pour répondre aux exigences de l'utilisation grâce à l'ajout d'additifs, de granulats et d'autres liants. Elle couvre les plâtres et enduits à base de plâtre destinés aux applications manuelles et mécaniques.

Elle s'applique également aux liants destinés à l'usage sur chantier et à la transformation ultérieure en carreaux, plaques de plâtre, ouvrages en staff et éléments de plafonds en plâtre.

Sont également inclus les mortiers à briqueter pour murs et cloisons non porteurs.

Elle définit l'essai de référence concernant les spécifications techniques et permet l'évaluation de la conformité des produits prescrits dans la présente norme européenne.

Elle spécifie, en outre, certaines caractéristiques techniques complémentaires qui présentent un intérêt particulier dans le domaine de la construction.

Elle ne couvre pas le sulfate de calcium utilisé comme liant pour les chapes de sols.

#### NOTE

La chaux sous forme d'hydroxyde de calcium est utilisable comme liant complémentaire au sulfate de calcium. Si ce dernier constitue l'élément principal actif du liant d'un enduit, alors cet enduit sera couvert par cette future norme. Si la chaux constitue l'élément principal actif du liant, cet enduit sera alors couvert par la future norme NF ENh 998-1.

Remplacera les normes homologuées NF B 12-300 et 301 de décembre 1987 et NF B 12-302 de juin 1982 (voir ci-dessous).

#### **Principales modifications par rapport aux NF B 12-300 à 302**

Refonte totale. La NF ENh 13279-1 comportera, en outre, une annexe ZA permettant d'apposer le marquage CE sur ces produits.

#### **En attendant restent applicables**

---

<b>NF B 12-300</b>	<b>Décembre 1987</b>	Gypse et plâtre - Plâtres - Généralités - Clauses et conditions générales
--------------------	----------------------	--

#### **Objet et domaine d'application**

Cette norme a pour objet de fixer les conditions d'emballage, de livraison et de réception de tous plâtres obtenus par déshydratation et broyage plus ou moins poussé du gypse issu de carrière, constitué par un sulfate de calcium dihydrate.

---

<b>NF B 12-301</b>	<b>Décembre 1987</b>	Gypse et plâtre - Plâtres pour enduits intérieurs à application manuelle ou mécanique de dureté normale ou de très haute dureté - Classification, désignation, spécifications
--------------------	----------------------	---

#### **Objet et domaine d'application**

Cette norme a pour objet de préciser les caractéristiques particulières des plâtres pour enduits obtenus par déshydratation et broyage plus ou moins poussé du gypse issu de carrière, constitué par un sulfate de calcium dihydrate, conformes aux caractéristiques générales de la norme NF B 12-300 et destinés à la réalisation d'enduits intérieurs de murs et plafonds par application manuelle ou mécanique (répondant à la définition du DTU n° 25.1).

Remplace la norme homologuée NF B 12-301 d'août 1963 et, avec la NF B 12-401, la norme NF B 12-303 de décembre 1970.

**NF B 12-302****Juin 1982****Plâtres à mouler pour staff****Objet et domaine d'application**

Cette norme a pour objet de préciser les caractéristiques particulières des plâtres à mouler pour staff et les méthodes d'essais permettant de déterminer ces caractéristiques. Elle s'applique aux plâtres spéciaux pour staff ainsi qu'à tous les plâtres à mouler destinés à la fabrication et à la mise en œuvre d'éléments en staff.

**NF ENh 459-1****Octobre 2002****Chaux de construction - Partie 1 : Définitions, spécifications et critères de Conformité**

Date d'application obligatoire du marquage CE : 2003.08.01 (voir l'avertissement)

**Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne s'applique aux chaux de construction (calciques, dolomitiques et hydrauliques) utilisées en tant que liants, principalement dans du mortier à maçonner ainsi que pour les travaux d'enduits intérieurs et extérieurs.

Elle donne une définition générale des différents types de chaux de construction et leur classification. Elle prescrit également des exigences concernant leurs propriétés chimiques et physiques, celles-ci étant fonction du type de chaux de construction, et spécifie les critères de conformité.

Les modalités de livraison ou autres conditions contractuelles faisant normalement partie des documents échangés entre fournisseur et acheteur de la chaux, n'entrent pas dans le cadre de la présente norme européenne.

Est destinée à remplacer la norme homologuée NF P 15-311 de janvier 1996 et le fascicule de documentation FD ENV 459-1 de mars 1995 (voir ci-dessous).

***Principales modifications par rapport à la NF P 15-311 et au FD ENV 459-1***

Les désignations des chaux ont été détaillées et complétées, les fréquences minimales d'essai ont été revues et les dispositions relatives à l'application de la Directive européenne UE " Produits de construction " ont été ajoutées en annexe ZA.

**NOTE**

Les travaux européens ont conduit d'abord à l'adoption d'une prénorme européenne ENV 459-1, regroupant toutes les chaux, aériennes et hydrauliques. La norme NF P 15-311 est une adaptation de cette ENV 459-1 pour la rendre applicable en France pendant la période de conversion de l'ENV 459-1 en norme européenne.

***En attendant reste en vigueur jusqu'au 31 juillet 2003*****NF P 15-311****Janvier 1996****Chaux de construction - Définitions, spécifications et critères de conformité****Objet et domaine d'application**

Cette norme s'applique aux chaux de construction utilisées en tant que liants, principalement dans du mortier à maçonner ainsi que pour les travaux d'enduits intérieurs et extérieurs, et aux chaux hydrauliques utilisées pour certaines stabilisations des sols.



Elle donne une définition générale des différents types de chaux de construction et leur classification. Elle prescrit également des exigences concernant leurs propriétés chimiques, mécaniques et physiques, celles-ci étant fonction du type de chaux de construction, et spécifie les procédures d'autocontrôle chez le fabricant pour garantir la conformité.

Les modalités de livraison ou autres conditions contractuelles normalement faisant parties des documents échangés entre fournisseur et acheteur de la chaux, n'entrent pas dans le cadre de la présente norme européenne.

---

**NF EN 197-1****Février 2001****Ciment - Partie 1 : Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants****Objet et domaine d'application**

Cette norme européenne définit et présente les spécifications de 27 ciments courants différents et de leurs constituants. La définition de chaque ciment inclut les proportions dans lesquelles les constituants doivent être associés pour produire ces produits différents dans une plage de six classes de résistance. La définition comporte également des exigences que les constituants doivent satisfaire ainsi que les exigences mécaniques, physiques et chimiques applicables à ces 27 produits et aux classes de résistance. Elle établit également les critères de conformité et les règles correspondantes. En outre, il est fait référence aux exigences portant sur la durabilité.

**NOTE 1**

En plus de ces exigences, il peut s'avérer utile que le fabricant et l'utilisateur du ciment échangent des informations complémentaires. Les procédures afférentes à un tel échange ne sont pas du domaine d'application de l'EN 197-1, mais il convient qu'elles soient traitées conformément aux normes ou règlements nationaux ; elles peuvent également faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.

**NOTE 2**

Sauf spécification contraire, le mot " ciment " est uniquement utilisé dans l'EN 197-1 pour qualifier les ciments courants.

Est destinée à remplacer, en 2002, la norme homologuée NF P 15-301 de juin 1994 (voir ci-dessous).

NOTE - La période de coexistence des 2 normes NF P 15-301 et NF EN 197-1 est due au fait que la 1ère était rendue obligatoire par arrêtés et qu'elle sert de base à la marque NF-Liants hydrauliques.

***Principales modifications par rapport à la NF P 15-301***

Dans la NF EN 197-1, les désignations des ciments Portland composés ont été précisées, la déclaration quantitative de composition et l'exigence de régularité correspondante ont été supprimées, les sous-classes de résistance courante sont identifiées par la lettre N, les résistances à court terme des classes 32,5N, 32,5R et 42,5N ainsi que les temps de début de prise des classes 32,5N, 32,5R, 52,5N et 52,5R ont été modifiés.

***En attendant reste applicable***

---

**NF P 15-301****Juin 1994**Liants hydrauliques Ciments courants -  
Composition, spécifications et critères  
de conformité**Objet et domaine d'application**

Cette norme a pour objet de spécifier la composition, les exigences et les critères de conformité des ciments courants. Au vu du grand nombre de ciments différents à prendre en compte, il a paru nécessaire de séparer les "ciments courants", objet de la présente norme, des "autres ciments", c'est-à-dire ceux présentant des propriétés supplémentaires ou particulières.

Elle prescrit les propriétés des constituants des ciments courants et les proportions dans lesquelles ils doivent être combinés pour produire une série de types et de classes de ciment. Elle prescrit en outre les spécifications mécaniques, physiques et chimiques appliquées à ces types et classes et établit les règles pour évaluer la conformité à ces spécifications.

En plus de ces spécifications, un échange d'informations supplémentaires entre le producteur et l'utilisateur de ciment peut être utile. Les procédures définissant un tel échange ne sont pas du domaine de cette norme mais doivent être traitées en accord avec les règlements en vigueur, ou peuvent faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.

---

**NF P 61-202-1 (DTU 52.1)    Août 1994**Travaux de bâtiment - Revêtements de  
sol scellés - Partie 1 : Cahier des clauses  
techniques**Objet et domaine d'application**

Cette norme a pour objet de définir : la qualité ou les caractéristiques des matériaux ; les conditions de pose de ces éléments et la préparation des supports.

Elle s'applique aux travaux exécutés dans les locaux d'habitation, bureaux, locaux recevant du public ainsi que dans les locaux dénommés " Magasins de grande surface ainsi qu'aux travaux d'étanchéité sous carrelage en locaux intérieurs.

Elle s'applique aux ouvrages intérieurs et extérieurs, aux plinthes, aux seuils et aux revêtements d'escaliers.

Elle ne s'applique pas aux travaux exécutés dans les locaux industriels ou à usages spéciaux ni aux travaux de pose collée, ni aux revêtements tels que : linoléum, tapis de caoutchouc, moquettes, sols plastiques en feuilles ou en carreaux, parquets mosaïque de bois.

---

**NF P 61-202-2 (DTU 52.1)    Août 1994**Travaux de bâtiment - Marchés privés -  
Revêtements de sol scellés - Partie 2 :  
Cahier des clauses spéciales**Objet et domaine d'application**

Cette présente partie de norme a pour objet de définir des clauses administratives spéciales aux marchés privés de travaux de revêtements de sol scellés, auxquels est applicable la NF P 61-202-1.

**Projet Pr NF ENh 413-1**Ciment à maçonner – Partie 1 :  
SpécificationDate prévisionnelle de publication : 2003.12.01**Objet et domaine d'application (provisoire)**

Cette future norme européenne donne la définition et la composition des ciments à maçonner généralement utilisés en Europe pour le montage des briques et des blocs et pour les enduits intérieurs et extérieurs. Elle spécifie des exigences relatives à leurs propriétés physiques et chimiques ainsi que les procédures d'autocontrôle du fabricant pour assurer la conformité.

Pour des utilisations courantes, l'information donnée dans cette norme européenne, ainsi que dans l'EN 998-1 et l'EN 998-2, suffit. Cependant, dans des cas spéciaux, un échange d'informations supplémentaires entre le producteur de ciment à maçonner et l'utilisateur peut être utile. Les détails d'un tel échange ne sont pas du domaine d'application de cette norme européenne mais doivent être traités en accord avec les normes ou règlements nationaux, ou peuvent faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.

**NOTE**

En sélectionnant un ciment à maçonner conforme à cette norme européenne, il est nécessaire de satisfaire à toutes les prescriptions légales applicables, en vigueur dans le pays où le ciment à maçonner doit être utilisé.

Remplacera la norme homologuée NF P 15-307 de décembre 2000 (voir ci-dessous).

***Principales modifications par rapport à la NF P 15-307***

Refonte peu importante en terme d'exigences.

***En attendant reste applicable*****NF P 15-307****Décembre 2000**Liants hydrauliques - Ciments à  
maçonner – Composition, spécifications  
et critères de conformité**Objet et domaine d'application**

La présente norme, donne la définition et la composition des ciments à maçonner couramment utilisés pour le montage de briques ou de blocs et pour les enduits extérieurs et intérieurs. Elle spécifie les exigences relatives à leurs propriétés physiques et chimiques, ainsi que les procédures d'autocontrôle du fabricant pour assurer la conformité.

**NOTE 1**

Pour des utilisations courantes, les informations données dans la présente norme ainsi que dans le DTU 20.1 (normes P 10-202-1, P 10-202-2 et P 10-202-3) et le DTU 26.1 (normes NF P 15-201-1 et NF P 15-201-2) suffisent en général. Cependant, dans certains cas particuliers, il peut s'avérer utile que le fabricant de ciment à maçonner et l'utilisateur échangent des informations supplémentaires. Les détails afférents à cet échange n'entrent pas dans le domaine d'application de la présente norme, mais peuvent faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.

## NOTE 2

Cette norme inclut aussi les chaux hydrauliques artificielles, autrefois objet de la norme NF P 15-312 (annulée en décembre 2000) et dont la désignation XHA disparaît.

---

<b>NF P 15-315</b>	<b>Avril 1991</b>	Liants hydrauliques - Ciment alumineux fondu
--------------------	-------------------	--

**Objet et domaine d'application**

La présente norme a pour objet de définir les spécifications du ciment alumineux fondu. (composition, temps de prise, résistances à la compression et à la flexion, mesurées sur mortier et caractéristiques chimiques).

## NOTE

Il existe, à ce jour, un projet d'étude européen en préparation.

---

<b>NF P 15-314</b>	<b>Février 1993</b>	Liants hydrauliques - Ciment prompt naturel
--------------------	---------------------	---

**Objet et domaine d'application**

Cette norme a pour objet de définir les spécifications du ciment prompt naturel. (constituants, finesse Blaine, temps de prise, stabilité, retrait, chaleur d'hydratation, résistance à la compression, caractéristiques chimiques).

---

<b>NF P 15-302</b>	<b>Septembre 1995</b>	Liants hydrauliques - Ciments à usage tropical – Composition, spécifications et critères de conformité
--------------------	-----------------------	--

**Objet et domaine d'application**

Cette norme complémentaire de la norme NF P 15-301, précise la composition, les spécifications et les critères de conformité de ciments qui sont destinés à n'être utilisés que dans la zone intertropicale. Ces ciments diffèrent des ciments courants conformes à la NF P 15-301 par leur composition, par leur appartenance à une classe de résistance 22,5 ou par les deux.

Un échange entre le producteur et l'utilisateur de ciment, d'informations complémentaires aux spécifications contenues dans cette norme peut être utile. Les procédures définissant un tel échange ne sont pas de son domaine mais font l'objet d'un accord entre les parties concernées.

Remplace la norme NF P 15-302 de mars 1967 sur les ciments de laitier à la chaux.

## NOTE

Voir aussi la norme homologuée NF P 15-306 d'octobre 1964 " Liants hydrauliques – Ciments de laitier à la chaux CLX "

---

**NF P 15-317****Septembre 1995**

Liants hydrauliques - Ciments pour travaux à la mer

**Objet et domaine d'application**

Cette norme complémente aux normes NF P 15-301, NF P 15-314 et NF P 15-315, définit les ciments pour travaux à la mer qui sont également destinés à être utilisés en environnement moyennement agressif vis-à-vis des sulfates (voir P 18-011). Il spécifie les types de ciments pouvant être ainsi désignés et prescrit les limites de composition ainsi que des spécifications physiques et chimiques complémentaires de celles de la NF P 15-301, de même que les désignations s'appliquant aux produits conformes à ces spécifications.

---

**NF P 15-318****Octobre 1998**

Liants hydrauliques - Ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint

**Objet et domaine d'application**

Cette norme, complémente aux normes NF P 15-301 et NF P 15-302, définit les ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint. Elle spécifie les types de ciment pouvant être ainsi désignés et prescrit des spécifications physiques et chimiques complémentaires de celles des NF P 15-301 et NF P 15-302, ainsi que les désignations s'appliquant aux produits conformes à ces spécifications.

Remplace la norme NF P 15-318 de septembre 1995 qui prévoyait une exigence de faible chaleur d'hydratation initiale (supprimée dans l'édition actuelle).

---

**NF P 15-201-1****Mai 1993**

Travaux de bâtiment - Enduits aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aérienne - Partie 1 : cahier des clauses techniques

**Objet et domaine d'application**

Le présent Cahier des Clauses Techniques définit les règles de préparation et d'exécution des enduits épais en mortier de ciments, de chaux hydrauliques naturelles, de chaux hydrauliques artificielles, de chaux aériennes, de mélange plâtre et chaux aériennes, appliqués sur les supports ci-après :

- a) maçonneries neuves ou anciennes de pierres, briques et blocs de terre cuite, blocs en béton, bétons ordinaires, béton caverneux, bétons de granulats légers, etc., montées au mortier de liants hydrauliques ;
- b) panneaux fibraggio ;
- c) maçonneries de blocs en béton cellulaire autoclavés ;
- d) treillis métalliques ;
- e) maçonneries anciennes montées aux mortiers peu résistants à l'exclusion des supports en terre crue (adobe, pisé, torchis, etc.).

Ce document s'applique aux enduits extérieurs et intérieurs verticaux à fonction d'imperméabilisation et aux enduits intérieurs verticaux avec ou sans fonction d'imperméabilisation ainsi qu'aux enduits horizontaux extérieurs ou intérieurs exécutés en sous-face d'ouvrages de tous bâtiments et ouvrages connexes.

Il peut s'appliquer également aux enduits de dressement.

Les produits prêts à gâcher (mortiers industriels) de composition conforme aux prescriptions du présent DTU sont considérés comme traditionnels.

Le présent document ne traite pas de l'application directe sur maçonnerie, en une seule couche (une ou deux passes), des enduits d'imperméabilisation prêts à gâcher.

Il ne traite pas des enduits minces de ragréage ou de lissage.

Il ne s'applique pas aux enduits à fonctions particulières : enduits d'étanchéité, enduits de cuvelage qui font l'objet de DTU spécifiques.

#### NOTE

Cette norme comporte actuellement deux amendements : NF P 15-201-1/A1 de mai 1994 et NF P 15-201-1/A2 de janvier 1999.

---

#### **NF P 15-201-2**

**Mai 1993**

Travaux de bâtiment - Marchés privés - Enduits aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aérienne - Partie 2 : cahier des clauses spéciales

#### **Objet et domaine d'application**

Le présent Cahier des Clauses Spéciales a pour objet de définir les clauses administratives spéciales aux marchés privés de travaux d'enduits aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aérienne auxquels est applicable le Cahier des Clauses Techniques du DTU 26.1.

#### NOTE

Cette norme comporte actuellement un amendement : NF P 15-201-2/A1 de mai 1994.

---

#### **Projet Pr NF EN 1008**

Eau de gâchage pour bétons – Spécifications d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi, y compris les eaux de lavage des installations de recyclage de l'industrie du béton, telle que l'eau de gâchage pour béton

Date prévisionnelle de publication : 2003.04.01

#### **Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne spécifie les prescriptions pour l'eau convenant à la production de béton conforme à l'EN 206 et décrit les méthodes permettant d'apprécier son aptitude à l'emploi.

#### NOTE

La qualité de l'eau de gâchage peut avoir une influence sur le temps de prise, le développement des résistances du béton et la protection des armatures contre la corrosion.

Lors de l'évaluation de l'aptitude à l'emploi d'une eau de qualité non connue pour la production d'un béton, il convient de considérer autant la composition de l'eau que l'application au béton à produire.

Remplacera la norme XP P 18-303 d'août 1999 (voir ci-dessous).

### ***Principales modifications par rapport à la XP P 18-303***

La NF EN 1008 spécifiera la classification des types d'eau, les prescriptions, l'échantillonnage, les essais applicables. Elle comportera une annexe relative à l'utilisation de l'eau de lavage récupérée des installations de recyclage de l'industrie du béton.

### ***En attendant reste applicable***

<b>XP P 18-303</b>	<b>Août 1999</b>	Eau de gâchage pour béton
Objet et domaine d'application		
Le présent document spécifie les prescriptions pour l'eau convenant à la production de béton conforme à la NF EN 206 et décrit les méthodes permettant d'apprécier son aptitude à l'emploi.		
Il décrit les prescriptions d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi d'eaux, y compris les eaux de lavage des installations de recyclage de l'industrie du béton.		
<b>XP P 18-540</b>	<b>Octobre 1997</b>	Granulats – Définitions, conformité, spécifications

### **Objet et domaine d'application**

Cette norme définit les termes relatifs aux granulats, les règles générales permettant d'effectuer leur contrôle et de fixer les spécifications auxquelles doivent répondre les granulats pour les principaux usages. La désignation d'un produit, objet de l'annexe B, doit faire référence à la fois à cette norme, à l'un ou plusieurs des articles correspondant à l'usage (articles 7 et suivants) et à une ou plusieurs catégories de ces articles.

Remplace la norme XP P 18-101 de décembre 1990, qui elle-même remplaçait la norme NF P 18-304.

<b>NF P 18-502</b>	<b>Mai 1992</b>	Additions pour béton hydraulique - Fumées de silice
--------------------	-----------------	---

### **Objet et domaine d'application**

Cette norme fixe les spécifications auxquelles doivent satisfaire les fumées de silice destinées à la confection des bétons, telles que définies ci-après. Pour certains produits ou types d'ouvrages, il peut être nécessaire d'adopter des valeurs différentes pour une ou plusieurs de ces spécifications. La détermination de ces autres critères d'acceptabilité doit être conduite en prenant en compte l'ensemble des caractéristiques des constituants du béton (eau, ciment, adjuvants, granulats).

La commande peut se référer seulement à une partie des spécifications de cette norme, celles-ci devant être désignées nominativement. A défaut de telles indications, la totalité des spécifications est visée.

Cette norme s'applique aux produits obtenus dans l'électrometallurgie du silicium et de ses alliages, par condensation et filtrage des fumées. Leur masse volumique absolue est comprise

entre 2 100 et 2 400 kg/m<sup>3</sup>, elles sont utilisées pour optimiser la compacité par remplissage des vides du béton en complément des autres composants et pour leurs qualités pouzzolaniques.

---

**NF EN 934-2****Avril 1998**

Adjuvants pour béton, mortier et coulis –  
Partie 2 : Adjuvants pour béton –  
Définitions et exigences

**Objet et domaine d'application**

Cette norme européenne fixe les prescriptions et les exigences des adjuvants utilisés dans les bétons. Elle s'applique aux adjuvants pour bétons non armés, armés et précontraints utilisés dans les bétons fabriqués sur chantier, prêts à l'emploi et préfabriqués. Une définition des adjuvants multifonctions est donnée.

Dans cette norme, les prescriptions de performance s'appliquent aux adjuvants utilisés dans un béton de consistance normale. Elles peuvent ne pas être applicables aux adjuvants destinés à d'autres types de béton tels que des bétons à consistance terre humide.

Les dispositions qui régissent l'utilisation pratique des adjuvants dans la production de béton, telles que les prescriptions relatives à la composition, au malaxage, aux conditions de mise en œuvre, à la cure du béton adjuvanté, ne sont pas traitées par cette norme.

Remplace les normes homologuées NF P 18-103 d'août 1989, NF P 18-331 à 336, NF P 18-338 de décembre 1986, NF P 18-337 de mars 1990 et XP P 18-330 de décembre 1990.

---

**Projet Pr NF EN 12670****Pierres naturelles - Terminologie**

Date prévisionnelle de publication : 2003.06.01

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne définit une terminologie recommandée des termes scientifiques et techniques, des méthodes d'essai et des produits ainsi qu'une classification des pierres naturelles.

**NOTE**

Par " pierre naturelle " on entend les types de roches présentant des différences géologiques marquées. Les activités d'extraction, d'élaboration et de commercialisation de la pierre naturelle ont engendré un vocabulaire très particulier. Certains de ces termes proviennent du langage populaire ou de celui des carriers, lequel s'éloigne parfois des définitions scientifiques, ce qui a pu créer un certain nombre de confusions.

Cette future norme européenne établit les bases terminologiques des définitions géologiques et pétrologiques de la pierre naturelle et de la classification correspondante. Les références à des définitions relatives à des produits en pierre naturelle figurant dans d'autres normes européennes sont fournies. Elle comporte également la plupart des termes populaires et commerciaux utilisés dans le domaine.

La terminologie couvre les domaines de la géologie, de l'exploitation minière, du traitement, de la commercialisation et des produits en pierre naturelle. La classification scientifique jointe permet de retrouver le nom scientifique des diverses variétés de pierre.



Remplacera, avec la norme NF ENh771-6, les normes homologuées NF B 10-101 et 102 de juillet 1978 et NF B 10-103 de juin 1982 (voir ci-dessous).

### ***Principales modifications par rapport aux NF B10-101 à 103***

La NF EN 12670 s'appliquera à tous les types de pierres naturelles ; elle ne traitera des caractéristiques d'aspect (état de surface) que sous forme de définitions ; elle préconisera une classification scientifique des pierres.

### ***En attendant restent applicables***

---

<b>NF B 10-101</b>	<b>Juillet 1978</b>	Pierres calcaires Vocabulaire
--------------------	---------------------	-------------------------------

#### **Objet et domaine d'application**

La présente norme fixe le vocabulaire applicable à toutes les pierres calcaires en moellons, blocs équarris, dalles, tranches, morceaux taillés, pour construction de bâtiments et ouvrages d'art (maçonnerie, dallage, revêtements, pavages).

---

<b>NF B 10-102</b>	<b>Juillet 1978</b>	Roches marbrières Vocabulaire
--------------------	---------------------	-------------------------------

#### **Objet et domaine d'application**

La présente norme a pour objet de définir les termes particuliers propres à l'exploitation, la préparation et l'utilisation des roches marbrières pour les travaux de décoration de bâtiment et pour l'ameublement. Elle fixe les termes les plus employés en France dans le bâtiment pour les travaux de décoration en revêtements et dallages intérieurs et extérieurs, revêtements d'escaliers et en ameublement.

---

<b>NF B 10-103</b>	<b>Juin 1982</b>	Granit – Vocabulaire
--------------------	------------------	----------------------

#### **Objet et domaine d'application**

La présente norme a pour objet de définir les termes particuliers propres à l'exploitation, la préparation et l'utilisation des granits pour les travaux de constructions, de décoration de bâtiments, d'ameublement, d'ouvrages d'art et de travaux funéraires.

---

<b>PROJET PR NF ENH 1341</b>	Dalles de pierre naturelle pour le pavage extérieur – Exigences et méthodes d'essai
------------------------------	---

Dalles de pierre naturelle pour le pavage extérieur – Exigences et méthodes d'essai

Date prévisionnelle de publication : 2003 05 01

#### **Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne spécifie les exigences de performances et les méthodes d'essais correspondantes, relatives à toutes les dalles de pierre naturelle utilisées en revêtement de sol extérieur ainsi que le marquage et l'évaluation de conformité des produits

Elle ne traite ni des carreaux ou dalles pour les dallages intérieurs ni des effets des sels de déverglaçage.

Remplacera la norme homologuée NF EN 1341 de juillet 2000 (voir ci-dessous)

**Principales modifications par rapport à la NF EN 1341**

La NF ENh 1341 comportera une annexe ZA permettant d'apposer le marquage CE sur ces produits.

**En attendant reste applicable**


---

<b>NF EN 1341</b>	<b>Juillet 2000</b>	Dalles de pierre naturelle pour le pavage extérieur – Exigences et méthodes d'essai
-------------------	---------------------	---

**Objet et domaine d'application (similaire à celui du projet ci-dessus)**


---

<b>PROJET PR NF ENH 1342</b>	Pavés de pierre naturelle pour le pavage extérieur – Exigences et méthodes d'essai
------------------------------	--

Date prévisionnelle de publication : 2003 05 01

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne spécifie les exigences de performances et les méthodes d'essais correspondantes, relatives aux pavés de pierre naturelle utilisés pour le pavage de sol extérieur ainsi que le marquage et l'évaluation de conformité des produits.

Elle ne traite pas des effets des sels de déverglaçage.

Remplacera la norme homologuée NF EN 1342 de juillet 2000 (voir ci-dessous)

**Principales modifications par rapport à la NF EN 1342**

La NF ENh 1342 comportera une annexe ZA permettant d'apposer le marquage CE sur ces produits.

**En attendant reste applicable**


---

<b>NF EN 1342</b>	<b>Juillet 2000</b>	Pavés de pierre naturelle pour le pavage extérieur – Exigences et méthodes d'essai
-------------------	---------------------	--

**Objet et domaine d'application (similaire à celui du projet ci-dessus)**


---

<b>Projet Pr NF ENh 1343</b>	Bordures de pierre naturelle pour le pavage extérieur – Exigences et méthodes d'essai
------------------------------	---

Date prévisionnelle de publication : 2003 05 01

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne spécifie les exigences de performances et les méthodes d'essais correspondantes, relatives à toutes les bordures de pierre naturelle en emploi extérieur ainsi que le marquage et l'évaluation de conformité des produits.

Elle ne traite pas des effets des sels de déverglaçage.

Remplacera la norme homologuée NF EN 1343 de juillet 2000 (voir ci-dessous).

***Principales modifications par rapport à la NF EN 1343***

La NF ENh 1343 comportera une annexe ZA permettant d'apposer le marquage CE sur ces produits.

***En attendant reste applicable***


---

<b>NF EN 1343</b>	<b>Juillet 2000</b>	Bordures de pierre naturelle pour le pavage extérieur – Exigences et méthodes d'essai
-------------------	---------------------	---

**Objet et domaine d'application** (similaire à celui du projet ci-dessus)

---

<b>NF P 95-107</b>	<b>Avril 2002</b>	Ouvrages d'art – Réparation renforcement des maçonneries - Spécifications relatives aux techniques et aux matériaux utilisés
--------------------	-------------------	---

**Objet et domaine d'application**

La présente norme concerne les travaux de réparation des ouvrages en maçonnerie tels que ponts ou viaducs, murs de soutènement, digues ainsi qu'aux ouvrages souterrains.

Elle ne s'applique pas aux bâtiments.

## **14.2 – FICHES DE NORMES D'ESSAIS**

**AFNOR** – (14 décembre 2001 – complétés le 20 décembre 2001) - Mise à jour du 12 décembre 2002

### **AVERTISSEMENT**

Le principe retenu pour présenter les différences entre les normes actuelles et futures est le suivant.

La norme (ou future norme) la plus récente est présentée en premier lieu puis les principales modifications sont exposées et enfin l'ancienne norme, le cas échéant est mentionnée.

---

<b>NF EN 1936</b>	<b>Juillet 1999</b>	Méthodes d'essai pour pierres naturelles - Détermination des masses volumiques réelle et apparente et des porosités ouverte et totale
-------------------	---------------------	--

### **Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne spécifie des méthodes de détermination de la masse volumique réelle, de la masse volumique apparente et des porosités ouverte et totale de la pierre naturelle.

Remplace la norme homologuée NF B 10-503, d'août 1973 qui servait de méthode de mesure de la porosité et de la masse volumique.

### ***Principales modifications par rapport à la norme NF B 10-503***

La NF EN 1936 s'applique maintenant à tous types de pierre naturelle, mode opératoire étendu à la détermination de la masse volumique réelle et de la porosité totale (après broyage des éprouvettes) pour les pierres poreuses.

### **NOTE**

Ce mode opératoire permet de prendre dorénavant en compte les vides fermés.

---

<b>NF EN 1925</b>	<b>Juillet 1999</b>	Méthodes d'essai pour pierres naturelles – Détermination du coefficient d'absorption d'eau par capillarité
-------------------	---------------------	--

### **Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne spécifie une méthode de détermination du coefficient d'absorption d'eau par capillarité de la pierre naturelle.

### **NOTE**

Cette méthode ne convient pas pour les pierres dont la porosité ouverte déterminée conformément à l'EN 1936, est inférieure à 1 %.

Remplace la norme homologuée NF B 10-502, de mai 1980.

### ***Principales modifications par rapport à la norme NF B 10-502***

La NF EN 1925 s'applique maintenant à tous types de pierre naturelle dont la porosité est supérieure à 1 %, principe de la méthode similaire mais échantillonnage et mode opératoire légèrement différents, 2 cas possibles pour l'expression des résultats selon le mode de calcul du coefficient d'absorption (formule approchée ou non du rapport masse d'eau absorbée rapportée à la surface immergée/racine carrée du temps).

---

**NF EN 12372****Juillet 1999****Méthodes d'essai pour pierres naturelles  
– Détermination de la résistance à la flexion sous charge centrée****Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne spécifie une méthode de détermination de la résistance de flexion sous charge centrée des pierres naturelles. Elle comprend une procédure d'essai d'identification ainsi qu'une procédure d'essai technologique (c'est-à-dire pour la détermination de la caractéristique elle-même).

Remplace la norme homologuée NF B 10-510, d'août 1973.

***Principales modifications par rapport à la norme NF B 10-510***

La NF EN 12372 s'applique maintenant à tous types de pierre naturelle, principe de la méthode similaire mais échantillonnage et mode opératoire plus précis et, ce qui est nouveau, une méthode d'évaluation statistique des résultats permettant de déterminer la valeur minimale attendue.

---

**NF EN 12407****Septembre 2000****Méthodes d'essai pour pierres – Examen  
péto-graphique****Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne spécifie des méthodes permettant d'obtenir des descriptions péto-graphiques techniques des pierres naturelles afin de réaliser un classement péto-graphique objectif basée sur une caractérisation quantitative du matériau.

**NOTE**

Dans le cas de la restauration de monuments historiques, par exemple, il peut se révéler nécessaire de déterminer l'origine des pierres et d'en déterminer les caractéristiques minérales, leur structure et autres informations telles que couleur, présence de filons, de fossiles, de discontinuités, etc.

---

**NF EN 13364****Septembre 2002****Méthodes d'essai pour pierres naturelles  
– Détermination de l'effort de rupture au niveau du goujon de l'agrafe****Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne définit une méthode d'essai visant à déterminer la rupture aux attaches des pierres naturelles utilisées pour le bardage ou le revêtement des constructions.

Remplace la norme homologuée NF B 10-514, de juillet 1981.

**Principales modifications par rapport à la norme NF B 10-514**

Refonte totale dans le cadre des travaux européens.

---

<b>NF EN 1926</b>	<b>Juillet 1999</b>	Méthodes d'essai pour pierres naturelles - Détermination de la résistance en compression
-------------------	---------------------	--

**Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne spécifie une méthode de détermination de la résistance en compression des pierres naturelles.

Remplace la norme homologuée NF B 10-509, d'août 1973.

**Principales modifications par rapport à la norme NF B 10-509**

La NF EN 1926 s'applique maintenant à tous types de pierre naturelle y compris les pierres de consolidation, méthode utilisant une machine d'essai de compression des bétons selon l'EN 12390 (au lieu des NF P 18-411 et 412) et comporte 3 annexes, l'une pour les pierres de consolidation, la 2ème présentant une méthode simple d'évaluation de l'indice de résistance à une charge ponctuelle dans le cas des structures hydrauliques et la 3ème exposant une évaluation statistique des résultats d'essai.

---

<b>NF EN 12370</b>	<b>Juillet 1999</b>	Méthodes d'essai pour pierres naturelles - Détermination de la résistance par un essai de cristallisation des sels
--------------------	---------------------	--

**Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne spécifie une méthode d'essai permettant d'évaluer la résistance relative des pierres naturelles, dont la porosité ouverte, mesurée conformément à l'EN 1936, est supérieure à 5%, aux altérations causées par la cristallisation des sels. Cet essai n'est pas nécessaire pour les pierres de faibles porosité.

**NOTE**

Cet essai est un essai d'évaluation de la résistance à la cristallisation des sels des pierres naturelles là où il est considéré comme pertinent. Cet essai ne peut être utilisé

isolément ; ses résultats seront considérés avec ceux d'autres essais physiques pour déterminer la durabilité, y compris ceux de l'essai du prEN 12371 " Détermination de l'essai au gel ".

---

<b>NF B 10-512</b>	<b>Avril 1975</b>	Produits de carrières - Pierres calcaires - Mesure de la teneur en eau critique
--------------------	-------------------	--

**Objet et domaine d'application**

La présente norme a pour objet de définir la teneur en eau critique relative au gel d'une pierre calcaire, et d'exposer la technique de la mesure de cette caractéristique.

**NOTE**

Il n'y a pas de norme européenne en préparation sur la mesure de la teneur en eau critique.

---

<b>Projet Pr NF EN 12371</b>	<b>Avril 1975</b>	Méthodes d'essai pour pierres naturelles - Détermination de la résistance au gel
------------------------------	-------------------	---

Date prévisionnelle de publication : 2003.06.01

#### **Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne spécifie une méthode d'évaluation de l'effet des cycles de gel/dégel sur les pierres naturelles. Elle contient des dispositions pour un essai court (essai A) permettant d'évaluer l'effet des cycles de gel/dégel sur les caractéristiques de performance pertinentes d'une part, et d'autre part un essai d'identification (essai B)

Remplacera la norme homologuée NF B 10-513 de septembre 1991 (voir ci-dessous)

#### ***Principales modifications par rapport à la NF B 10-513***

La NF EN 12371 s'appliquera à tous les types de pierre naturelle ; principe de la méthode, mode opératoire et appareillage différents.

#### ***En attendant reste applicable***

---

<b>NF B 10-513</b>	<b>Septembre 1991</b>	Produits de carrières - Pierres naturelles - Essai de gel
--------------------	-----------------------	--

#### **Objet et domaine d'application**

Cette norme définit la méthode d'essai qui permet de déterminer la résistance au gel des pierres naturelles.

---

<b>Projet Pr NF EN 14581</b>	Méthodes d'essai pour pierres naturelles – Détermination du coefficient de dilatation thermique
------------------------------	---

Date prévisionnelle de publication : 2005.06.01

#### **Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne décrit les méthodes de détermination du coefficient linéaire de dilatation thermique des pierres naturelles, basé soit sur des mesures mécaniques de variations de longueur soit à partir de jauges électriques. Ce coefficient est exprimé en tant que variation de longueur unitaire pour une variation de température de 1 °C.

#### **NOTE 1**

Sous l'effet de l'anisotropie des roches, le coefficient de dilatation thermique peut varier selon la direction dans laquelle les mesures sont effectuées. Dans certains cas, ce coefficient peut être négatif dans certaines directions et positif dans d'autres directions.

#### **NOTE 2**

Le coefficient de dilatation thermique n'est pas linéaire en fonction des températures.

L'intervalle de températures choisi par cette norme européenne étant de 20 à 80 °C, il est admis que ce coefficient  $\gamma$  varie de façon linéaire.

### **Projet Pr NF EN 13755**

Méthodes d'essai pour pierres naturelles -  
Détermination de l'absorption d'eau à la  
pression atmosphérique

Date prévisionnelle de publication : 2003.06.01

#### **Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne spécifie une méthode de détermination de l'absorption d'eau de la pierre naturelle par immersion dans l'eau à la pression atmosphérique.

Remplacera la norme homologuée NF B 10-504 d'août 1973 (voir ci-dessous).

#### ***Principales modifications par rapport à la NF B 10-504***

La NF EN 13755 s'appliquera à tous les types de pierre naturelle, principe de la méthode similaire mais mode opératoire différent.

#### ***En attendant reste applicable***

### **NF B 10-504**

**Août 1973**

Produits de carrières - Pierres calcaires -  
Mesure du coefficient d'absorption d'eau.

#### **Objet et domaine d'application**

Cette norme a pour objet d'exposer la technique de la mesure du coefficient d'absorption d'eau des pierres calcaires.

### **Projet Pr NF EN 13373**

Méthodes d'essai pour pierres naturelles -  
Détermination des dimensions et autres  
caractéristiques géométriques

Date prévisionnelle de publication : 2003.06.01

#### **Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne décrit les méthodes de vérification des dimensions et autres caractéristiques géométriques des produits en pierre naturelle comme les blocs, les tranches bruts et les produits finis dont les plaques de revêtement mural, de sol, d'escalier et des plaquettes.

Ces méthodes s'appliquent en cas de contestation entre 2 parties, elles ne sont pas obligatoires en contrôle de production.

Remplacera, avec les NF EN 772-16 et 772-20, les normes homologuées NF B 10-401, chapitre 11, et NF B 10-402, chapitre 7, de mars 1981 (voir ci-dessous).

#### ***Principales modifications par rapport aux NF B 10-401 et 402***

La NF EN 13373 s'appliquera à tous les types de pierre naturelle ; la mesure des dimensions brutes et nettes des blocs et celle des produits finis remplacera celle sur les dimensions nominales.



## NOTE

Les dimensions d'un élément de maçonnerie en pierre naturelle doivent être déclarées (par le fabricant...). Les tolérances sont données par la norme NF EN 771-6<sup>(\*\*)</sup> ainsi que les caractéristiques géométriques (planéité, équerrage). Attention, les normes de détermination citées dans cette norme NF EN 771-6 sont des normes d'essai communes à tous les éléments de maçonnerie, à savoir :

- NF EN 772-16 " Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie – Partie 16 : Détermination des dimensions " (Janvier 2001)
- NF EN 772-20 " Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie - Partie 20 : Détermination de la planéité des éléments de maçonnerie en béton de granulats, en pierre naturelle et en pierre reconstituée " (Avril 2001)

***En attendant restent applicables***


---

<b>NF B 10-401</b>	<b>Mars 1981</b>	Pierres calcaires - Caractéristiques géométriques.
--------------------	------------------	--

**Objet et domaine d'application**

Cette norme a pour objet de spécifier les caractéristiques géométriques des pierres calcaires et de décrire les méthodes susceptibles de les vérifier.

Elle précise étonnamment que " D'autres méthodes peuvent être utilisées après accord entre les deux parties mais en cas de litige, seules les méthodes décrites au chapitre 11 sont admises".

Elle s'applique aux pierres calcaires en blocs équarris, morceaux taillés massifs, pierres pré-taillées, dalles et plaques pour la construction de bâtiment (maçonnerie, revêtement de sol et de murs et ouvrages divers).

Et

---

<b>NF B 10-402</b>	<b>Mars 1981</b>	Roches marbrières - Caractéristiques géométriques.
--------------------	------------------	--

**Objet et domaine d'application**

Cette norme a pour objet de spécifier les caractéristiques géométriques des roches marbrières et de décrire les méthodes susceptibles de les vérifier.

Elle précise également que " D'autres méthodes peuvent être utilisées après accord entre les deux parties mais en cas de litige, seules les méthodes décrites au chapitre 7 sont admises".

Elle s'applique aux roches marbrières utilisées pour l'exécution des revêtements de murs, sols et escaliers à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments, à l'exclusion des travaux de décoration et d'ameublement.

**Projet Pr NF EN 13279-2**


---

Plâtres et enduits à base de plâtre pour le bâtiment - Partie 2 : Méthodes d'essai

---

<sup>(\*\*)</sup> La norme NF EN 771-6 (Juin 2001) " Spécifications pour éléments de maçonnerie – Partie 6 : Eléments de maçonnerie en pierre naturelle " est actuellement en révision et sera remplacée par une norme harmonisée (probablement fin 2003).

Date prévisionnelle de publication : 2003.06.01

### **Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne décrit les méthodes d'essai de référence applicables à tous les plâtres et enduits à base de plâtre conforme à l'EN 13279-1.

En cas de litige, seules les méthodes de référence décrites doivent être utilisées. En cas de recours à d'autres méthodes et conditions dans le cadre d'un essai de routine, il est nécessaire de prouver l'équivalence des résultats avec ceux obtenus à l'aide des méthodes de référence.

Remplacera la norme homologuée NF B 12-401 de décembre 1987 (voir ci-dessous).

### ***Principales modifications par rapport à la NF B 12-401***

Refonte totale. Les essais couverts par le prNF EN 13279-2 sont les suivants :

- dosage du trioxyde de soufre et calcul de la teneur équivalente en sulfate de calcium ;
- détermination de la proportion eau/gypse ;
- détermination du temps de prise ;
- détermination des caractéristiques mécaniques (dureté, résistances à la flexion et à la compression) ;
- détermination de l'adhésion.

### ***En attendant reste applicable***

---

NF B 12-401	Décembre 1987	Gypse et plâtre – Plâtres - Technique des Essais
-------------	---------------	--

---

### **Objet et domaine d'application**

La présente norme a pour objet de fixer les prescriptions générales définissant les conditions dans lesquelles doivent être réalisés les essais des plâtres.

Les essais décrits dans la présente norme sont applicables à tous les plâtres, enduits et colles à base de plâtre.

La présente norme décrit les méthodes d'essais suivantes :

- détermination de la finesse de mouture ;
- détermination de la masse volumique de la poudre non tassée ;
- détermination du rapport E/P des pâtes ;
- détermination de l'évolution de la prise ;
- détermination de la rétention d'eau ;
- essais de rupture par flexion et par compression ;
- détermination de la teneur en sels solubles ;
- détermination de la teneur en silice et silicate ;
- détermination du degré de pureté ;
- détermination de la teneur en sels solubles ;
- détermination de la teneur en eau de cristallisation.

---

Projet Pr NF EN 14157	Méthodes d'essai pour les pierres naturelles - Détermination de la résistance à l'usure
-----------------------	---

---

Date prévisionnelle de publication : 2003.12.01

Objet et domaine d'application

Cette future norme européenne définit les méthodes de détermination de la résistance à l'usure des pierres naturelles utilisées pour les revêtements de sols intérieurs des bâtiments.

Remplacera la norme homologuée NF B 10-508 d'août 1973 (voir ci-dessous).

### ***Principales modifications par rapport à la NF B 10-508***

La NF EN 14157 s'appliquera à tous les types de pierre naturelle pour revêtements de sols intérieurs, principe de la méthode similaire mais mode opératoire et appareillage plus élaborés et résultat d'essai à exprimer corrigé d'un coefficient d'étalonnage.

### ***En attendant reste applicable***

---

NF B 10-508	Août 1973	Produits de carrières - Pierres calcaires – Essai d'usure au disque métallique
-------------	-----------	---

### **Objet et domaine d'application**

Cette norme a pour objet d'exposer la technique de l'essai d'usure au disque métallique des pierres calcaires.

---

Projet Pr NF EN 14579	Méthodes d'essai pour pierres naturelles - Détermination de la vitesse de propagation du son
-----------------------	--

Date prévisionnelle de publication : 2004.12.01

### **Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne décrit une méthode de détermination de la vitesse de propagation du son (ondes longitudinales) dans la pierre naturelle.

Remplacera la norme homologuée NF B 10-505 d'août 1973 (voir ci-dessous).

### ***Principales modifications par rapport à la NF B 10-505***

La NF EN 14579 s'appliquera à tous les types de pierre naturelle. Description détaillée de l'émetteur à ultrasons et gamme des fréquences élargies (20 à 150 kHz).

### ***En attendant reste applicable***

---

NF B 10-505	Août 1973	Produits de carrières - Pierres calcaires - Mesure de la vitesse de propagation du son (ondes longitudinales)
-------------	-----------	---

### **Objet et domaine d'application**

La présente norme a pour but d'exposer la technique de la mesure de la vitesse de propagation du son (ondes longitudinales) par transparence. La connaissance de cette caractéristique est utile pour l'identification de la pierre calcaire. L'avantage de cet essai est d'être non destructif.

---

Projet Pr NF EN 14205

Méthodes d'essai pour les pierres naturelles - Détermination de la dureté Knoop

Date prévisionnelle de publication : 2003.12.01

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne définit une méthode de détermination de la dureté de la pierre naturelle au moyen d'un appareil d'indentation Knoop.

Remplacera les normes homologuées NF B 10-506 et NF B 10-507 d'août 1973 (voir ci-dessous).

***Principales modifications par rapport aux NF B 10-506 et 507***

La NF EN 14205 s'appliquera à tous les types de pierre naturelle, principe de la méthode différent.

***En attendant restent applicables***


---

NF B 10-506	Août 1973	Produits de carrières - Pierres calcaires - Mesure de la dureté superficielle (largeur de la rayure)
-------------	-----------	--

**Objet et domaine d'application**

La présente norme a pour objet d'exposer la technique de la mesure de la dureté superficielle (largeur de rayure) des pierres calcaires.

---

NF B 10-507	Août 1973	Produits de carrières - Pierres calcaires - Mesure de la dureté Vickers
-------------	-----------	---

**Objet et domaine d'application**

La présente norme a pour objet d'exposer la technique de la mesure de la dureté Vickers des pierres calcaires.

---

Projet Pr NF EN 14146

Méthodes d'essai pour les pierres naturelles - Détermination du module d'élasticité dynamique (par la mesure de la fréquence de résonance fondamentale)

Date prévisionnelle de publication : 2003.06.01

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne définit deux méthodes de détermination de la fréquence de résonance fondamentale de la pierre naturelle et le calcul du module d'élasticité dynamique selon le mode opératoire de mise en vibration des éprouvettes.

---

Projet Pr NF EN 14580

Méthodes d'essai pour les pierres naturelles - Détermination du module

---

**d'élasticité statique**

Date prévisionnelle de publication : 2005.06.01

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne définit une méthode de détermination par calcul du module d'élasticité statique de la pierre naturelle en compression uniaxiale selon l'EN 1926.

---

**Projet Pr NF EN 14066**

Méthodes d'essai pour les pierres naturelles - Détermination de la résistance aux chocs thermiques

Date prévisionnelle de publication : 2003.12.01

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne spécifie une méthode d'évaluation des modifications possibles des pierres naturelles sous l'effet de variations soudaines de la température (choc thermique).

---

**Projet Pr NF EN 13919**

Méthodes d'essai pour les pierres naturelles – Résistance au vieillissement sous l'action du dioxyde de soufre en présence d'humidité

Date prévisionnelle de publication : 2003.06.01

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne spécifie une méthode d'évaluation de la résistance relative des pierres naturelles aux dégâts causés par le dioxyde de soufre en présence d'humidité.

---

**Projet Pr NF EN 14147**

Méthodes d'essai pour les pierres naturelles - Détermination de la résistance au vieillissement accéléré au brouillard salin

Date prévisionnelle de publication : 2003.12.01

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne définit méthode d'évaluation de la résistance relative des pierres naturelles au vieillissement accéléré au brouillard salin.

---

**Projet Pr NF EN 14158**

Méthodes d'essai pour les pierres naturelles - Détermination de l'énergie de rupture

Date prévisionnelle de publication : 2003.12.01

**Objet et domaine d'application**

Cette future norme européenne définit la méthode de détermination de l'énergie de rupture aux chocs des éléments en pierres naturelles. Cette future norme fournira la méthode pour un essai d'identification ainsi que pour un essai technologique.

---

**NF EN 459-2****Octobre 2002**Chaux de construction - Partie 2 :  
Méthodes d'essai**Objet et domaine d'application**

La présente norme européenne décrit les méthodes d'essai applicables à toutes les chaux de construction faisant l'objet de l'EN 459-1.

Elle décrit les méthodes d'essai de référence et, dans certains cas, des variantes. En cas de litige, seules les méthodes de référence sont utilisées.

Lors de la mise en œuvre de méthodes autres que celles décrites dans cette norme, il faut démontrer que les résultats obtenus sont équivalents à ceux fournis par la méthode de référence.

**NOTE**

Il existe également une partie 3 qui spécifie les règles d'évaluation de la conformité des chaux de construction : c'est la NF EN 459-3, de septembre 2002.

Remplace la norme homologuée NF EN 459-2, de mars 1995 qui elle-même remplaçait les normes enregistrées NF P 15-512 et NF P 15-513 de juin 1981.

***Principales modifications par rapport à l'édition antérieure de la norme NF EN 459-2***

La nouvelle NF EN 459-2 propose une variante supplémentaire pour la détermination de la granularité des chaux hydratées et pour l'évaluation de la réactivité, quelques amendements à la méthode d'échantillonnage et au mode opératoire.

---

**NF EN 934-6****Septembre 2002**Adjuvants pour béton, mortier et coulis –  
Partie 6 : échantillonnage, contrôle et  
évaluation de la conformité**Objet et domaine d'application (à revoir)**

La présente norme européenne définit les procédures d'échantillonnage, de contrôle et d'évaluation de la conformité pour les adjuvants pour béton, mortier et coulis conformes aux autres parties de l'EN 934.

Remplace la norme homologuée NF EN 934-6, de mai 2000 (voir ci-dessous).

***Principales modifications par rapport à l'édition antérieure de la NF EN 934-6***

La nouvelle NF EN 934-6 prend en compte les modifications apportées aux spécifications dans les autres parties de l'EN 934.

## **14.3 – ARRETE DU 13 JANVIER 2003 – CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES GENERALES**

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

11 janvier 2003

**Arrêté du 3 Janvier 2003 approuvant la cahier da clauses techniques générales  
applicables aux marchés de travaux et approuvant ou modifiant divers fascicules.**

NOR: ECOM0200084A

Le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie et le ministre de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer,

Vu le décret n° 2001-210 du 7 mars 2001 portant code des marchés publics, notamment son article 13 ;

Vu le décret n° 93-1164 du 11 octobre 1993 relatif à la composition du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux et approuvant ou modifiant divers fascicules ;

Vu le décret n° 96-420 du 10 mai 1996 relatif à la composition du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux et approuvant ou modifiant divers fascicules ;

Vu le décret n° 98-28 du 8 janvier 1998 relatif à la composition du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux et approuvant ou modifiant divers fascicules ;

Vu le décret n° 99-98 du 15 février 1999 relatif à la composition du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux et approuvant ou modifiant divers fascicules :

Vu le décret n° 2000-524 du 15 juin 2000 relatif à la composition du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux et approuvant au modifiant divers fascicules ;

Vu l'avis de la commission technique des marchés,

Arrêtent :

### **Article 1<sup>er</sup>**

Sont approuvés les fascicules modifiés suivants du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux :

#### **Fascicules applicables au bâtiment et au génie civil**

Fascicule 61, titre IV Actions climatique. Action de la neige sur les constructions - modificatif n° 3 - cahier du CSTB If 3215 (avril 2000).

DTU règles NV 65 Cahier du CSTB n° 3193 (janvier 2000). Les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes. Modificatif n° 3 - cahier du CSTB n° 3215 (avril 2000).

**Fascicules applicables au génie civil**

Fascicule 2	Terrassements généraux.
Fascicule 28	Exécution des chaussées en béton.
Fascicule 71	Fourniture et pose de conduites d'adduction et de distribution d'eau.
Fascicule 73	Équipement hydraulique, mécanique et électrique des stations de pompage d'eau.
Fascicule 81, titre I	Construction d'installation de pompage pour le relèvement ou le refoulement d'eaux usées domestiques, d'effluents industriels ou d'eaux de ruissellement ou de surface.
Fascicule 81, titre II	Conception et exécution d'installations d'épuration d'eaux usées.

**Fascicules applicables au bâtiments**

DTU 33-1	Façades rideaux, semi-rideaux, panneaux – annexe informative entretien et maintenance - cahier du CSTB n° 3240 (juillet – août 2000).
DTU 40-241	Couvertures en tuiles planes en béton à glissement et à emboîtement longitudinal - modificatif n° 2 - cahier du CSTB n° 3304 (décembre 2000).
DTU 40-25	Couverture en tuiles plates en béton modificatif n° 2 - cahier du CSTB n° 3305 (décembre 2000).
Règles FB	Méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des structures en béton.  Amendement AI (XPP92-701-AI).

**Article 2**

Sont retirés en tant que fascicules du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux les documents techniques unifiés (DTU) suivants :

DTU 11-1	Sondage de sols de fondation.
DTU 12	Terrassement pour le bâtiment.
DTU 36-1	Menuiserie en bois.
DTU 40-42	Couverture par grands éléments en feuilles et bandes en aluminium, en acier galvanisé.
DTU 40-21	Couverture en tuiles de terre cuite à emboîtement et à glissement.
DTU 40-35	Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier galvanisées prélaquées ou non.
DTU 55	Revêtements muraux. scellés dessinés aux. Locaux d'habitation, bureaux et établissements d'enseignement



DTU 6I-1	Installations de gaz dans les locaux d'habitation pour la partie terminologie seulement.
DTU Th-K	Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction.
Dru Th-G	Règles de calcul du coefficient GV des bâtiments d'habitation et du coefficient G1 des bâtiments autres que l'habitation.

**Article 3**

Les dispositions du présent arrêté sont applicables aux marchés pour lesquels la procédure de consultation sera engagée à compter du premier jour du sixième mois suivant la date de publication du présent arrêté.

**Article 4**

Le présent arrêté sera publié au journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 3 janvier 2003.

Le ministre de l'économie,  
des finances et de l'industrie.  
FRANCIS MER

Le ministre de l'équipement, des transports,  
du logement, du tourisme et de la mer.

GILLES DE ROBIEN

## **14.4 – DECRET N° 84-74 DU 26 JANVIER 1984 - NORMALISATION**

**fixant le statut de la normalisation <sup>(1)</sup>**

*(Journal officiel du 1er février 1984)*

### **Article 1er**

La normalisation a pour objet de fournir des documents de référence comportant des solutions à des problèmes techniques et commerciaux concernant les produits, biens et services qui se posent de façon répétée dans des relations entre partenaires économiques, scientifiques, techniques et sociaux.

### **Article 2**

*(Décret n° 91-283 du 19 mars 1991, art. 1er-I)*

Le ministre chargé de l'industrie assure, après consultation du groupe interministériel des normes prévu à l'article 3 du présent décret, la définition de la politique des pouvoirs publics en matière de normes pour l'ensemble des produits, biens et services, et s'assure de la cohérence des actions des différents intervenants dans ce domaine.

Il fixe notamment les directives générales qui doivent être suivies dans l'établissement des normes. Il contrôle les travaux des organismes français de normalisation.

### **Article 3**

*(Décret n° 91-283 du 19 mars 1991, art. 1er-II)*

Il est institué un groupe interministériel des normes chargé d'assister le ministre chargé de l'industrie dans la définition des orientations de la politique nationale et internationale des pouvoirs publics en matière de normes et dans l'évaluation des résultats de cette politique.

Le groupe interministériel des normes comprend, sous la présidence d'une personnalité qualifiée désignée par le Premier ministre, les responsables ministériels pour les normes prévus à l'article 14 désignés par chaque ministre intéressé ainsi que des représentants des organismes interministériels intéressés par les normes, désignés par le Premier ministre.

#### **Article 3.1**

*(Décret n°91-283 du 19 mars 1991, art. 1er-II)*

Un délégué interministériel aux normes, nommé par décret en conseil des ministres est placé auprès du ministre chargé de l'industrie pour l'exercice des attributions confiées à celui-ci par l'article 2. Il peut recevoir délégation de signature de ce ministre dans les conditions prévues par le décret du 23 janvier 194 ? susvisé. Il exerce les fonctions de rapporteur général du groupe interministériel des normes. Un délégué adjoint désigné par arrêté du Premier ministre et du ministre chargé de l'industrie assiste le délégué interministériel aux normes et le supplée en cas d'absence ou d'empêchement.

---

<sup>(1)</sup> Modifié par décret n° 90-653 du 18 juillet 1990 (J.O. du 25 juillet 1990), décret n° 91-283 du 19 mars 1991 (J.O. du 20 mars 1991), décret n° 93-1235 du 15 novembre 1993 (J.O. du 17 novembre 1993).

**Article 4**

*(Décret n° 91-283 du 19 mars 1991, art. 1er-III)*

Le “délégué interministériel aux normes ” remplit les fonctions de commissaire du Gouvernement auprès de l'Association française de normalisation.

**Article 5**

Sous le contrôle du ministre chargé de l'industrie, une mission générale de recensement des besoins en normes nouvelles, de coordination des travaux de normalisation, de centralisation et d'examen des projets de normes, de diffusion des normes, de promotion de la normalisation, de formation à la normalisation et de représentation des intérêts français dans les instances internationales non gouvernementales de normalisation est confiée à l'Association française de normalisation.

**Article 6**

Le programme général des travaux de normalisation est arrêté chaque année par l'Association française de normalisation en fonction des besoins recensés par elle auprès des partenaires économiques et sociaux et des bureaux de normalisation. Il tient compte des priorités nationales, exprimées notamment dans le Plan <sup>(2)</sup>.

**Article 7**

Les avant-projets de normes françaises sont préparés par des commissions de normalisation comprenant des représentants des différentes catégories de partenaires intéressés par leur utilisation, et notamment des organisations représentatives de consommateurs. Ces commissions siègent au sein de bureaux de normalisation à compétence sectorielle.

L'Association française de normalisation est chargée de fournir aux commissions de normalisation les informations techniques et économiques nécessaires à leurs travaux.

Elle veille à ce que les principales parties intéressées soient représentées dans les commissions de normalisation.

Elle assiste de plein droit à toute commission de normalisation.

**Article 8**

Tout organisme, doté ou non de la personnalité juridique, justifiant de sa capacité technique à animer les travaux de commissions de normalisation dans un secteur donné peut être agréé comme bureau de normalisation par décision conjointe du ministre chargé de l'industrie et des autres ministres intéressés, prise après avis du conseil d'administration de l'Association française de normalisation. Cette décision fixe le champ de compétence du bureau de normalisation ainsi constitué.

L'agrément peut être retiré après que son bénéficiaire a été mis à même de présenter ses observations :

- a) Au cas où l'existence de ce bureau de normalisation ne répond plus à un besoin ;
- b) Au cas où il n'est plus en mesure d'exécuter les travaux qui lui incombent ;

---

<sup>(2)</sup> Les mots “Le programme général est soumis au Conseil supérieur de la normalisation” ont été supprimés par décret n° 91-283 du 19 mars 1991, article 1er-IV.

- c) Au cas où il ne respecte pas les dispositions du présent décret ou les directives générales prévues à l'article 2 ci-dessus.

La liste des bureaux de normalisation existants à la date de publication du présent décret et maintenus en activité est fixée dans les formes prévues à l'alinéa 1er.

## Article 9

Pour chaque avant-projet de norme prévu dans le programme général mentionné à l'article 6 ci-dessus ou pour lequel une demande a été formulée par le (*Décret n° 91-283 du 19 mars 1991, art. 1er-III.*) "délégué interministériel aux normes". L'Association française de normalisation désigne le bureau de normalisation au sein duquel siégera la commission chargée de l'élaboration.

En l'absence de bureau de normalisation compétent ou lorsque ce bureau n'est pas en mesure de transmettre en temps utile les avant-projets qui lui incombent, l'Association française de normalisation peut constituer elle-même des commissions de normalisation.

## Article 10

Lorsqu'un avant-projet de norme est établi, il peut être soumis par l'Association française de normalisation, après vérification, à une instruction qui fait l'objet d'une publication au *Journal officiel de la République française* et au *Bulletin officiel de la normalisation*, afin de contrôler sa conformité à l'intérêt général et de vérifier qu'il ne soulève aucune objection de nature à en empêcher l'adoption. L'Association française de normalisation fixe, en fonction de l'objet de la norme, la durée de l'instruction, qui ne peut être inférieure à quinze jours.

L'Association française de normalisation est tenue de soumettre à ladite instruction les avant-projets prévus dans le programme général mentionné à l'article 6 ci-dessus et ceux pour lesquels le (*Décret n° 91-283 du 19 mars 1991, art. 1er-III.*) "délégué interministériel aux normes" le demande.

Les observations formulées au cours de l'instruction sont examinées par la commission de normalisation compétente qui en tient compte pour l'élaboration du projet définitif. A défaut d'accord, les conflits sont tranchés par le conseil d'administration de l'Association française de normalisation ou par l'instance désignée par le conseil à cet effet.

Les départements ministériels font part à l'Association française de normalisation, au cours de l'instruction, des modifications qu'ils souhaitent voir apporter aux avant-projets de normes. Les difficultés qui peuvent résulter de cette disposition sont portées devant le commissaire à la normalisation.

## Article 11

L'homologation des normes est prononcée au vu des résultats de l'instruction prévue à l'article 10 par le conseil d'administration de l'Association française de normalisation, qui peut déléguer cette attribution au directeur général.

Le (*Décret n° 91-283 du 19 mars 1991, art. 1er-III.*) "délégué interministériel aux normes" peut s'opposer à l'homologation d'un projet de norme.

La liste des normes homologuées au cours de chaque mois est publiée le mois suivant au *Journal officiel de la République française*.

## Article 12

Si des raisons d'ordre public, de sécurité publique, de protection de la santé et de la vie des personnes et des animaux ou de préservation des végétaux, de protection des trésors nationaux ayant une valeur artistique, historique ou archéologique, ou des exigences impératives tenant à l'efficacité des contrôles fiscaux, à la loyauté des transactions commerciales et à la défense du consommateur rendent une telle mesure nécessaire (*Décret n° 91-283 du 19 mars 1991, art. 1er-V.*) " l'application d'une norme homologuée, ou d'une norme reconnue équivalente applicable en France en vertu d'accords internationaux peut être rendue obligatoire " par arrêté du ministre chargé de l'industrie et, le cas échéant, des autres ministres intéressés, sous réserve des dérogations particulières accordées dans les conditions précisées à l'article 18 ci-après.

### Article 13

(*Décret n° 93-1235 du 15 novembre 1993, art. 1er*)

1° Sans préjudice de la réglementation applicable, l'introduction ou la mention explicite des normes homologuées ou d'autres normes applicables en France en vertu d'accords internationaux est, sous réserve des dérogations prévues à l'article 18 du présent décret, obligatoire dans les clauses, spécifications et cahiers des charges :

- a) Des marchés d'un montant égal ou supérieur aux seuils prévus aux articles 123 (1°) et 321 (1°) du code des marchés publics passés par les personnes soumises aux dispositions des livres II et III de ce code ;
- b) Des contrats soumis aux obligations de publicité et de mise en concurrence définies au titre II de la loi n° 91-3 du 3 janvier 1991.

Sauf dans le cas où les normes visées à l'alinéa précédent constituent la transposition d'une norme européenne ou d'une spécification technique commune, l'obligation prévue au précédent alinéa n'autorise pas les personnes responsables du marché ou du contrat à écarter les soumissions conformes à des normes en vigueur dans un autre État membre de la Communauté économique européenne et justifiant d'une équivalence avec les normes françaises homologuées.

2° Sans préjudice de la réglementation applicable, l'introduction ou la mention explicite des normes homologuées transposant des normes européennes est, sous réserve des dérogations prévues à l'article 18, obligatoire dans les documents généraux ou dans les cahiers des charges des contrats définis par la loi n° 92-1282 du 11 décembre 1992 relative aux procédures de passation de certains contrats dans les secteurs de l'eau, de l'énergie, des transports et des télécommunications.

3° Les clauses, spécifications techniques et cahiers des charges des marchés et contrats visés au présent article ne peuvent mentionner des produits d'une fabrication ou d'une provenance déterminée, ou des procédés particuliers à certaines entreprises, et ne peuvent se référer à des brevets ou types, indications d'origine ou de provenance, marques au sens du titre Ier du livre VII du code de la propriété intellectuelle, sauf lorsqu'il n'est pas possible de donner une description de l'objet du marché ou du contrat sans ces références. Dans ce dernier cas, de telles références sont autorisées lorsqu'elles sont accompagnées de la mention "ou équivalent".

### Article 14

(*Décret n° 91-283 du 19 mars 1991, art. 1er-VI*)

Dans chaque département ministériel intéressé par les normes et figurant à ce titre sur une liste établie par le Premier ministre et le ministre chargé de l'industrie, un ou plusieurs responsables ministériels pour les normes sont désignés pour assurer la liaison entre leur département et le

ministère chargé de l'industrie. Ils veillent à la bonne utilisation des normes par les divers services de leur ministère.

### Article 15

La conformité aux normes est attestée, à la demande du producteur, par l'apposition d'une marque nationale accordée par l'Association française de normalisation.

*(Décret n° 93-1235 du 15 novembre 1993, art. 2.)* "Le bénéfice de cette marque est réservé aux produits et services pour lesquels les dispositions édictées par l'Association française de normalisation ont été respectées."

Toute infraction à ces dispositions peut entraîner le retrait du bénéfice de la marque.

### Article 16

*(Décret n° 93-1235 du 15 novembre 1993, art. 3)*

Les marques nationales de normalisation sont déposées et leurs règles d'usage sont fixées par l'Association française de normalisation, dans les conditions déterminées par le titre Ier, du livre VII du code de la propriété intellectuelle et par les articles L. 115-21 à L. 115-33 du code de la consommation.

### Article 17

L'Association française de normalisation est soumise au contrôle économique et financier de l'État organisé par le décret n° 55-733 du 26 mai 1955.

### Article 18

*(Décret n° 90-653 du 18 juillet 1990, art. 2)*

1° En cas de difficulté dans l'application des normes rendues obligatoires en vertu de l'article 12, des demandes de dérogation peuvent être adressées par les représentants qualifiés des producteurs, importateurs ou distributeurs, par les administrations publiques, ou par tout intéressé, à l'Association française de normalisation. La dérogation est accordée par décision du ministre chargé de l'industrie sur proposition du *(Décret n° 91-283 du 19 mars 1991, art. 1er-III.)* "délégué interministériel aux normes", au vu d'un rapport de présentation établi par l'Association française de normalisation. Elle fait l'objet, le cas échéant, d'une décision conjointe de ce ministre et des autres ministres intéressés.

2° En cas de difficulté dans l'application des normes homologuées dans *(Décret n° 93-1235 du 15 novembre 1993, art. 4-I)* " les marchés et contrats mentionnés à l'article 13 ", il peut être dérogé à l'obligation d'introduire ou de mentionner explicitement les normes homologuées et les autres normes applicables en France en vertu d'accords internationaux :

- a) Lorsqu'un projet comporte une innovation pour laquelle le recours à des normes existantes serait inapproprié, la dérogation ne concernant dans ce cas que l'innovation correspondante ;
- b) Lorsque l'application des normes conduirait à acquérir des fournitures incompatibles avec des installations déjà en service, ou entraînerait des coûts ou des difficultés techniques disproportionnés, à condition toutefois que soient précisés les délais dans lesquels lesdites normes seront appliquées;

- c) Lorsque ces normes ne sont assorties d'aucune disposition concernant la vérification de la conformité des produits ou qu'il n'existe pas de moyens techniques d'établir cette conformité de façon satisfaisante <sup>(1a)</sup>;
- d) Lorsque le marché public porte sur l'étude et la production d'armes, munitions et matériels de guerre <sup>(2a)</sup>.

(Décret n° 93-1235 du 15 novembre 1993, art. 4-IV.) “ 3° En cas de difficulté dans l'application des normes homologuées transposant les normes européennes dans les contrats mentionnés au 2° de l'article 13, en complément des cas de dérogations prévues au 2° du présent article, il peut être dérogé à l'obligation d'introduire ou de mentionner explicitement les normes homologuées transposant des normes européennes, lorsque celles-ci sont impropres à l'application particulière envisagée, ou ne tiennent pas compte des développements techniques survenus depuis leur adoption.

“La personne partie au contrat qui a recours à cette dérogation en informe l'Afnor en précisant les motifs de cette dérogation.”

(Décret n° 93-1235 du 15 novembre 1993, art. 4-V.) “4° a) Il est fait mention expresse dans les marchés, ou contrats visés au 1° de l'article 13, des normes homologuées auxquelles ils dérogent au titre du présent article, et des motifs de ces dérogations.

“Ces dérogations sont portées sans délai à la connaissance de l'Association française de normalisation qui fait rapport chaque année au groupe interministériel des normes.”

“b) Il est fait mention du recours à une dérogation au titre du présent article dans les avis de mise en concurrence pour les contrats visés au 2° de l'article 13”.

## Article 19

Le décret du 24 mai 1941 définissant le statut de la normalisation est abrogé, à l'exception de son article 21 (1<sup>er</sup> alinéa).

Les normes dont les projets ont donné lieu à enquête publique avant la date de publication du présent décret peuvent être homologuées sans nouvelle instruction.

## Article 20

Le présent décret ne peut être modifié que par décret en Conseil d'État.

Fait à Paris, le 26 janvier 1984.

---

<sup>(1a)</sup> Le d du 2° de l'article 18 a été supprimé par décret n° 93-1235 du 15 novembre 1993, article 4-II, et le e est devenu d cf. au même article.

<sup>(2a)</sup> Les deuxième et troisième alinéas du 2° de l'article 18 ont été supprimés par décret n° 93-1235 du 15 novembre 1993, article 4-III.





## CHAPITRE 15 – ANNEXES

### 15.1 – BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

Monumental 2000 – articles de Véronique Vergès-Belmin et de Philippe Bromblet sur le nettoyage – aux éditions du patrimoine ;

Monumental 2002 – V. Vergès-Belmin, J D Mertz, P Bromblet et L. Leroux – La consolidation et l'hydrofugation de la pierre. Paris, DAPA 2002 in Monumental, p202-243 ISSN 1168-4534 ;

Le dessalement des matériaux poreux: Actes des Journées d'étude de la SFIIC, 9-10 mai 1996, SFIIC ed., Champs sur Marne, 1996, 298 p.

J.-D. Mertz et P. Loutrel (2001) Le dessalement des tuffeaux du château des Ducs de Bretagne à Nantes par la méthode de nettoyage Tollis. Pierre Actual, ISSN 0025 – 6072, juillet 2001, p. 68-77.

Vergès-Belmin V. et Bromblet P. (2001) La pierre et les sels / Paris : Direction du patrimoine, 2001, In : Monumental, ISSN 1168-4534, p. 224-262.

Vergès-Belmin V. Electrophorèse appliquée au dessalement de la pierre. Techne, 12, 2000, p.28-33

- 
- |       |   |
|-------|---|
| ASH90 | Ashurst J., Ashurst N. (1990) Stone masonry; photographs by Nicola Ashurst, graphics by Iain McCaig. Practical building conservation series. English heritage technical handbook 1 - Aldershot : Gower technical press. ISBN 0-291-39745-X Vol. 1, 100 p. |
|-------|---|
- 
- |       |   |
|-------|---|
| BAL70 | Ballestrem A., de Henau P., Dupas M., (1970) Traitement de pierres sculptées contaminées par les sels et contrôle du dessalement. - (Bruxelles) : (IRPA) - Extr. du "Bulletin de l'Institut royal du patrimoine artistique", t. 12, 1970, p. 247-268. |
|-------|---|
- 
- |       |  |
|-------|--|
| BOW75 | Bowley M.J. (1975) Desalination of stone : a case study . Garston : Building research station, (Current papers ; 46) "Building Research Establishment", vol. 46, April 1975. |
|-------|--|
- 
- |       |   |
|-------|---|
| BRO02 | Bromblet P., Vieweger T., Blanc A. and Demailly S. (2002) Une démarche originale pour assurer la conservation d'un monument altéré par les sels. Paris : Direction du patrimoine, In : Monumental 2002, ISSN 1168-4534, p. 144-147. |
|-------|---|
- 
- |       |  |
|-------|--|
| CIA89 | Ciabach J., Skibinski S. (1989) Analyses of the total salt content and control of salt removal from stone historical objects - (Bari) : Grafo. In "La conservazione dei monumenti nel bacino del Mediterraneo = the conservation of monuments in the Mediterranean Basin : proceedings / of the 1st International Symposium, Bari, 7-10 June 1989 ; scientific editor Fulvio Zezza", p. 325-328. |
|-------|--|
- 
- |       |  |
|-------|--|
| DOM82 | Domaslowski W., Kozanecka O., Krauze J., et al. (1982) La conservation préventive de la pierre; traduit par Irena Woszyck pour le compte de l'ICOMOS. - Paris : Unesco. (Musées et Monuments ; XVIII). |
|-------|--|
-

DOM98	Domaslowski W., Lewandowska M.-K., Lukaszexicz J.-W. (1998) Badanie nad Konserwacja murów ceglanych (Research on the conservation of brick masonries). Torun University publ.
FAS92	Fassina V., Baron G. Rossetti M.. (1992) Risultati preliminari sulla rimozione dei sali solubili dai marmi parietali della chiesa di S. Maria dei Miracoli in Venezia - Genève : Musée d'histoire naturelle et Musée d'art et d'histoire. In "La conservation des monuments dans le bassin méditerranéen : actes / du 2ème Symposium international (organisé par le) Musée d'histoire naturelle et le Musée d'art et d'histoire ; ed. Danielle Decrouez, Jacques Chamay et Fulvio Zezza", p. 333-341.
GRA01	Grasseger G., Koblischek P.J., Auras M., Ettl H., Häffner K., Hilbert G., Kaps C., Leisen H., Nierneyer R., von Plewhe-Leisen E., Pühringer J., Siedel H., Terheiden K., Wendler E., Zier H.W. (2001) Zerstörungsfreies Entsalzen von Naturstein und anderen poröse Baustoffen mittels Kompressen. WTA Merkblatt E 3-13-01/D, 2001, WTA publications, Freiburg, 14p.
GRU83	Gruppo Normal-C, Methodologie chimiche (1983) NORMAL 13/83: Dosaggio dei sali solubili. CNR Centro di studio di Milano e Roma sulle cause di deperimento e sui metodi di conservazione delle opere d'arte - ICR Istituto Centrale del Restauro, 4 p.
LAU95	Laue S. (1996) Climate controlled behaviour of soluble salts in the crypt of St Maria im Kapitol, Cologne. In : "actes du congrès LCP 1995 Conservation et restauration des biens culturels, Montreux, 24-29 sept. 1995" - édité par Renato Pancella, publié par l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, p. 447 - 454.
PAL96	Le dessalement des matériaux poreux" , Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, 9-10 mai 1996
VER01	Vergès-Belmin V., Bromblet P. (2001) La pierre et les sels /Paris : Direction du patrimoine, In : Monumental 2001, ISSN 1168-4534, p. 224-262

## **15.2 – GLOSSAIRE**

<b><u>Adsorption</u></b>	: Pénétration superficielle d'un liquide à la surface d'un matériau
<b><u>Alcalin</u></b>	: Qui a des propriétés basiques
<b><u>Arasé</u></b>	: Ajusté au ras du mur
<b><u>Assujetti</u></b>	: Fixé
<b><u>Balèvre</u></b>	: Saillie sur le parement de pierres
<b><u>Bousin</u></b>	: Croûte friable à éliminer avant la mise en oeuvre de la pierre
<b><u>Cendrure</u></b>	: Imperfection d'une pierre calcaire sous forme de fente ou de cavité comportant une substance terreuse ou poudreuse
<b><u>Chaux</u></b>	: Oxyde de calcium (CaO) obtenu par la calcination des pierres à chaux ou pierres à plâtre. Elles sont aériennes si leur prise s'effectue sous l'action du gaz carbonique de l'air et hydraulique lorsque ce résultat est obtenu sous l'action de l'eau
<b><u>Chaux calciques</u></b>	: Chaux enrichie en calcium
<b><u>Chaux calciques hydratées</u></b>	: Chaux éteintes constituées principalement d'hydroxyde de calcium
<b><u>Chaux de carbure</u></b>	: Produits dérivés de la fabrication d'acétylène à partir de carbure de calcium
<b><u>Chaux de coquillages</u></b>	: Chaux éteintes fabriquées par la calcination de coquilles suivie d'extinction
<b><u>Chaux dolomitiques</u></b>	: Chaux vives constituées principalement d'oxyde de calcium et de magnésium
<b><u>Chaux dolomitiques hydratées</u></b>	: Chaux éteintes constituées principalement d'hydroxyde de calcium, d'hydroxyde de magnésium et d'oxyde de magnésium
<b><u>Chaux éteintes</u></b>	: Chaux aériennes constituées principalement d'hydroxyde de calcium et éventuellement de magnésium, résultant d'une extinction contrôlée de chaux vives. Elles n'ont pas de réaction exothermique lorsqu'elles entrent en contact avec l'eau. Elles sont produites sous forme de poudre ou de pâte

<b><u>Chaux hydratée</u></b>	: (= chaux éteinte, ou chaux aérienne) Hydroxyde de calcium ( $\text{Ca(OH)}_2$ )
<b><u>Chaux hydraulique</u></b>	: qui durcit sous l'eau : elles comportent les chaux hydrauliques naturelles (XHN) obtenues par calcination de calcaires contenant de l'argile à l'état naturel et les chaux hydrauliques artificielles (XHA) que sont les ciments
<b><u>Chaux vives</u></b>	: chaux aériennes constituées principalement d'oxyde de calcium et de magnésium produites par la calcination de calcaire et/ou de dolomie. Les chaux vives ont une réaction exothermique lorsqu'elles entrent en contact avec l'eau. Les chaux vives se présentent en différents états granulaires, allant de la roche à des matériaux finement pulvérisés.
<b><u>Clinker</u></b>	: Petites boulettes dures de silicate, résultant de la cuisson du mélange d'argile et de calcaire, constituant le matériau de base de fabrication du ciment
<b><u>Cône de Marsh</u></b>	: cône d'écoulement destiné à mesurer la fluidité et la réduction d'eau des coulis d'injection
<b><u>Crapaud</u></b>	: Rognon de pierre grossière
<b><u>Dessiccation</u></b>	: Elimination de l'humidité d'un corps
<b><u>Ecornure</u></b>	: Eclat dans un parement (épaufrure) au niveau d'une arête ou de l'angle d'un mur
<b><u>Efflorescence</u></b>	: Dépôt cristallin blanchâtre traduisant une migration de sels solubles entraînés par l'humidité vers la surface des murs
<b><u>Equerrage</u></b>	: Mesure de l'angle de deux faces contiguës d'une pierre
<b><u>Epigénie</u></b>	: Remplacement d'un minéral par un autre, au sein d'une roche
<b><u>Event</u></b>	: Orifice en partie haute d'un récipient destiné à faciliter l'évacuation de l'air pendant le remplissage
<b><u>Fichage</u></b>	: Remplissage des joints d'une maçonnerie de pierres taillées posées sur cales à l'aide d'une fiche
<b><u>Gélifraction</u></b>	: Fragmentation des roches à la suite de l'alternance de gels et de dégels
<b><u>Induré</u></b>	: Rendu anormalement dur
<b><u>Liteau</u></b>	: Tasseau de bois de section carrée en rectangulaire

<b><u>Moye</u></b>	: Couche de pierre friable et tendre à éliminer, à la surface d'une pierre dure
<b><u>Pouffe</u></b>	: Partie d'une pierre qui se désagrège facilement à l'humidité ou sous les chocs
<b><u>Rognon</u></b>	: Inclusion minérale dure d'une autre nature que la roche principale
<b><u>Substrat</u></b>	: Matériaux constitutifs du support



## **LIVRE II – CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES**





## NOTE LIMINAIRE

Lorsque dans le présent CCTP-type figure la formule “ à l'identique ”, elle implique le respect des contraintes archéologiques et architecturales liées à l'histoire du bâtiment concerné ainsi qu'une identité d'aspect avec les parties conservées, mais elle ne préjuge pas d'un usage strict des matériaux initiaux comme des techniques de mise en œuvre initiales.

Le présent CCTP, comme les autres pièces de marché qui le complètent, doit en conséquence définir pour chaque ouvrage (ou élément d'ouvrage) toutes les données à imposer pour sa réalisation, soit en fonction des normes qui sont rappelées, soit en y dérogeant.

Pour un certain nombre de ces ouvrages, il est fait mention de “ surfaces de références ” à localiser sur le bâti existant pour permettre à l'entreprise de connaître très précisément “ le résultat ” qui lui sera imposé et répondre ainsi à la notion d'identique évoquée ci avant.

Les “ dispositions générales ” concernent des prescriptions applicables à tous les cas de la rubrique concernée, quels que soient le type de chantier, la nature et la destination de l'édifice ou de l'objet de la restauration.

Les “ dispositions particulières ” sont des recommandations spécifiques à l'ouvrage concerné. Elles sont fonction :

- de la particularité du chantier ;
- des contraintes du projet ;
- de la difficulté de réalisation des ouvrages ;
- des conditions climatiques et/ou géographiques ;
- de la nature de l'édifice ou de l'objet ;
- de l'état de l'édifice ou de l'objet ;
- de la destination de l'ouvrage ;
- des difficultés susceptibles de survenir en cours de travaux ;
- d'une façon plus générale, de toutes les causes susceptibles d'influer sur la réalisation d'un ouvrage, dont il est fait état à titre d'information auprès des entreprises, sans que les dispositions énoncées puissent être considérées comme exhaustives.

Les sculptures en pierre ne sont pas traitées dans cet ouvrage. Elles font l'objet d'un lot séparé.



## **CHAPITRE 1 – CLAUSES COMMUNES PROPRES AU CHANTIER**

### **1.1 – OBJET DU CHANTIER**

(à préciser)

### **1.2 – INSTALLATIONS COMMUNES DE CHANTIER**

- Description des installations :
- lot chargé de la prestation.

*Ce chapitre est à adapter dans le cas où l'opération ne comprend qu'un seul lot.  
Préciser l'objet de la restauration intéressant tous les corps d'état.*

#### **Note générale**

*Les installations de chantier doivent être étudiées en détail avec beaucoup de précision.*

*Elles dépendent :*

- *de l'importance de l'opération ;*
- *de la situation du chantier dans l'environnement (urbain, rural, visibilité par le public, co-visibilité, etc..) ;*
- *de l'accessibilité, des embarras de l'édifice pendant les travaux ;*
- *etc.*

#### **Prescriptions à faire figurer dans l'article**

*Dans cet article, l'architecte renvoie au plan d'installation de chantier s'il existe, définit la nature de ces installations et indique les entreprises à qui incombent les prestations et les responsabilités, de sorte que chaque entreprise puisse estimer, sans équivoque, les prestations ayant une incidence directe ou indirecte sur ses prix.*

*A ce titre, sans que cette liste soit limitative, sont à préciser les prestations suivantes :*

- *à qui incombe l'établissement du plan d'organisation du chantier ;*
- *l'emprise du chantier ;*
- *les emprises tolérées d'implantation des installations communes ;*
- *les conditions de raccordements des fluides (eau, électricité, téléphone assainissement) ;*
- *l'équipement commun de chantier (bureaux de chantier, réfectoire, locaux d'hygiène et leur équipement, entretien) ;*
- *les dispositifs pour l'évacuation provisoire des eaux pluviales ;*
- *la remise en état des locaux et des extérieurs en fin de travaux ;*

- *à qui incombent les frais de voirie et de police ;*
- *les conditions de gardiennage du chantier ;*
- *les conditions d'enlèvement des gravois (emplacement des goulottes, des stockages, etc...) ;*
- *les dispositions relatives aux clôtures extérieures et intérieures (constitution, hauteur, aspect, dispositifs d'accès, durée de location, éclairage, entretien, etc...) ;*
- *les dispositifs d'accès des matériaux et des ouvriers tels qu'ascenseurs, monte matériaux, sapines (emplacement, charges, exploitation, entretien, etc...) ;*
- *les échafaudages y compris ceux assurant la desserte du chantier (emplacement, finalité, charges supportées, emplacement des planchers de travail, durées d'immobilisation, déplacements découlant du phasage du chantier, dispositifs disposés sur les échafaudages destinés à assurer la sécurité des personnes et des biens, éclairage, entretien, etc...) ;*
- *les protections lourdes destinées à assurer la sécurité des personnes et des biens (emplacements, fonction, charges supportées, durée d'immobilisation, déplacements découlant du phasage du chantier, éclairage, entretien, etc...) telles que :*
  - *les planchers de garantie, avec ou sans ossature, pour protection d'ouvrages dans le cas de travaux à l'aplomb ou en surplomb ;*
  - *les auvents de protection sur échafaudages (pare-éclats) ;*
  - *les cloisons de garantie au droit des verrières destinées : à assurer la protection de l'ouvrier et celle des verrières elles-mêmes et à interdire l'effraction d'autre part ;*
  - *les tunnels de sécurité au droit des passages publics, constitués de parois et plafond ou d'un plafond seulement ;*
  - *les passages provisoires du public pendant la durée des travaux ;*
  - *le panneau de chantier ;*
  - *etc...*

### **1.3 – SUJETIONS LIEES A L'EXPLOITATION DE L'EDIFICE**

*Le maître d'œuvre précise à cet article les sujétions liées à l'exploitation de l'édifice, telles que :*

- *les horaires de travail imposés ;*
- *les interruptions liées à l'exploitation ;*
- *les parcours imposés pour l'approvisionnement du chantier ;*
- *etc....*

## **CHAPITRE 2 – CLAUSES GENERALES PROPRES AU PRESENT LOT**

### **2.1 – OBJET DES TRAVAUX**

*Préciser l'étendue des travaux propres au lot.*

### **2.2 – DOCUMENTS TECHNIQUES CONTRACTUELS**

Ceux énumérés au chapitre 3 du fascicule technique "Ouvrages en pierre".

### **2.3 – ECHAFAUDAGES**

*Dans cet article, le maître d'œuvre détaille les échafaudages mis à la charge du présent lot et qui ne relèvent pas des installations communes du chapitre 1, pour tous les travaux commencés ou poursuivis à plus de 4,00 m de hauteur à compter du sol ou du plancher de la construction sur lequel repose l'échafaudage.*

*Il précise les conditions d'installation ayant une incidence directe ou indirecte sur le prix de l'entreprise dans les mêmes conditions qu'à l'article "installations communes de chantier".*

### **2.4 – SUJETIONS PARTICULIERES D'EXECUTION DES OUVRAGES**

*Dans cet article, le maître d'œuvre indique les sujétions particulières d'exécution des travaux (ou de certains travaux) telles que :*

- *l'exécution dans l'embarras des étais ;*
- *l'exécution en sous œuvre ;*
- *l'exécution en locaux encombrés ;*
- *les difficultés d'accès ;*
- *etc.*

### **2.5 – PROTECTION DES EXISTANTS**

*Les protections lourdes sont détaillées au titre des installations communes de chantier.*

*Le maître d'œuvre détaille, au présent article, les dispositifs de protections particulières que la nature des travaux et/ou l'état des existants peuvent nécessiter (protection mécanique contre les chocs et chutes d'outils, contre les écrasements de moulures, poinçonnements par emploi de papier anglais, film, complexes non tissés à condition qu'ils ne soient pas étanches, platelage, couchis, etc...) si les prescriptions ci-dessous lui semblent insuffisantes.*

L'entrepreneur doit prévoir toutes les dispositions nécessaires pour assurer la protection des ouvrages existants et notamment des éléments anciens :

- sols ;
- élévation ;
- surplomb ;
- voûte ;
- arc, etc. ;
- épiderme ;
- parement ;
- moulures ;
- sculpture et peintures.

Les dispositions proposées doivent être soumises au maître d'œuvre.

## CHAPITRE 3 – DESCRIPTION DES OUVRAGES EN PIERRE CALCAIRE

### **3.1 – CINTRAGE**

#### **Dispositions générales**

Ouvrage d'accompagnement préalable à la reprise d'un élément porteur ou à conforter, comprenant :

- la pose, la dépose, la mise à disposition du matériel nécessaire et le double transport ;
- tous les coltinages à l'intérieur de l'édifice ;
- la protection des ouvrages existants.

Les dispositifs de cintrage sont laissés à l'initiative de l'entreprise et à soumettre au maître d'œuvre.

Les études de cintres et d'étaisements sont incluses au présent article.

*Préciser les études spécifiques à prévoir en matière de cintrage et d'étaisement.*

#### **Dispositions particulières**

*Les fermes de cintre et leur couchis, les étaisements nécessitant une étude particulière et les échafaudages porteurs des cintres sont à la charge du présent lot ou à la charge du lot Charpente.*

#### **Localisation**

*A détailler par rubriques suivantes :*

- *le cintrage de remplissage de voûte :*
  - *à simple courbure ;*
  - *à double courbure ou hémisphérique ;*
  - *ellipsoïdale.*
- *le cintrage d'arc de baie ;*
- *le cintrage de plate-bande ;*
- *etc.*

### **3.2 – DEPOSE DE PIERRE**

*Dans le cas où des dispositions particulières relatives à la stabilité (étaisements par exemple), aux protections contre les intempéries ou pour assurer la protection des décors ou des équipements divers, doivent être prises, il convient d'établir des articles spécifiques tant au CCTP qu'au BPU - DE du présent lot.*

*Dans le cas de démolition d'ouvrages en pierres dans lesquels la présence d'éléments anciens ou intéressants est probable, l'architecte en fait mention dans les sujétions particulières des articles concernés en préconisant le mode opératoire et retient éventuellement l'article "Enlèvement des gravois avec tri préalable" pour lesdits ouvrages sous contrôle du maître d'œuvre.*

*Préciser le cas échéant les conditions d'entreposage : provisoire sur chantier ou prolongé sur dépôt lapidaire : le mode de stockage, le lieu, les protections, la durée, etc.*

*Préciser les traitements préalables éventuels à réaliser sur les parties adjacentes à celles qui seront déposées.*

*Dans le cas de découverte fortuite, l'entreprise devra prévenir impérativement le maître d'œuvre qui définira la procédure à suivre. L'entreprise devra fournir un attachement photographique.*

*Préciser le cas échéant les déposes partielles en vue d'effectuer des joints marbriers entre les parties conservées et neuves.*

*Identifier les éléments à déposer (assises courantes, sculptures, pierres moulurées ...) et s'ils sont en sous-œuvre intégral ou partiel.*

### **3.2.1 – DEPOSE DE PIERRE EN DEMOLITION**

#### **Dispositions générales**

Dépose sans réemploi comprenant :

- toutes les précautions au droit des parties conservées avec dégarnissage au préalable des joints et isolement de la pierre à déposer du reste de l'édifice ;
- toutes les manutentions comme gravois en attente d'enlèvement.

*Préciser les sujétions spéciales en cas de présence d'armatures diverses (agrafes, goujons, etc.).*

#### **Dispositions particulières**

*Indiquer :*

- les outils prohibés ;
- les outils recommandés en précisant, par exemple, que d'autres outils doivent faire l'objet d'un accord du maître d'œuvre ;
- les sujétions particulières d'exécution (cf. l'article du chapitre 2 du présent CCTP) ;
- le numéro d'identification AFNOR pour les pierres calcaires défini par la norme NF. B.10.301.

*Préciser, en cas de nécessité, pour les ouvrages particuliers (ex. flèches, ponts ...) devant tenir compte des variations dans les phases successives de l'opération des contraintes mécaniques (pondérales, hydriques, aérauliques ...), le maître d'œuvre préconisera le mode opératoire prévisionnel et le phasage des interventions.*

*Le maître d'œuvre précisera si ce mode opératoire nécessite une étude de stabilité pour chaque phase à la charge de l'entreprise.*

#### **Localisation**



à préciser

### 3.2.2 – DEPOSE DE PIERRE EN CONSERVATION

#### **Dispositions générales**

Démontage des assises dont la destination future implique une dépose en conservation comprenant :

- toutes les précautions au droit des parties conservées avec dégarnissage préalable des joints et isolement de la pierre à déposer du reste de l'édifice ;
- toutes les précautions pour éviter, lors de la dépose et des manutentions, d'endommager les pierres et notamment les pierres moulurées et/ou sculptées ;
- toutes les manutentions (montages, descentes, coltinages) imposées par le projet et rangement à l'emplacement défini dans les dispositions particulières ;
- le nettoyage et le décrottage des lits et joints ;
- les protections des pierres contre les intempéries pendant leur stockage provisoire ;
- les manutentions et enlèvement aux décharges des gravois provenant du nettoyage et du décrottage des lits et joints.

*Dépose avec soin des pierres destinées à être réemployées, mises en dépôt ou à servir de modèle.*

*Des précisions peuvent être données sur des consolidations préalables avant dépose sur des pierres sculptées ou moulurées, ainsi que sur le mode de décompression des joints.*

*Préciser les traitements préalables éventuels à réaliser sur les parties adjacentes à celles qui seront déposées.*

*Un relevé précis des éléments à conserver sera établi systématiquement par le maître d'œuvre, accompagné si nécessaire de photographies. Ce document servira de référence pendant le chantier.*

#### **Dispositions particulières**

*Indiquer :*

- *si un dossier photo est nécessaire : vue d'ensemble, avant échafaudage - détails en cours d'exécution etc... (à harmoniser avec les dispositions générales) ;*
- *si un calepin de repérage et la numérotation des pierres doivent être effectués avant la dépose des pierres et à qui incombent ces prestations ;*
- *la destination future des pierres (réutilisation, anastylose, mise en dépôt pour exposition, etc...) ;*
- *le lieu de mise en dépôt des pierres ;*
- *les dispositions destinées à assurer la protection des pierres stockées ;*
- *les outils recommandés et ceux prohibés dans les mêmes conditions que ci avant ;*
- *les sujétions particulières d'exécution (cf. l'article du chapitre 2 du présent CCTP) ;*
- *les pierres calcaires sont définies selon la norme NF. B.10 601.*

#### **Localisation**

*Localiser par rubrique :*

- *pierre unie ;*
- *pierre moulurée et/ou sculptée.*

### **3.2.3 – DEPOSE DE PIERRE PAR ABATTAGE**

#### **Définition**

Par convention, on compte en général comme abattage, les piochements des parties saillantes de plus de 10 cm d'épaisseur.

#### **Dispositions générales**

Pour le remplacement d'ouvrages en saillie par rapport au nu général assisé, contigus ou isolés, comprenant :

- toutes les précautions et protections au droit des parties conservées ;
- l'abattage à la massette et au ciseau ;
- le dressement ou rustication des faces suivant le projet ;
- la manutention des gravois dans l'attente d'enlèvement.

#### **Dispositions particulières**

*Indiquer les outils prohibés et préciser ceux recommandés ou ceux qui doivent faire l'objet d'un accord du maître d'œuvre :*

- *outils prohibés: marteau pneumatique, hydraulique, électrique ;*
- *autorisés avec accord: scie, tronçonneuse électrique.*

#### **Localisation**

*Préciser le numéro d'identification de la pierre conservée.*

### **3.2.4 – DEPOSE DE PIERRE PAR RECOUPEMENT**

#### **Définition**

Par convention, on compte en général comme recouplement les piochements des parties saillantes, d'une épaisseur inférieure à 10 cm.

#### **Dispositions générales**

Pour le recouplement de saillies, surépaisseurs à la massette et au ciseau, y compris dressement si nécessaire de la pierre en jonction des parties conservées :

- toutes précautions au droit des parties conservées ;
- les manutentions des gravois dans l'attente d'enlèvement.

#### **Dispositions particulières**

*Indiquer les outils prohibés et préciser ceux recommandés ou ceux qui doivent faire l'objet d'un accord du maître d'œuvre :*

- *outils prohibés: marteau pneumatique, hydraulique, électrique ;*
- *autorisés avec accord: scie, tronçonneuse électrique.*

**Localisation**

*Préciser le numéro d'identification de la pierre conservée.*

**3.2.5 – DEPOSE DE PIERRE PAR REFOUILLEMENT****Définition**

Elimination par piochement en pleine masse d'une ou plusieurs pierres, limitée aux joints horizontaux et/ou verticaux.

**Dispositions générales**

Pour le remplacement d'éléments d'assises , contigus ou isolés, exécuté assise par assise :

- toutes les précautions au droit des parties conservées ;
- les manutentions des gravois dans l'attente d'enlèvement.

**Dispositions particulières**

*Indiquer les outils prohibés et préciser ceux recommandés ou ceux qui doivent faire l'objet d'un accord du maître d'œuvre :*

- *outils prohibés: marteau pneumatique, hydraulique, électrique ;*
- *autorisés avec accord: scie, tronçonneuse électrique.*

**Localisation**

*Préciser le numéro d'identification de la pierre conservée. Préciser les traitements préalables, éventuels, à réaliser sur les parties adjacentes à celles qui seront déposées.*

**3.2.6 – DEPOSE DE PIERRE PAR EVIDEMENT****Définition**

D'une façon générale, partie creusée en pleine masse pour y créer une cavité.

**Dispositions générales**

La façon d'évidement en pleine masse à la massette et un ciseau sur place, pour remplacement partiel de pierres :

- toutes les précautions au droit des parties conservées ;
- les manutentions des gravois dans l'attente d'enlèvement.

**Dispositions particulières**

*Indiquer les outils prohibés et préciser ceux recommandés ou ceux qui doivent faire l'objet d'un accord de l'architecte :*

- *outils prohibés : marteau pneumatique, hydraulique, électrique,*
- *autorisés avec accord: scie, tronçonneuse électrique.*

**Localisation**

*Préciser le numéro d'identification de la pierre conservée.*

### **3.3 – OUVRAGES EN PIERRE NEUVE**

#### **Dispositions générales**

*Les clauses spécifiques aux ouvrages en grès, en granit et en pierre volcanique sont données au chapitre 4 du présent document. Pour chaque opération, le maître d'œuvre détermine les ouvrages réglés sur les bases du chapitre Pierre de taille et ceux qui relèvent du chapitre Maçonnerie en moellon. D'une façon générale, sont appelés pierre de taille les morceaux dressés à l'équerre sur toutes leurs faces et débités aux dimensions d'un calepin d'appareil pour s'inscrire dans une stéréotomie. Il est rappelé que, conformément au mode de métré, sont décomptés au m<sup>3</sup> : 1) les ouvrages de toute nature en pierre ayant plus de 10 cm d'épaisseur ou de hauteur n'entrant pas dans les ouvrages en moellon du chapitre Maçonnerie, 2) les parties, même de moins de 10 cm d'épaisseur ou de hauteur pour reprise partielle d'une assise existante (exemple : partie supérieure d'un bandeau repris sur 8 cm de hauteur avec création d'un nouveau lit de pose pour éviter de changer l'assise sur la totalité de la hauteur).*

#### **Dispositions particulières**

##### **Localisation**

#### **3.3.1 – FOURNITURE DE PIERRE NEUVE EN BLOCS**

##### **Dispositions générales**

Fourniture comprenant :

- l'achat de la pierre issue de carrière avec teneur en eau inférieure à la teneur en eau critique mesurée selon la norme de la méthode d'essai: NF.B.10 512 ;
- toutes les manutentions et transports jusqu'au lieu de stockage sur le chantier y compris toutes les précautions pour éviter d'endommager les pierres ;
- l'établissement du plan de calepinage à partir du plan d'exécution joint au marché, à soumettre à l'architecte. Le sens du lit de carrière doit être indiqué sur le calepin ;
- les débits spéciaux compris toutes les tailles des lits et des joints ainsi que tous sciages perdus pour respecter le calepinage et l'appareil de l'édifice dans sa forme et ses particularités ;
- la façon de stries sur lits et joints pour adhérence du mortier de pose ;
- l'enlèvement aux décharges des déchets et gravois résultant des débits et tailles.

##### **Dispositions particulières**

##### **Dénomination et caractéristique(s) physique(s) de(s) la pierre(s)**

*Selon les cas : nom (appellation courante et locale éventuellement), localisation (département, commune, carrière et banc).*

*Généralités : Pour que la fonction et la durabilité de la pierre à fournir soient assurées, il convient de vérifier que sa qualité correspond bien à sa destination dans l'ouvrage. Les critères demandés pour chaque emploi sont définis par le maître d'œuvre. En effet, il convient de tenir compte de la compatibilité avec le matériau existant et des problèmes spécifiques à la restauration. Préciser éventuellement en fonction du climat, les périodes hivernales pendant lesquelles la teneur en eau lors de la livraison est limitée (voir article 5.1.5 du fascicule technique).*

##### **Numéro d'identification**

*Pour mémoire, l'identification des pierres calcaires est définie par la norme NF.B.10.601. Les numéros d'identification vont de 1 (pour les pierres très tendres) à 14 (pour les pierres très dures). Il s'agit d'une référence indispensable pour que l'entrepreneur puisse établir, en connaissance de cause, son offre de prix portant notamment sur la fourniture du matériau et sur les sujétions de taille.*

*La désignation de ce numéro d'identification ne doit pas poser de problèmes particuliers à chaque projet car les caractéristiques de la (des) pierre(s) doivent être déterminées préalablement à la commande du projet, soit dans le cadre de l'étude préalable relative à ce projet, soit dans une étude préliminaire utile de recherche de la pierre à employer pour plusieurs monuments, pour le monument considéré, ou pour une partie spécifique de ce monument.*

L'identification de la pierre doit être définie par la norme NF.B.10 601 :

- vitesse de propagation du son ;
- masse volumique apparente ;
- dureté superficielle ;
- coefficient de difficulté de taille : de 1 à 18, est encore en usage. On pourra encore s'y référer le cas échéant ;
- porosité ;
- résistance à l'écrasement ;
- coefficient d'absorption capillaire ;

Les sujétions découlant des caractéristiques géométriques des pierres et des dispositions particulières ci-après seront prises en compte.

Pour les pierres posées par incrustement, seront prévus :

- les tailles nécessaires au parfait ajustement de la partie enlevée avec celles incrustées ;
- les garnissages nécessaires ;
- le traitement de surface (patine, vieillissement) *s'il est présent aux dispositions particulières.*

#### Caractéristiques géométriques

Les longueurs et hauteurs découlent du calepin d'appareil ou du respect de l'appareillage existant pour les pierres en tiroir avec précision du sens du lit de carrière. Les épaisseurs dans le mur ou queue découlent des caractéristiques physiques de la pierre et de l'usage prévu (notamment des queues des pierres contiguës). *Sauf précision à apporter par l'architecte, les autres caractéristiques géométriques (tolérances, planéité, équerrage) sont celles fixées par les chapitres concernés de la NF.B.10.401.*

#### Localisation

Classer la localisation en 2 rubriques :

- a) *pour tous les ouvrages courants*
- b) *pour les ouvrages spéciaux pour le débit et pour les déchets supplémentaires y compris les tailles complémentaires que ces ouvrages nécessitent :*
  - *voûtes en berceau, arcs simples, plates-bandes, voûtes d'ogives, échiffres de perrons, marches d'escalier à vis portant noyau ;*
  - *arcs extradossés et murs circulaires en plan ;*

- *arêtières de voûtes d'arêtes en arcs de cloître et tous les voussoirs dont l'intrados est à double courbure ;*
- *ouvrages sculptés, moulurés ;*
- *ouvrages aux caractéristiques dimensionnelles spéciales.*

### 3.3.2 – TAILLES DE PIERRE NEUVE PROVENANT DU DEBIT DES BLOCS

#### **Dispositions générales**

Taille comprenant :

- les essais préalables de taille seront soumis à l'architecte avant la pose des pierres ;
- la taille des parements des moulures et les façons diverses ;
- l'enlèvement aux décharges des déchets et gravois résultant des tailles.

#### **Dispositions particulières**

*Dans le cas d'ouvrages sculptés, les épannelages des pierres fournies au sculpteur doivent être données dans le marché.*

*Préciser pour chaque élément :*

- *l'aspect des parements exigé avec indication de la surface de référence ;*
- *si la taille doit être effectuée :*
  - *manuellement ;*
  - *mécaniquement ;*
  - *ou mixte.*
- *les outils prohibés et ceux recommandés en précisant, par exemple, que d'autres outils doivent faire l'objet d'un accord du maître d'œuvre ;*
- *la taille des retours au parement (largeur) ;*
- *les conditions de tailles, en atelier ou au pied de l'édifice, nécessaires au respect de la taille d'origine. La taille après pose est interdite.*

#### **Localisation**

### 3.3.3 – POSE DE PIERRE NEUVE EN BLOCS

#### **Dispositions générales**

Pose comprenant :

- toutes les manutentions des pierres depuis le lieu de stockage provisoire sur le chantier jusqu'au lieu d'emploi ;
- toutes les précautions pour éviter lors des manutentions et de la pose, d'endommager les pierres et notamment les pierres moulurées et/ou sculptées ;
- l'humidification des lits et joints avant pose ;
- le mortier et le coulis de pose ;

- la pose des pierres conforme aux plans d'exécution ;
- le jointoiment, avec humidification avant mise en place du mortier.

### **Dispositions particulières**

- Dimensions moyennes des pierres ;
- Mode de pose.

*Pour le "Mode de pose", voir les articles suivants du Fascicule technique "Ouvrages en pierre de taille" :*

- *par fichage au mortier : 6.2.1*
- *par coulage du joint au godet : 6.2.2*
- *à bain soufflant de mortier : 6.2.3*
- *pose au plomb : 6.2.4*

*La pose des pierres sur lit de carrière est rendue nécessaire par la stéréotomie, en faire mention dans les dispositions particulières. Il en est de même si la pose de pierre en délit découle de leur nature (colonnnette)....Si les joints sont colorés, préciser la nature desdits colorants.*

*Rappeler éventuellement les sujétions particulières d'exécution faisant l'objet du chapitre 2 du présent CCTP.*

### **Mortier de pose**

- liant et dosage ;
- jointoiment après coup :
  - largeur ;
  - profondeur du dégarnissage ;
  - granulométrie, liant et dosage :
    - de fond de joint ;
    - du joint de finition.
- traitement de surface.

Sujétions spécifiques à préciser par le maître d'œuvre.

### **Localisation**

*Classer les ouvrages suivant les conditions de pose dans les 4 rubriques suivantes :*

- *pose en condition normale ou sans incrustement ;*
- *pose en reprise par incrustement dans anciennes maçonneries ;*
- *pose par incrustement de morceaux isolés ;*
- *pose par incrustement de morceaux contigus.*

## **3.3.4 – OUVRAGES REPETITIFS ET CEUX TOURNES OU TAILLES MECANIQUEMENT**

### **Dispositions générales**

*Les clauses spécifiques aux ouvrages en grès, granit et en pierre volcanique sont données au chapitre 4 du présent document.*

### Fourniture comprenant

- l'établissement du plan de calepinage à partir du plan d'exécution joint au marché, à soumettre à l'architecte ;
- l'achat de la pierre issue de carrière ;
- toutes les manutentions et transports jusqu'au lieu de stockage sur le chantier, y compris toutes les précautions pour éviter d'endommager les pierres ;
- les tailles et façons de parement effectués mécaniquement conformément aux dessins figurant au marché et prescriptions des dispositions particulières ;
- les façons telles que trous de goujons d'agrafes et d'attaches, façons de stries, etc., nécessaires à la pose ;
- l'enlèvement aux décharges des déchets et gravois résultant des débits de taille ;
- les goujons, agrafes, etc.

### Pose comprenant

- toutes les manutentions y compris les précautions nécessaires depuis le lieu de stockage jusqu'au lieu de pose pour éviter d'endommager les pierres ;
- les accessoires métalliques nécessaires à la pose prescrits dans les dispositions particulières ;
- le mortier de pose et le rejointoiement prescrits aux dispositions particulières ;
- la pose proprement dite conforme aux plans d'exécution ;
- la retouche à l'outil manuel si elle est prescrite aux dispositions particulières ;
- le scellement, les goujons, les agrafes.

### Dispositions particulières relatives à la fourniture

*Selon les cas : nom (appellation courante et locale éventuellement), localisation (département, commune, carrière et banc). Pour mémoire, l'identification des pierres calcaires est définie par la norme NF.B.10.601.*

*Les numéros d'identification vont de 1 (pour les pierres très tendres) à 14 (pour les pierres très dures). Il s'agit d'une référence indispensable pour que l'entrepreneur puisse établir, en connaissance de cause, son offre de prix portant notamment sur la fourniture du matériau et sur les sujétions de taille.*

*La désignation de ce numéro d'identification ne doit pas poser de problèmes particuliers à chaque projet car les caractéristiques de la pierre doivent être déterminées préalablement à la commande au projet, soit dans le cadre de l'étude préalable relative à ce projet, soit dans une étude préliminaire utile de recherche de la pierre à employer pour plusieurs monuments, pour le monument considéré, ou pour une partie spécifique de ce monument.*

### Dénomination de la pierre

- numéro d'identification :
- vitesse de propagation du son :
- masse volumique apparente :
- dureté superficielle :
- coefficient de difficulté de taille : de 1 à 18, est encore en usage (on pourra encore s'y référer le cas échéant) :



- porosité :
- résistance à l'écrasement :
- coefficient d'absorption capillaire :

#### Caractéristiques physiques

*Pour que la fonction et la durabilité de pierre à fournir soient assurées, il convient de vérifier que sa qualité correspond bien à sa destination dans l'ouvrage. Il convient aussi de tenir compte de la compatibilité avec le matériau existant et des problèmes spécifiques à la restauration.*

*Les caractéristiques physiques à exiger dans le marché dépendent ainsi du choix final de la qualité de la pierre appropriée au monument, tel qu'il résulte là aussi de l'étude préalable ou de l'étude préliminaire de recherche de la pierre à employer, signalée ci avant.*

*Il est rappelé que, même en cas de contrôle simplifié (cf. art. 5.3. du Fascicule technique) la porosité de la pierre doit être donnée.*

*Préciser éventuellement, en fonction du climat, les périodes hivernales pendant lesquelles la teneur en eau de livraison est limitée (voir article 5.1.5 du fascicule technique).*

#### Caractéristiques géométriques

#### **Dispositions particulières relatives à la pose**

Mode de pose : *Pour le "Mode de pose", voir les articles suivants du Fascicule technique "Ouvrages en pierre" :*

- *par fichage au mortier : 6.2.1 ;*
- *par coulage du joint au godet : 6.2.2 ;*
- *à bain soufflant de mortier : 6.2.3 ;*
- *pose au plomb : 6.2.4.*

*Si la pose des pierres sur lit de carrière est exigée, en faire mention dans les dispositions particulières : Pose en délit ....*

*Dans le cas où des armatures métalliques complémentaires sont nécessaires, en donner la description dans les mêmes conditions que celles de l'article "Goujons agrafes" ci-après art 3.5.2.*

*Si les joints sont colorés, préciser la nature des colorants.*

#### Mortier de pose

- liant et dosage
- jointoiment après coup :
  - largeur ;
  - profondeur du dégarnissage ;
  - granulométrie, liant et dosage :
    - de fond de joint ;
    - du joint de finition.
- traitement de surface.

#### Sujétions d'exécution

*Rappeler éventuellement les sujétions particulières d'exécution faisant l'objet du chapitre 2 du présent CCTP.*

- Aspect de surface réalisé à l'outil

*Préciser l'aspect, la surface de référence, les outils prohibés et les outils recommandés en précisant, par exemple, que l'utilisation d'autres outils doit faire l'objet d'un accord de l'architecte.*

- Dispositif pour donner un caractère ancien

*tel que patine, (art 3.6.1 du CCTP), etc.*

### **Localisation**

*Classer les ouvrages suivant les rubriques ci-après :*

- *sans embarras d'étais :*

- *Pierre unie ;*
- *Pierre moulurée.*

- *dans l'embarras d'étais :*

- *Pierre unie ;*
- *Pierre moulurée.*

### **3.3.5 – BOUCHONS EN PIERRE NEUVE**

#### **Dispositions générales**

Bouchons en pierre de taille neuve comprenant :

- la fourniture de la pierre ;
- l'incrustement à joints vifs dans un élément d'assise en place ;
- la pose et le mortier de pose ;
- la taille des parements prescrits aux dispositions particulières ;
- le rejointoiement éventuel en raccord ;
- la patine si elle est prescrite aux dispositions particulières ;
- la manutention et l'évacuation des gravois aux décharges.

#### **Dispositions particulières**

*Les rédiger en s'inspirant des dispositions particulières et recommandations des articles "Dépose de pierre par refouillement, fourniture, pose et taille de pierres neuves en blocs". Préciser si la patine est prescrite.*

### **Localisation**

### **3.4 – OUVRAGES SUR PIERRE VIEILLE**

*Ce chapitre concerne les pierres vieilles qui sont des pierres mises en œuvre dans l'édifice ou ailleurs.*

### 3.4.1 – RECUPERATION DE PIERRE VIEILLE

#### **Dispositions générales**

Récupération de pierre vieille provenant de déposes ou de démolitions antérieures à l'exclusion de celles effectuées au titre du présent marché, comprenant :

- la recherche, le triage, le nettoyage et le décrochage des lits et joints ;
- la purge des matériaux malsains susceptibles de contenir des spores ou des sels ;
- les transports.

#### **Dispositions particulières**

*Préciser :*

- *la destination future des pierres récupérées ;*
- *le lieu de mise en dépôt si les pierres ne sont pas destinées à être reposées dans l'édifice ;*
- *lieu de récupération ;*
- *dénomination de la pierre ;*
- *n° d'identification AFNOR (NF.B.10.601) ;*
- *dénomination et caractéristique(s) physique(s) de(s) la pierre(s).*

*Selon les cas : nom (appellation courante et locale éventuellement), localisation (département, commune, carrière et banc).*

Le cube approché de pierres récupérables est donné dans le bordereau de prix unitaires.

### 3.4.2 – RETOUCHES DES ARETES SUR PIERRE VIEILLE

#### **Dispositions générales**

Retouches au sol pour rafraîchissement des arêtes sur 5 cm de profondeur (au maximum) sur pierre vieille comprenant :

- la retouche des arêtes ;
- les manutentions des déchets et leur enlèvement aux décharges.

*Indiquer les outils prohibés et ceux recommandés en précisant, par exemple, que l'utilisation d'autres outils doit faire l'objet d'un accord du maître d'œuvre .*

#### **Dispositions particulières**

- dénomination de la pierre :
- n° d'identification AFNOR ( NF.B.10.601) :

#### **Localisation**

Sans objet. Les linéaires approchés de retouche d'arêtes sont donnés dans le bordereau de prix unitaires.

### 3.4.3 – RETAILLES DES LITS ET JOINTS SUR PIERRES VIEILLES

#### **Dispositions générales**

Modification des dimensions des pierres vieilles pour respecter l'appareillage existant comprenant :

- la retaille au sol des lits et/ou des joints pour modification des dimensions des pierres ;
- la façon de stries sur lits et joints pour adhérence du mortier de pose ;
- les manutentions des déchets et leur enlèvement aux décharges.

#### **Dispositions particulières**

- dénomination de la pierre :
- n° d'identification AFNOR (NF.B.10.601) :

#### **Localisation**

Sans objet. Les surfaces approchées de retaille des lits et joints sont données dans le bordereau de prix unitaires.

### **3.4.4 – REFECTION DES PAREMENTS SUR PIERRES VIEILLES**

*La recoupe des parements, notamment des parements moulurés, ne doit constituer qu'un cas d'espèce présentant un caractère limité et exceptionnel.*

#### **Dispositions générales**

Réfection des parements unis et/ou moulurés sur pierre vieille.

Les dispositions générales sont les mêmes que celles données à l'article " Taille de pierre neuve ", les gravois manutentionnés et évacués aux décharges.

#### **Dispositions particulières**

*Indiquer, si la taille est faite au sol ou sur pierre en œuvre, les outils prohibés et ceux recommandés en précisant, par exemple, que l'utilisation d'autres outils doit faire l'objet d'un accord du maître d'œuvre.*

- dénomination de la pierre :
- n° d'identification AFNOR (NF.B.10.601) :
- épaisseur moyenne du recoupement :
- aspect du parement :

#### **Localisation**

### **3.4.5 – TAILLE AU SOL DE PIERRE VIEILLE**

#### **Dispositions générales**

Taille comprenant :

- les façons diverses énumérées dans les dispositions particulières ;
- l'enlèvement aux décharges des déchets de taille.

#### **Dispositions particulières**

*A rédiger en tenant compte des recommandations données à l'article " Taille de pierre neuve " étant rappelé que la réfection des parements sur pierre vieille fait l'objet d'un article spécifique et n'est donc pas à reprendre au titre du présent article.*

### **Localisation**

#### **3.4.6 – TAILLE EN ŒUVRE DE PIERRE VIEILLE**

*Il s'agit essentiellement des ouvrages tels que chanfreins, entailles, feuillures, tranchées, trous, etc.*

### **Dispositions générales**

Taille comprenant :

- les façons diverses énumérées dans les dispositions particulières ;
- l'enlèvement aux décharges des déchets de taille.

### **Dispositions particulières**

*A rédiger en tenant compte des recommandations données à l'article " Taille de pierre neuve " étant rappelé que la réfection des parements sur pierre vieille fait l'objet d'un article spécifique et n'est donc pas à reprendre au titre du présent article.*

### **Localisation**

#### **3.4.7 – POSE DE PIERRE VIEILLE**

### **Dispositions générales**

Pose comprenant :

- toutes les manutentions des pierres depuis le lieu de stockage provisoire sur le chantier jusqu'au lieu d'emploi ;
- toutes les précautions pour éviter lors des manutentions et de la pose, d'endommager les pierres et notamment les pierres moulurées et/ou sculptées ;
- l'humidification des lits et joints avant pose ;
- pour les pierres posées par incrustement, les tailles nécessaires au parfait ajustement de la partie enlevée avec celles incrustées, ainsi que les garnissages nécessaires, la dépose de la pierre comptée d'autre part pour sa valeur, (*L'enlèvement de la pierre pour l'incrustement est compté au titre de la dépose selon les modalités d'exécution*) ;
- le mortier de pose ;
- éventuellement, la façon de stries sur lits et joints pour adhérence du mortier de pose ;
- la pose des pierres ;
- le jointoiement, avec humidification avant mise en place du mortier ;
- les sujétions découlant des caractéristiques géométriques des pierres et des dispositions particulières ci-après.

### **Dispositions particulières**

- dimensions moyennes des pierres :
- mode de pose :

*Pour le "Mode de pose", voir les articles suivants du Fascicule technique "Ouvrages en pierre" :*

- *par fichage au mortier : 6.2.1 ;*
- *par coulage du joint au godet : 6.2.2 ;*
- *à bain soufflant de mortier : 6.2.3 ;*
- *pose au plomb : 6.2.4.*

#### Mortier de pose

- liant et dosage ;
- jointoiement après coup :
  - largeur ;
  - profondeur du dégarnissage ;
  - granulométrie, liant et dosage :
    - de fond de joint ;
    - du joint de finition.
- traitement de surface.

*Rappeler éventuellement les sujétions particulières d'exécution faisant l'objet du chapitre 2 du présent CCTP.*

*Si les joints sont colorés, préciser la nature des colorants.*

#### Sujétions particulières

*Classer les ouvrages suivant les conditions de pose dans les 4 rubriques suivantes :*

- *pose en condition normale ou sans incrustement ;*
- *pose en reprise par incrustement dans anciennes maçonneries autres que maçonnerie en pierre de taille ;*
- *pose par incrustement de morceaux isolés ;*
- *pose par incrustement de morceaux contigus.*

#### **Localisation**

### **3.4.8 – REJOINTOIEMENT SUR PIERRE VIEILLE EN PLACE**

#### Dispositions générales

Prestation réalisée avec le plus grand soin quant au dégarnissage, à la nature du mortier, son dosage, sa teinte et sa granulométrie et comprenant :

- le dégarnissage des joints réalisé de manière à ne pas dégrader les arêtes des pierres. Dans le cas où l'entreprise jugerait possible, sans dégrader les arêtes des pierres, le dégarnissage des joints au moyen d'outils mécaniques, il lui incombe d'effectuer au préalable un essai à soumettre au maître d'œuvre avant d'exécuter cette prestation. Si cet essai n'est pas jugé satisfaisant par le maître d'œuvre, ce dernier est en droit d'exiger une exécution à l'outil manuel pour respecter l'exigence requise, sans majoration du prix du bordereau unitaire.
- le regarnissage réalisé conformément aux dispositions particulières avec humidification préalable ;

- les sujétions particulières éventuelles indiquées dans l'article " Dispositions particulières " ;
- les essais de convenance demandés par l'architecte dans le cadre du marché (poste spécial au BPU) ;
- les manutentions des gravois en résultant jusqu'aux décharges.

#### **Dispositions particulières**

- Hauteur et largeur moyennes des pierres ;
- Largeur moyenne du joint existant mesuré à 1 cm en retrait du nu extérieur des pierres ;
- Profondeur moyenne du dégarnissage ;
- Nature du mortier à dégarnir ;
- Granularité, liant et dosage :
  - de fond de joint :
  - du joint de finition .

Si les joints sont colorés, préciser la nature des colorants.

- Traitement de surface :
- Sujétions particulières :

#### **Localisation**

### **3.5 – CONSOLIDATIONS**

#### **3.5.1 – ARMATURES METALLIQUES DES RAGREAGES AU MORTIER**

*Le fascicule technique ne prévoit les armatures que lorsque l'épaisseur du ragréage est supérieure à 20 mm.*

#### **Dispositions générales**

Les armatures comportent des clous, des ligatures et lardis. Elles sont constituées de matériaux non susceptible de souffler par corrosion le ragréage.

Les armatures doivent respecter les joints de fractionnement.

La fixation des clous s'effectue par percement d'avant-trou et scellement à la résine.

Dans le cas d'emploi de résines, l'entreprise doit fournir à l'architecte les procès verbaux de laboratoire attestant des résultats mécaniques attendus du produit de scellement (arrachement, etc...), ainsi que la fiche technique du produit.

Le produit de scellement doit être couvert par la garantie décennale.

#### **Dispositions particulières**

- Nature du métal (lardis et ligatures) :
- Nature du produit de scellement :

#### **Localisation**

### 3.5.2 – GOUJONS ET AGRAFES

*Les goujons et agrafes nécessaires à la fixation des ouvrages répétitifs tournés ou taillés mécaniquement sont inclus dans le prix de pose desdits ouvrages et ne sont donc pas à reprendre au titre de cet article.*

#### **Dispositions générales**

Comprenant la fourniture, le façonnage (scellements fendus, barbes, filetage, stries, coudes, etc...) les trous de fixation, la pose et dispositifs de scellements.

Dans le cas d'emploi de résines, l'entreprise doit fournir à l'architecte les procès verbaux de laboratoire attestant des résultats mécaniques attendus du produit de scellement (arrachement, etc...), ainsi que les fiches techniques des produits utilisés.

Le produit de scellement doit être couvert par la garantie décennale.

#### **Dispositions particulières**

##### Goujons

*Préciser : bronze, acier inox Z6 CDF 18/2, fibres de verre, etc....Scellement au mortier (nature du liant), scellement au plomb ou à la résine, nature des charges si la résine est chargée.*

- Dimensions :
- Matières :
- Nature du produit de scellement :

##### **Localisation**

##### Agrafes

- Dimensions :
- Matières :
- Nature du produit de scellement :

##### **Localisation**

### 3.5.3 – COLLAGE AUX RESINES

#### **Dispositions générales**

Collage de pierre avec emploi de résines comprenant :

- le nettoyage et séchage par tous moyens appropriés n'endommageant pas la pierre de la surface des plans à coller ;
- la fourniture et la mise en œuvre de la colle conformément aux prescriptions d'emploi du fabricant ;
- la protection des parties adjacentes.

L'entreprise doit fournir à l'architecte les procès verbaux de laboratoire attestant les résultats mécaniques attendus du produit (arrachement, etc...), ainsi que la (les) fiche(s) technique du (des) produit(s) utilisé(s).

Les collages doivent être couverts par la garantie décennale.



**Dispositions particulières**

Famille de la colle : (fiche technique à fournir).

**Localisation****3.5.4 – COULIS ET INJECTIONS DE MORTIER**

Le coulis devra être parfaitement adapté à la nature des maçonneries à conforter.

La composition du coulis ainsi que ses conditions de mise en œuvre et le phasage de l'opération seront définies, si la nature des désordres le justifie, à partir d'une étude de convenance. Celle-ci sera réalisée selon les cas, soit au stade de l'étude préalable ou du PAT, soit pendant les travaux. Dans ce dernier cas, elle sera à la charge de l'entreprise suivant les conditions prescrites dans les dispositions particulières.

L'architecte doit par conséquent évaluer le moment le plus opportun pour effectuer cette étude de convenance, dont la réalisation peut avoir de fortes incidences sur les prix et les délais.

**3.5.4.1 – Etude d'injectabilité**

*Cette étude comprend :*

- *Une étude de la maçonnerie ;*
- *Une étude du ou des coulis en laboratoire ;*
- *Une épreuve de convenance sur chantier.*

**3.5.4.1.1 – Etude de la maçonnerie****Dispositions Générales**

*Cette étude de la maçonnerie devra permettre :*

- *d'identifier les matériaux composant la maçonnerie ;*
- *de déterminer les dimensions respectives des matériaux composant la maçonnerie ;*
- *d'estimer les volumes de vide à injecter.*

**Rédaction d'un rapport final**

*Préciser le contenu du rapport final :*

- *attachement figuré, croquis, plans ;*
- *dossier photographique ;*
- *dimensions, format et nombre d'exemplaires.*

**Dispositions particulières****Localisation**

### 3.5.4.1.2 – Etude du ou des coulis en laboratoire

#### **Dispositions générales**

*A partir des éléments et des conclusions de l'étude de la maçonnerie, les caractéristiques du ou des coulis d'injection sont définies.*

#### **Dispositions particulières**

- *Nature des liants :*
- *Maniabilité :*
- *Retrait :*
- *Exsudation :*

#### **Localisation**

### 3.5.4.1.3 – Epreuve de convenance sur chantier

#### **Dispositions générales**

Epreuve de convenance sous le contrôle d'un laboratoire agréé.

*Le contrôle par un laboratoire d'essai agréé est indispensable.*

*Cet essai consiste à réaliser sur le chantier dans un ou des volumes de maçonneries, bien délimité(s), une épreuve d'injection afin de tester la mise en œuvre du (des) coulis..*

*Il faut ensuite contrôler dans ces zones de l'injection et au besoin revoir certains paramètres de l'injectabilité.*

L'entreprise chargée de l'exécution de cette épreuve de convenance, assurera par tous moyens appropriés, l'assistance technique au laboratoire agréé chargé du contrôle de l'épreuve de convenance.

*A préciser :*

- *échafaudages ;*
- *nacelles ;*
- *matériels et matériaux d'injection ;*
- *etc.*

#### **Dispositions particulières**

Les conditions d'exécution de cette épreuve de convenance sont identiques à la mise en œuvre des injections définitives proprement dites et développées ci-après.

*Préciser :*

- *l'étendue des zones d'essais ;*
- *le maillage d'implantation des injecteurs, des évents ;*
- *leur profondeur, leur diamètre ou section ;*
- *la pression d'injection.*

*Il est important d'observer et de vérifier si il ya des résurgences de coulis (parement et sol).*

Les résultats de cette épreuve de convenance sont de nature à préciser la composition et le mode d'injection du coulis.

*Préciser pour le contrôle de l'injection :*

- *carottage (nombre) éventuellement complété par des essais mécaniques réalisés sur ces carottages ;*
- *mesure de la vitesse de propagation du son avec comparaison à la valeur initiale ;*
- *auscultation au radar ;*
- *examen endoscopique ;*
- *analyse chimique du coulis.*

### **Localisation**

#### **3.5.4.2 – Injection du ou des coulis**

Techniques de mise en œuvre : des précautions sont à prendre à plusieurs niveaux de l'opération :

- *étanchement des parements par vérification ou réfection des joints. Réservation des trous de coulage et des événements dans les joints existants, sans nécessité de forage ;*
- *au besoin, mise en place de platelage de maintien pour protéger les enduits fragiles à conserver contre la poussée hydrostatique et protéger également de l'affaiblissement mécanique des maçonneries humidifiées ;*
- *protection des ouvrages craignant l'humidité : l'injection provoque un apport d'eau ;*
- *injection gravitaire ou sous faible pression du coulis de bas en haut (injection inverse).*

*Le délai entre deux coulis correspond au temps nécessaire à la prise (échantillon témoin).*

##### 3.5.4.2.1 - Vérification du parement et des maçonneries avant injection

###### 3.5.4.2.1.1 – Etanchéité des joints

### **Dispositions Générales**

Travaux de jointoiement – rejointoiement.

Voir descriptions complètes et détaillées suivant la nature des maçonneries dans les documents types :

- *Voir CCTP "Ouvrages de maçonnerie" et "Ouvrages de Pierre de Taille" art.3.4.5*

### **Dispositions Particulières**

- prévoir un étaieement préalable.

*Préciser les parties devant être éventuellement coffrées (en présence de maçonneries fragilisées)*

- colmatage des joints par mise en œuvre d'argile compris enlèvement après coup (Cas des murs en pierres sèches).

### **Localisation**

##### 3.5.4.2.1.2 – Vérification des parties enterrées

**Dispositions Générales**

Mise en œuvre de procédés d'étanchéité afin d'éviter que le coulis d'injection ne s'infilte à perte dans le sol :

- coulis plus grossier ;
- barrière étanche.

**Dispositions Particulières****Localisation**

3.5.4.2.2 – Confortation interne des maçonneries par injection de coulis

**Dispositions Générales**

Injection des maçonneries par coulis comprenant :

*A préciser autant de fois qu'il y a nature de coulis différentes.*

**Coulis n° 01**

- Le forage des trous et événements dans les joints des maçonneries ;

*Injection aux inclinaisons, espacements et profondeurs prescrites aux dispositions particulières.*

- La fourniture des matériaux constitutifs et la confection des coulis.
- Les appareillages nécessaires aux injections.

*Selon leur mode de réalisation : par gravité ou surpression :*

- Location de pompe, surpresseur, etc ...
- Les calfeutrements, garnissage à l'exclusion des rejointoiements, relancis, reprises de mur s'ils s'avéraient nécessaires aux injections.

Ces prescriptions font l'objet des descriptions spécifiques par ailleurs.

- Toutes les précautions doivent être prises pour éviter d'endommager les existants. Celles ci sont prescrites dans les Dispositions particulières.
- Le nettoyage du parement après injection dans les conditions prescrites aux Dispositions particulières.
- Le contrôle des coulis à la sortie des événements.
- L'entreprise assurera par tous moyens appropriés l'assistance technique au laboratoire agréé chargé du contrôle final de l'opération d'injection.
- *Préciser les conditions d'intervention du laboratoire d'essai agréé et indiquer qui prend en charge les frais correspondants (la prise en charge par le Maître d'Ouvrage est préférable).*
- Les reprises éventuelles du processus d'injection jusqu'à obtention du résultat recherché.

**Dispositions Particulières**

*Préciser :*

- *Le résultat escompté.*
- *La nature des maçonneries à conforter.*
- *Les modalités d'exécution des trous d'injection et des événements.*

- *(outil à utiliser, espacements, dimensions, inclinaisons, diamètres).*

*NOTA : A titre indicatif, l'espacement est égal, au maximum, à l'épaisseur de la maçonnerie.*

- *La constitution des coulis ;*
- *Les modalités des injections (gravitaire ou surpression) ;*
- *Les précautions à adopter (contre l'humidité, les poussées hydrostatiques, etc ...) ;*
- *Dans le cas d'injection de 2 coulis (ou plus), l'ordre d'injection et le délai d'exécution entre les coulis ;*
- *Le phasage des injections par tronçons sur une hauteur maximale d'un mètre ;*
- *Les contrôles et vérification pendant l'opération d'injection :*
  - *quantité de produit injecté par injecteurs ;*
  - *pression d'injection ;*
  - *fonctionnement des événements ;*
  - *examen de la zone injectée et de l'ouvrage (pour déceler toute fuite ou déformation de la structure) ;*
  - *qualité du coulis en sortie d'événements, en particulier la fluidité au cône de Marsh.*
- *Les conditions de nettoyage des parements après injection ;*
- *Et toutes autres prestations nécessaires à l'entreprise pour établir son prix.*

### **Localisation**

Les poids prévisionnels des éléments constitutifs des coulis sont donnés au bordereau de prix unitaires.

Les maçonneries à consolider sont les suivantes :

*Maçonneries à énumérer à la suite en précisant pour chaque la nature de coulis correspondante.*

### **3.5.4.3 – Contrôle de l'injection**

#### **Dispositions Générales**

Contrôle de l'injection comprenant :

La comparaison des résultats avant et après injection.

*Préciser les conditions d'intervention et de prise en charge de la rémunération du laboratoire d'essai agréé.*

La rédaction d'un rapport d'injection.

#### **Dispositions Particulières**

*Préciser pour le contrôle de l'injection :*

- *Par carottage éventuellement complété par des essais mécaniques réalisés sur ces carottages ;*
- *Par mesure de la vitesse de propagation du son ;*

- *Par auscultation au radar ;*
- *Par examen endoscopique ;*
- *Par analyse chimique du coulis.*

### **Localisation**

- Quantités et localisations laissées à l'appréciation du maître d'œuvre.

## **3.6 – TRAITEMENTS DE SURFACE**

### **3.6.1 – PATINE**

***Intervention provisoire qui doit s'estomper avec le temps pour laisser place à la patine naturelle.***

#### **Dispositions générales**

Patine destinée à harmoniser les parties refaites avec les parties existantes. Essais de convenance à soumettre à l'agrément du maître d'œuvre et après accord, exécution en une ou plusieurs interventions suivant le résultat à obtenir par tout moyen propre à l'entreprise.

#### **Dispositions particulières**

*Préciser, en tant que de besoin, les prescriptions et interdictions d'emploi (patine chimique, colorants irréversibles, etc...). La patine sur les ragréages et les ouvrages répétitifs est incluse dans lesdits prix et n'est donc pas à reprendre au titre de cet article.*

### **Localisation**

### **3.6.2 – BADIGEON AU LAIT DE CHAUX**

#### **Dispositions générales**

Badigeon au lait de chaux fixé employé dans la proportion de 1 volume de chaux pour 1 à 2 volumes d'eau, comprenant :

- le brossage à la brosse adaptée à la dureté de la pierre, le dépoussiérage et l'humidification du support ;
- la protection des parties adjacentes ;
- l'application du nombre de couches indiqué aux dispositions particulières ;
- la fixation du badigeon ;
- les essais de convenance avec le fixatif retenu.

#### **Dispositions particulières**

- Chaux utilisée : *Chaux aérienne en pâte ou en poudre ou chaux hydraulique naturelle NF.P.15.311.CL ou DL NHL ;*
- Colorant :
- Fixatif : *[Exemple: Sel d'alun (1 poignée pour 10 litres), huile de lin (5 %), alcool polyvinylique ou bien pulvérisation d'une solution d'eau additionnée de fixatif à raison de 1 volume de fixatif pour 8 volumes d'eau sur badigeon sec. (Le dosage de fixatif est fonction*

*de la porosité de la pierre. Il ne peut pas y avoir de fixatif sur la pierre tendre) ). Pas de latex - Attention au dosage ;*

- Nombre de couches :
- Mode d'application : (éponge, brosse, pulvérisateur).

### **Localisation**

## **3.6.3 – TRAITEMENT BIOCIDÉ**

### **Définition**

Traitement destiné à éliminer les organismes tels que: algues, bactéries, lichens, mousses, moisissures et autres végétaux supérieurs.

### **Dispositions générales**

Traitement biocide comprenant :

- la protection des parties non traitées ;
- l'application du produit selon les dispositions particulières ;
- le brossage des pierres à la brosse dont la dureté est adaptée à la pierre.

L'entreprise doit fournir à l'architecte les procès verbaux de laboratoire attestant les résultats attendus du produit.

### **Dispositions particulières**

- Marque du produit, fournir la fiche technique du produit :
- Nombre de couches d'application :
- Poids au m<sup>2</sup> du produit déposé :
- Eventuelle dilution :
- Modalités de mise en œuvre : (conditions climatiques, délais entre couches, etc...)

### **Localisation**

## **3.6.4 – HYDROFUGATION**

L'application d'un produit hydrofuge a pour but de limiter la pénétration de l'eau de pluie dans les pierres. C'est un traitement préventif.

### **Conditions de mise en œuvre**

- le support doit être nettoyé ;
- les parties friables doivent être supprimées ;
- les pierres trop altérées doivent être remplacées ou ragrées ;
- les joints dégradés doivent être refaits ;
- le support doit être dépourvu de sels solubles (voir tolérances au fascicule technique, art. 10.5).

### **Dispositions générales**

Hydrofugation de surface, par application d'un produit hydrophobe, appliqué par pulvérisation ou badigeonnage, comprenant, conformément au chapitre 10.5 du fascicule technique :

- la fourniture du produit ,
- son application en une ou plusieurs opérations ;
- les équipements de protection du personnel ;
- la protection des parties adjacentes ;
- la production de relevés et fiches techniques.

#### **Dispositions particulières**

- indication du type et de la nature du produit ;
- quantité à appliquer par unité de surface ;
- nombre d'application ;
- délai entre chacune des applications ;
- conditions météorologique d'emploi ;
- précaution d'utilisation et de protection de l'environnement.

#### **Localisation**

Dans la mesure du possible, l'entreprise choisira en concertation avec le maître d'œuvre, des zones témoins qui resteront dépourvues de traitement.

La localisation précise de ces zones devra figurer sur la carte de répartition des zones traitées.

A l'issue du traitement, l'entreprise fournira au Maître d'œuvre les trois types de documents suivants :

- les fiches techniques et de sécurité des produits ;
- le(s) bordereau(x) de traitement, selon modèle en annexe ;
- la carte de répartition des zones traitées.

Ces documents faciliteront les interventions ultérieures sur le monument. Ils serviront également de base pour un éventuel suivi de l'efficacité du traitement dans le temps et devront figurer dans le DDOE.

*La préparation du support pour le rendre apte à recevoir l'hydrofuge (remplacement de pierres dégradées, rejointoiement, etc...) fait l'objet d'articles spécifiques au présent CCTP.*

### **3.6.5 – ANTIGRAFFITI**

Un produit antigraffiti est un produit destiné à rendre possible l'élimination d'une peinture ou d'une encre. On distingue les produits antigraffiti préventifs, destinés à protéger la pierre des produits antigraffiti curatifs, destinés à éliminer les graffiti. Les produits antigraffiti curatifs font l'objet d'un article : **3.7.10** dans le chapitre nettoyage des façades en pierre de taille du présent CCTP.

#### **ANTIGRAFFITI PREVENTIF**

##### **Dispositions générales**

Application d'un produit antigraffiti destiné à protéger le support de l'application d'une peinture ou d'une encre, comprenant :



- la fourniture du produit ;
- l'éventuel nettoyage du support ;
- l'application en une ou plusieurs passes ;
- les équipements de protection du personnel ;
- la protection des parties adjacentes ;
- la production de relevés et fiches techniques.

### **Dispositions particulières**

Indication du type et de la nature du produit, en précisant s'il s'agit d'un produit permanent ou sacrificiel.

Les conditions d'application au regard de l'environnement.

### **Localisation**

A l'issue du traitement, l'entreprise fournira au Maître d'œuvre les trois types de documents suivants :

- les fiches techniques et de sécurité des produits ;
- le(s) bordereau(x) de traitement, selon modèle en annexe ;
- la carte de répartition des zones traitées.

Ces documents faciliteront les interventions ultérieures sur le monument. Ils serviront également de base pour un éventuel suivi de l'efficacité du traitement dans le temps et devront figurer dans le DDOE.

*La préparation du support pour le rendre apte à recevoir l'antigraffiti (remplacement de pierres dégradées, rejointoiement, etc...) fait l'objet d'articles spécifiques au présent CCTP.*

## **3.6.6 – BIOMINERALISATION**

La biominéralisation est un procédé qui utilise les facultés d'une bactérie à générer de la calcite, à partir de nutriments et du dioxyde de carbone de l'air. Ce procédé permet d'aboutir à deux types de produits : d'une part des mortiers pour réparer des lacunes de faibles dimensions (quelques cm), et d'autre part une protection de surface. La variante "protection de surface", consiste en une fine couche de calcite transparente (épaisse de quelques millièmes de millimètres) à la surface de la pierre.

Le traitement est en constante évolution, aussi convient-il de se renseigner auprès du LRMH pour obtenir les renseignements les plus récents.

### **3.6.6.1 – Biominéralisation en protection de surface**

#### **Dispositions générales**

Protection de surface par produit biominéralisant sous contrôle scientifique du LRMH, comprenant :

- la fourniture du produit ;
- l'application à autant d'opérations que prescrit ;
- les équipements de protection du personnel ;

- la protection des parties adjacentes ;
- la production de relevés et fiches techniques.

#### **Dispositions particulières**

- indication du type du produit ;
- les conditions d'application au regard de l'environnement.

#### **Localisation**

A l'issue du traitement, l'entreprise fournira au Maître d'œuvre les trois types de documents suivants :

- les fiches techniques et de sécurité des produits ;
- le(s) bordereau(x) de traitement, selon modèle en annexe ;
- la carte de répartition des zones traitées.

Ces documents faciliteront les interventions ultérieures sur le monument. Ils serviront également de base pour un éventuel suivi de l'efficacité du traitement dans le temps et devront figurer dans le DDOE.

#### **3.6.6.2 – Mortier biominéral**

Ce procédé est en cours d'expérimentation, il convient de prendre contact avec le laboratoires des monuments historiques.

#### **3.6.7 – RAGREAGE**

Pour les ragréage de plus de 20 mm d'épaisseur se référer aussi à l'article 3.5.1 sur les armatures pur les ragréages.

#### **Dispositions générales**

Ragréage au mortier pour restauration d'éléments en pierre de taille, réalisé conformément à l'article 10.6 du fascicule technique " Ouvrages en pierre de taille ", comprenant :

- la purge de la pierre jusqu'à sa partie saine pour l'exécution du ragréage y compris toutes précautions pour ne pas endommager les pierres contiguës ;
- l'exécution du ragréage proprement dit ;
- les façons diverses sur ragréage (arêtes, cueillies,...) ;
- les joints de fractionnement d'appareillage repris pour leur valeur comme rejointoiement sur pierre vieille au bordereau de prix unitaires ;
- le traitement de surface et vieillissement (patine) prescrits aux dispositions particulières ;
- les essais de convenance demandés par l'architecte dans le cadre du marché (poste spécial au BPU) ;
- les manutentions des gravois en attente d'enlèvement.

#### **Dispositions particulières**

*Indiquer les outils prohibés et ceux recommandés en précisant par exemple que l'utilisation d'autres outils doit faire l'objet d'un accord de l'architecte.*

- Dénomination de la pierre dans laquelle s'exécutent les ragréages :

- Numéro d'identification AFNOR (NF.B.10.601) :
- Outils pour l'enlèvement de la pierre :
- Epaisseur moyenne du ragréage :
- Raccords et reprises (*préciser : équerri ou non équerri*) :
- Nature du mortier de ragréage, dosage et ajouts :
- Traitement de surface (*et vieillissement éventuel cf. l'article 3.6.1 - Patine*) :

### **Localisation**

#### **3.6.8 – TRAITEMENTS CONSOLIDANTS**

La consolidation est une *opération visant à conférer à la partie altérée d'une pierre une cohésion identique à celle de sa partie non altérée.*

Les consolidants opèrent en réalisant des ponts de matière entre les éléments désolidarisés de la pierre. On ne peut généralement pas prétendre effectuer des pontages supérieurs à 50-80 micromètres avec un produit consolidant. Les vides supérieurs à ces dimensions doivent faire l'objet de collages avec ou sans injection de coulis.

#### **Disposition générales**

Consolidation par application (badigeonnage) d'un produit consolidant selon un protocole de traitement adapté, comprenant conformément à l'article 10.9 du fascicule technique :

- la fourniture du produit ;
- son application en une ou plusieurs opérations ;
- les équipements de protection du personnel ;
- la protection des parties adjacentes ;
- la production de relevés et de fiches techniques.

#### **Dispositions particulières**

- indication du type et de la nature du produit
- quantité à appliquer par unité de surface ;
- nombre d'applications ;
- précaution d'utilisation, conditions d'application.

### **Localisation**

A l'issue du traitement, l'entreprise fournira au Maître d'œuvre les trois types de documents suivants :

- les fiches techniques et de sécurité des produits ;
- le(s) bordereau(x) de traitement, selon modèle en annexe ;
- la carte de répartition des zones traitées.

Ces documents faciliteront les interventions ultérieures sur le monument. Ils serviront également de base pour un éventuel suivi de l'efficacité du traitement dans le temps et devront figurer dans le DDOE.

## **3.7 – DESSALEMENT**

### **3.7.1 – ELIMINATION MECANIQUE A SEC**

#### **Dispositions générales**

- Elimination des sels à la surface des parements par brossage doux (à la brosse coco) adapté à la nature et à l'état du support.

#### **Dispositions particulières**

- Outils proscrits.

#### **Localisation**

### **3.7.2 - METHODE DES COMPRESSES**

#### **Dispositions générales**

Application de compresses destinées à éliminer les sels contaminant une maçonnerie comprenant :

- la fourniture des compresses ;
- l'application et la dépose des compresses ;
- la protection des parties adjacentes ;
- la production de relevés et fiches techniques.

#### **Dispositions particulières**

- indication du type et de la nature des composants des compresses ;
- les conditions d'application au regard de l'environnement.

#### **Localisation**

A l'issue du traitement, l'entreprise fournira au Maître d'œuvre les trois types de documents suivants :

- les fiches techniques et de sécurité des produits ;
- le(s) bordereau(x) de traitement, selon modèle en annexe ;
- la carte de répartition des zones traitées.

Ces documents faciliteront les interventions ultérieures sur le monument. Ils serviront également de base pour un éventuel suivi de l'efficacité du traitement dans le temps et devront figurer dans le DDOE.

*La préparation du support pour le rendre apte à subir un dessalement (remplacement de pierres dégradées, rejointoiement, etc...) fait l'objet d'articles spécifiques au présent CCTP.*

## **3.8 – NETTOYAGES DES FAÇADES**

Ils consistent à nettoyer les parements et moulures à l'exclusion de la sculpture, et faire apparaître, sans l'altérer, le parement originel de la pierre par élimination des salissures.

#### **Dispositions générales communes**

Avant d'entreprendre les travaux, l'entrepreneur doit obligatoirement effectuer des essais pour définir la nature des produits de nettoyage et leurs modalités d'emploi.

Les ouvrages contigus doivent être protégés par des bâches, cloisons et autres dispositifs étanches.

Le traitement ne doit pas provoquer de dégradations ou d'usures de parement.

### **3.8.1 - TRAVAUX PRELIMINAIRES**

#### **Dispositions générales**

- Nécessité d'effectuer des essais préalables ;
- Essais de convenance et zones de référence ;
- Protection des ouvrages contigus ;
- Analyse préalable de la pierre à nettoyer.

### **3.8.2 - DEPOUSSIERAGE**

#### **Dispositions générales**

- fourniture et mise en œuvre d'aspirateur industriel, comprenant toutes les précautions pour l'isolement par rapport aux autres parties de l'édifice ;
- le brossage complémentaire éventuel à la brosse adaptée à la dureté de la pierre ;
- le grattage avec brossage à la brosse de nylon pour éliminer les encrassements, graffitis et badigeons légers.

#### **Dispositions particulières**

Etablissement des dispositifs de protections complémentaires afin d'empêcher tout déplacement de poussière et chute de salissures agglomérées instables, ramassage et enlèvement.

#### **Localisation**

### **3.8.3 - BROSSAGE**

#### **Dispositions générales**

- Brossage pour émoussage de vieille pierre avec une brosse dont la dureté est adaptée à la nature de la pierre ;
- Nettoyage et enlèvement aux décharges des résidus provenant de cette opération.

#### **Localisation**

### **3.8.4 - NETTOYAGE A L'EAU CLAIRE**

#### **Dispositions générales**

- Par ruissellement ;
- Par nébulisation.

Ce procédé qui expose la pierre de taille à un excès d'imbibition, avec les risques de migration de sels et autres dégradations des maçonneries ou des parements intérieurs, est déconseillé.

### **Localisation**

#### **3.8.5 - NETTOYAGE PAR HYDRO-ABRASION**

##### **Dispositions générales**

Le protocole d'accord définira les pressions, l'angle d'attaque et les distances de projection, le diamètre des buses, la nature et les diamètres des poudres en fonction de la nature des parements et de la distribution granulométrique, de leur état et de leur degré d'encrassement, cf. bordereau en annexe.

Utilisation proscrite l'hiver ou si l'édifice présente des objets décoratifs sensible à l'eau au revers de la façade nettoyée.

##### **Dispositions particulières**

Consiste en une pulvérisation d'eau et de poudres abrasives humidifiées, projetées à une pression d'air comprimé à définir par le maître d'œuvre, mais toujours inférieure à 3 bars (en général 1 bar).

### **Localisation**

#### **3.8.6 - NETTOYAGE PAR ABRASION A SEC**

##### **Dispositions générales**

Consiste en un nettoyage à sec des ouvrages, avec ou sans moulures, par une projection constante à l'air comprimé.

- Le protocole d'accord définira : les pressions, l'angle d'attaque, les distances de pulvérisation, le diamètre des buses, la nature et la distribution granulométriques des poudres en fonction de : la nature des parements, leur état et de leur degré d'encrassement, (cf. bordereau en annexe) ;
- Confinement de la zone de travail et protection des ouvriers (SPS) ;
- Utilisation hivernale possible ;
- les ouvrages contigus doivent être protégés.

### **Localisation**

#### **3.8.7 - NETTOYAGE PAR MICRO-ABRASION**

Ce procédé est utilisé pour les ouvrages de façade plus fragiles (moulures...).

##### **Dispositions générales**

- Mêmes prescriptions d'essais et de tests que pour l'abrasion à sec ;
- Les poudres ne doivent pas dépasser 27 microns pour les sculptures et 100 microns pour les moulures, pour une pression maximale de 1 bar et une distance moyenne de 6 cm des parties à traiter ;

- Les débris de matériaux, poussières, parcelles ou morceaux détachés doivent être ramassés, descendus et enlevés par aspiration ;
- Confinement de la zone de travail et protection des ouvriers (SPS) ;
- Utilisation hivernale possible.

### **Localisation.**

#### **3.8.8 - NETTOYAGE PAR APPLICATION DE COMPRESSES**

Il existe plusieurs procédés brevetés qui ont en commun le type d'application.

##### **3.8.8.1 - Les cataplasmes**

#### **Disposition générales**

- cataplasme à base de laine de roche mélangée à une faible quantité de liant ou sans liant et dont l'humidification est assurée par un réseau de tubes microporeux ;
- cataplasme d'argiles fibreuses avec charge de sable, laine de roche et poudre de pierre ponce; l'argile maintenant l'humidité.

L'application du cataplasme se fait par projection et lissage à la truelle, le contrôle durant le nettoyage est effectué par ouverture de fenêtres dans le cataplasme, la teneur en eau doit être contrôlée afin de limiter l'imbibition de la pierre.

Après enlèvement du cataplasme, il est nécessaire de procéder à un brossage, avec une brosse coco, et à une projection mesurée d'eau afin de d'éliminer les déchets.

Afin d'éviter les pénétrations d'eau, la parfaite étanchéité des joints de pierre doit être assurée. Ce procédé est adapté aux pierres peu capillaires, il est à proscrire en hiver à cause des risques liés au gel ; il nécessite un excellent système de contrôle des lieux où peuvent se produire des fuites d'eau en raison des nombreux raccords de tuyauterie.

#### **Dispositions particulières**

*Préciser :*

- *La teneur en eau dans le cataplasme lors de l'opération de nettoyage ;*

### **Localisation**

##### **3.8.8.2 - Les films pelables**

#### **Disposition générales**

*Les films pelables se présentent sous la forme de gels qui se transforment au séchage en un film élastique adhérent. Ils sont adaptés au nettoyage de surfaces encrassées mais sans encroûtement que l'on trouve par exemple sur les parements intérieurs des bâtiments.*

- gel à base d'alcool polyvinylique et de propylène de glycol l'application se fait en deux couches séparées par un textile non tissé en coton ;
- produit à base de latex et d'ammoniaque, très fluide qui permet de traiter des pierres dont la surface présente des cavités.

L'application du film se fait au rouleau ou au pinceau. Cette technique doit être utilisée sur des matériaux très cohérents car les risques d'arrachements lors de l'élimination du film sont très importants.

## **Dispositions particulières**

### **Localisation**

#### **3.8.9 - NETTOYAGE LASER**

*Nettoyage par émission d'une onde de haute énergie, qui est en grande partie absorbée par les salissures superficielles. L'ablation des salissures résulte d'une combinaison d'interactions thermiques (fusion et vaporisation) et mécaniques (onde de choc) entre le rayonnement absorbé et la matière.*

*Cet article s'applique presque essentiellement au nettoyage de la décoration sculptée et de la sculpture sur pierre.*

*Le procédé est proscrit pour la pierre comportant de la polychromie.*

### **Dispositions générales**

La spécificité de la technique impose des manipulateurs ayant reçu une formation spécialisée.

Les lasers sont de classe 4, en terme de sécurité (notion de Limite d'Emission Accessible - LEA), il convient avant toute opération de prendre les mesures de sécurité qui s'imposent :

- port absolument obligatoire de lunettes individuelles de protection, pour toutes personnes, en plus de l'opérateur, situées dans la zone de nettoyage ;
- suppression de tout objet réfléchissant proche ou porté par les personnes ;
- mise en place de protections étanches fixes (contre-plaqué, polyane noir) au laser, latéralement, au dessus et en dessous de la zone de travail ;
- signalisation "DANGER LASER" et feu clignotant rouge s'allumant à la mise en route du laser, à l'entrée de la zone de travail, avec porte fermant à clef ;
- la pièce à main du laser doit être munie d'une gâchette de libération des tirs.

Fourniture, équipement et installation de l'appareillage laser :

### **Dispositions particulières**

- Analyses préalables du sujet sous encrassement, essais et recherche d'éventuelle polychromie ;
- Choix du laser, en fonction de l'avis du LRMH, découlant des résultats des analyses et essais(il existe plusieurs types de laser, à bras ou à fibres) ;
- Pulvérisation éventuelle d'eau claire précédant le nettoyage ;
- Après nettoyage, application éventuelle de compresse humectée d'eau claire, dans le cas d'effet de jaunissement constaté.

### **Localisation**

(préciser les ouvrages ou parties d'ouvrages à traiter)

Des zones tests non traitées seront définies par le maître d'œuvre. Elles seront conservées et figureront sur les plans.

#### **3.8.10 - OPERATION DE DEGRAFFITAGE**

##### **Antigraffiti curatif**



Les produits antigraffiti curatifs sont destinés à éliminer les graffiti. Les produits antigraffiti préventifs font l'objet d'un article (3.6.5) dans le chapitre traitement de surface du présent CCTP.

### **Dispositions générales**

Application d'un produit antigraffiti destiné à éliminer une peinture ou d'une encre, comprenant :

- la fourniture du produit ;
- l'application et les rinçages successifs en autant d'opérations que nécessaire à l'élimination complète des graffiti ;
- les équipements de protection du personnel ;
- la protection des parties adjacentes ;
- la production de relevés et fiches techniques.

### **Dispositions particulières**

- indication du type et de la nature du produit, en précisant s'il y a lieu de créer une protection ou de renouveler la protection après enlèvement des graffiti;
- dans le cas de création ou de renouvellement il y aura lieu de faire état de l'article précédent;
- les conditions d'application au regard de l'environnement.

### **Localisation**

A l'issue du traitement, l'entreprise fournira au Maître d'œuvre les trois types de documents suivants :

- les fiches techniques et de sécurité des produits ;
- le(s) bordereau(x) de traitement, selon modèle en annexe ;
- la carte de répartition des zones traitées.

Ces documents faciliteront les interventions ultérieures sur le monument. Ils serviront également de base pour un éventuel suivi de l'efficacité du traitement dans le temps et devront figurer dans le DDOE.

*La préparation du support pour le rendre apte à recevoir l'antigraffiti (remplacement de pierres dégradées, rejointoiement, etc...) fait l'objet d'articles spécifiques au présent CCTP.*

## **3.8.11 DEBADIGEONNAGE COURANT**

Enlèvement du badigeon par procédé mécanique précisé par le maître d'œuvre en fonction de la nature du badigeon.

### **Dispositions générales**

- Débadigeonnage pour mise à nu du support, comprenant : la protection des parties adjacentes ;
- les brossages, lavages, lessivages, décapages, grattages, aspirations, rinçages à l'eau, nécessaires pour la mise à nu des supports en conservation des épidermes et des traces de taille d'origine.

Sauf modalités d'exécution imposées dans les dispositions particulières, il appartient à l'entreprise de soumettre au maître d'œuvre les produits et techniques qu'elle se propose d'utiliser avant tout début d'exécution et d'effectuer les essais de convenance que le maître d'œuvre juge nécessaires.

### **Dispositions particulières**

*Préciser éventuellement les modalités d'exécution, les produits à utiliser et les précautions particulières d'exécution si le texte des dispositions générales n'est pas jugé adapté au cas, notamment à partir des conclusions résultant de l'étude préliminaire et/ou préalable qui aura été jugée utile.*

### **Localisation**

#### **3.8.12 - DEBADIGEONNAGE SUR ANCIENS FONDS**

Le débadigeonnage sur anciens fonds à conserver fera l'objet d'un lot particulier confié à un spécialiste.

#### **3.8.13 - DECAPAGE DE PEINTURES**

##### **Prescriptions particulières pour les peintures aux plomb**

Un diagnostic sera effectué en amont des travaux, à la charge du Maître d'Ouvrage au niveau du programme; il conviendra de respecter la réglementation en vigueur (loi août 1999)

##### **Dispositions générales**

- Analyse des peintures à décaper et essais ;
- Décapage par procédé chimique et/ou physique pour mise à nu du support en conservation du parement original et des traces de taille ;
- Protection des parties adjacentes ;
- Nettoyage des lieux après travaux et évacuation des déchets.

##### **Dispositions particulières**

- Modalités d'intervention et type de produits à utiliser pour le décapage et application, selon stipulations d'un laboratoire spécialisé ;
- Emploi complémentaire d'outils sous certaines conditions et autorisation de l'architecte ;
- Rinçages intermédiaires et définitifs, brossage à posteriori et retouches de nettoyage.

##### **Localisation**

### **3.9 – DALLAGES SOLS**

#### **3.9.1 - DEMOLITION DE DALLES DE PIERRE POUR REVETEMENTS HORIZONTAUX EN CONSERVATION DES SUPPORTS**

*La démolition des dalles en pierre sans conservation de leur support est traitée au CCTP "Maçonnerie".*

##### **Dispositions générales**

Démolition de dalles de pierre en conservation de leur support, comprenant :

- la démolition des dalles et la démolition de leur arase ;
- toutes les précautions au droit des parties conservées y compris sciottage des rives ;
- les manutentions des gravois en attente d'enlèvement.

#### **Dispositions particulières**

*Sur forme en sable ou scellée directement sur support.*

- Epaisseur des dalles :
- Mode de pose des dalles à déposer :
- Nature du liant du mortier de pose :

#### **Localisation**

### **3.9.2 - DEPOSE DE DALLES DE PIERRE EN CONSERVATION**

*Cet article s'applique que les supports soient ou non conservés. Dans le cas où les supports ne sont pas conservés, la démolition desdits est traitée au CCTP "Maçonnerie".*

#### **Dispositions générales**

Dépose en conservation comprenant :

- la dépose des dalles et la démolition de leur arase de pose ;
- toutes les précautions au droit des parties conservées y compris sciottage des rives ;
- toutes les précautions pour éviter, lors de la dépose et des manutentions, d'endommager les dalles ;
- le nettoyage et le décrottage des lits et joints ;
- toutes les manutentions (montages, descentes, coltinages) imposées par le projet, et rangement à l'emplacement défini dans les dispositions particulières ;
- les protections des dalles contre les intempéries pendant leur stockage provisoire ;
- les manutentions et enlèvements des gravois aux décharges.

#### **Dispositions particulières**

- Epaisseur des dalles :
- Mode de pose des dalles à déposer :
- Nature du liant du mortier de pose :

*Sur forme en sable ou scellés directement sur support. Indiquer en outre :*

- *si un calepin de repérage des dalles et la numérotation des pierres doivent être effectués avant la dépose et à qui incombent ces prestations ;*
- *le lieu de mise en dépôt des pierres ;*
- *les dispositifs destinés à assurer la protection des pierres stockées si nécessaires ;*
- *si les supports sont prévus conservés ou non.*

#### **Localisation**

### 3.9.3 - DEMOLITION DE PLINTHE EN PIERRE

*Dans le cas de dépose de plinthe en conservation, adapter l'article en conséquence.*

#### **Dispositions générales**

Démolition des plinthes en pierre en conservation de leur support, comprenant :

- la démolition des plinthes et de leur mortier de pose ;
- toutes les précautions au droit des parties conservées ;
- les manutentions des gravois en attente d'enlèvement.

#### **Dispositions particulières**

- Dimensions des plinthes (hauteur et épaisseur) ;
- Nature du liant de mortier de pose ;

#### **Localisation**

### 3.9.4 - FOURNITURE DE DALLES DE PIERRE NEUVE POUR REVETEMENTS HORIZONTAUX

*Les clauses spécifiques aux ouvrages en grès et granit sont données au chapitre 4 du présent document.*

*Les formes supports des dallages sont décrites et localisées au CCTP "Maçonnerie". Selon le mode de métré, seuls sont comptés comme dalles au m<sup>2</sup>, les dallages, seuils et tous éléments horizontaux jusqu'à 10 cm d'épaisseur inclus à l'exception des parties de moins de 10 cm d'épaisseur ou de hauteur pour reprise partielle d'une assise existante.*

#### **Dispositions générales**

Fourniture comprenant :

- l'achat de la pierre issue de carrière ;
- toutes les manutentions et transports jusqu'au lieu de stockage sur le chantier ;
- l'établissement du plan d'exécution à partir du plan de calepinage joint au marché, à soumettre au maître d'œuvre ;
- toutes les coupes droites, biaises ou circulaires nécessaires pour respecter la forme des locaux à revêtir, les emprises diverses et l'appareillage ;
- le traitement des lits de pose pour l'adhérence du mortier ;
- la façon des joints sur pierre ;
- le traitement de surface des pierres effectué mécaniquement en atelier, indiqué dans les dispositions particulières ; *le traitement de surface manuel pour donner un caractère ancien est inclus dans l'article "Pose des dalles de pierre neuve pour revêtements horizontaux".*
- l'enlèvement des déchets de taille aux décharges.

#### **Dispositions particulières**

- Nature des dalles : à 2 parements de sciage ou dalles croûtes à un parement de sciage.

- Dénomination de la pierre : *Selon les cas : nom (appellation courante et locale éventuellement), localisation (département, commune, carrière et banc).*
- Numéro d'identification : *Pour mémoire, l'identification des pierres calcaires est définie par la norme NF.B.10.601. Les numéros d'identification vont de 1 (pour les pierres très tendres) à 14 (pour les pierres très dures). Il s'agit d'une référence indispensable pour que l'entrepreneur puisse établir, en connaissance de cause, son offre de prix portant notamment sur la fourniture du matériau et sur les sujétions de taille. La désignation de ce numéro d'identification ne doit pas poser de problèmes particuliers à chaque projet car elle doit normalement résulter d'une étude préliminaire utile de recherche de la pierre à employer.*
  - masse volumique :
  - vitesse de propagation du son :
  - dureté superficielle :
  - essai d'abrasion (dans NF.601 - résistance à l'usure) :
- Caractéristiques physiques : *Pour que la fonction et la durabilité de la pierre à fournir soient assurées, il convient techniquement de vérifier que sa qualité correspond bien à sa destination dans l'ouvrage. Les critères demandés pour chaque emploi sont définis dans le chapitre " Règles de construction - Normes - D.T.U. " de la page précédente par la norme NF.P.61.202 Mais, en même temps, il convient de tenir compte de la compatibilité avec le matériau existant et des problèmes spécifiques à la restauration. Les caractéristiques physiques à exiger dans le marché dépendent ainsi du choix final de la qualité de la pierre, appropriée au monument tel qu'il résulte là aussi de l'étude préliminaire de recherche de la pierre à employer, signalée ci-avant.*
- Caractéristiques géométriques : *Ces dimensions découlent du calepinage ou du respect de l'appareillage existant pour les pierres en raccord.*

*L'épaisseur des pierres est à indiquer dans cette rubrique.*

*Sauf précision à apporter par le maître d'œuvre les autres caractéristiques géométriques (tolérances, planéité, équerrage) doivent être conformes aux caractéristiques fixées par les chapitres concernés de la NF.B.10.401.*
- Façon de joints : *sciés, marbriers ou autres.*
- Aspect du traitement de surface effectué mécaniquement en atelier : *Il s'agit du traitement effectué mécaniquement inclus dans le prix de la fourniture de dalles. Au cas où un traitement complémentaire manuel est demandé par le maître d'œuvre, il est décrit et inclus dans le prix de pose de dalles de pierre.*

### **Localisation**

#### **3.9.5 - POSE DE DALLES DE PIERRE NEUVE POUR REVETEMENTS HORIZONTAUX**

##### **Dispositions générales**

Pose comprenant :

- toutes les manutentions des pierres depuis le lieu de stockage provisoire sur le chantier jusqu'au lieu d'emploi ;
- toutes les précautions pour éviter, lors des manutentions et de la pose, d'endommager les pierres ;
- les couches de désolidarisation ;
- l'humidification des pierres avant pose ;

- la pose suivant le plan d'exécution ;
- le jointoiement entre dalles ;
- les joints de fractionnement et leur remplissage, s'ils sont prescrits aux dispositions particulières ;
- les ouvrages provisoires de protection y compris leur dépose et enlèvement ;
- les nettoyages de finition avec rinçage à l'eau claire ;
- les prescriptions définies dans les dispositions particulières telles que trous, entailles faites à la demande sur place, traitement de surface à l'outil manuel, patine, etc... *Eventuellement à adapter compte tenu du projet.*
- les dispositifs d'interdiction d'accès pendant la durée des travaux des revêtements et les délais subséquents de protection de ces revêtements ;
- l'enlèvement aux décharges de tous les déchets et gravois résultant des travaux.

### **Dispositions particulières**

- couche de désolidarisation :
- calepinage : *Celui figurant au marché ou respect de l'appareillage existant pour les pierres en raccord.*
- mortier de pose :
  - constitution (liant et dosage) :
  - épaisseur :
- jointoiement :
  - constitution (liant et dosage) :
  - épaisseur :
- joints de fractionnement et périphériques :
  - localisation :
  - matériau de remplissage : *Si les joints sont colorés, préciser la nature des colorants.*
- traitement de surface : *Il s'agit du traitement de surface effectué à l'outil manuel sur parement de sciage (inclus dans la fourniture). Préciser l'aspect recherché, les outils prohibés et ceux recommandés en précisant, par exemple, que l'utilisation d'autres outils doit faire l'objet d'un accord de l'architecte, et la patine si celle-ci est prescrite (cf. article patine 3.6.1).*
- ouvrages provisoires de protection : *Par exemple :*
  - chape de plâtre avec papier d'isolation ;
  - film plastique déroulé, assemblés avec bandes adhésives ;
  - panneaux en fibres de bois avec bandes adhésives aux joints etc....

### **Localisation**

#### **3.9.6 - INCORPORATION D'ELEMENTS DECORATIFS DANS LES DALLAGES**

*Dans cet article, l'architecte indique la nature des éléments décoratifs, leurs matières constitutives, leurs dimensions, leur mode de pose, les façons complémentaires à prévoir dans les pierres, etc....*

### 3.9.7 - TAILLES COMPLEMENTAIRES

*Dans cet article, l'architecte indique les façons complémentaires, telles que taille de moulures et les façons diverses sur les dalles non incluses dans les articles " Fourniture et pose de dalles en pierre " et " incorporation d'éléments décoratifs ". Les trous et entailles normalement prévisibles sont inclus dans le prix de pose de dalle de pierre neuve, dans la mesure où ces façons sont décrites dans les articles précédents.*

### 3.9.8 - PLINTHES EN DALLE DE PIERRE NEUVE

#### Dispositions générales

- l'achat de la pierre issue de carrière ;
- toutes les manutentions et transports jusqu'au lieu d'emploi et toutes les précautions pour éviter, lors des manutentions et de la pose, d'endommager les pierres ;
- l'établissement du plan d'exécution à partir du calepinage figurant au marché, à soumettre au maître d'œuvre ;
- toutes les coupes droites, biaises ou circulaires nécessaires pour respecter la forme des locaux et les emprises diverses, et le calepinage ;
- la façon des joints sur pierre ;
- l'enlèvement des déchets de taille aux décharges ;
- l'humidification des pierres avant pose ;
- le mortier de pose ;
- la pose suivant le calepinage figurant au marché ;
- le jointoiement entre dalles ;
- les nettoyages de finition avec rinçage à l'eau claire ;
- les prescriptions définies dans les dispositions particulières telles que moulures, trous, entailles faites à la demande sur place, traitement de surface à l'outil manuel, patine, etc...  
*Eventuellement à adapter compte tenu du projet.*

#### Dispositions particulières

- Dénomination de la pierre :
- Numéro d'identification :
  - masse volumique :
  - vitesse de propagation du son :
  - dureté superficielle :
- Caractéristiques physiques :
- Caractéristiques géométriques :
- Façon de joints sur pierre : *sciés, marbriers ou autres.*
- Mortier de pose :
  - constitution (liant et dosage) :
  - épaisseur :
- Jointoiement :
- constitution (liant et dosage) :

- épaisseur : *Si les joints sont colorés, préciser la nature des colorants telles que moulures suivant profils figurant au marché, trous, entailles, etc....*
- Façons diverses : *Sciés, marbriers ou autres.*
- Traitement de surface : *Préciser l'aspect recherché, les outils prohibés et ceux recommandés en précisant, par exemple, que l'utilisation d'autres outils doit faire l'objet d'un accord de l'architecte, et la patine si celle-ci est prescrite (cf. article patine page 38).*

### **Localisation**

#### **3.9.9 - RECUPERATION DE DALLES EN PIERRE VIEILLE**

##### **Dispositions générales**

Récupération de dalles en pierre vieille provenant de déposes ou de démolitions antérieures à l'exclusion de celles effectuées au titre du présent marché, comprenant :

- la recherche, le triage, le nettoyage et le décrochage des lits et joints ;
- la purge des matériaux malsains susceptibles de contenir des spores ou des sels ;
- les transports éventuels découlant des dispositions particulières y compris ceux nécessités pour les retailles et parements ;
- toutes les précautions pour éviter d'endommager les pierres ;
- les manutentions des déchets et leur enlèvement aux décharges.

##### **Dispositions particulières**

*Préciser :*

- *la destination future des pierres récupérées ;*
- *le lieu de mise en dépôt si les pierres ne sont pas destinées à être reposées dans l'édifice.*
- Lieu de récupération :
- Dénomination de la pierre :
- N° d'identification AFNOR (NF.B.10.601) :

La surface approchée de pierres récupérables est donnée dans le bordereau de prix unitaires.

#### **3.9.10 - REFAÇONNAGE DE DALLES EN PIERRE VIEILLE**

##### **Dispositions générales**

Refaçonnage des dalles en pierre vieille comprenant :

- les façons découlant des " Dispositions particulières " du présent article pour amener les dimensions des dalles de l'état existant aux dimensions prescrites au projet ;
- les manutentions et l'enlèvement des gravois provenant des retailles aux décharges.

##### **Dispositions particulières**

- Dénomination de la pierre :
- N° d'identification AFNOR (NF.B.10.601) :
- Dimensions des dalles (état existant)
  - dimensions géométriques :



- épaisseur :
- Dimensions des dalles (prescrites au projet)
  - dimensions géométriques :
  - suivant plan de principe de :
  - calepinage figurant au marché :
  - épaisseur :
- Façon des joints sur pierre :  
*Sciés, marbriers ou autres dans le cas de pierres retaillées aux nouvelles dimensions.  
Rafraîchis et redressés si les dimensions des pierres sont conservées.*

## Localisation

### 3.9.11 - POSE DE DALLES DE PIERRE VIEILLE POUR REVETEMENTS HORIZONTAUX

Les formes supports des dalles sont décrites et localisées au CCTP “ Maçonnerie ”.

#### Dispositions générales

Pose comprenant :

- toutes les manutentions des pierres depuis le lieu de stockage provisoire sur le chantier jusqu'au lieu d'emploi ;
- toutes les précautions pour éviter, lors des manutentions et de la pose, d'endommager les pierres ;
- les couches de désolidarisation ;
- l'humidification des pierres avant pose ;
- le mortier de pose ;
- l'établissement du plan d'exécution à partir du calepinage figurant au marché ;
- le jointoiement entre dalles :
- les joints de fractionnement et leur remplissage, s'ils sont prescrits aux dispositions particulières ;
- les ouvrages provisoires de protection y compris leur dépose et enlèvement ;
- les nettoyages de finition avec rinçage à l'eau claire ;
- éventuellement les prescriptions définies dans les dispositions particulières telles que trous, entailles faites à la demande sur place, traitement de surface à l'outil manuel, patine, etc ;
- les dispositifs d'interdiction d'accès pendant la durée des travaux des revêtements et les délais subséquents de protection de ces revêtements ;
- l'enlèvement aux décharges de tous les déchets et gravois résultant des travaux.

#### Dispositions particulières

- Couche de désolidarisation :
- Calepinage : *Celui figurant au marché ou respect de l'appareillage existant pour les pierres en raccord.*
- Mortier de pose :
  - constitution (liant et dosage) :

- épaisseur :
- Jointoiement :
  - si les joints sont colorés, préciser la nature des colorants :
  - constitution (liant et dosage) :
  - largeur des joints :
- Joints de fractionnement et périphériques :
  - localisation :
  - matériau de remplissage :
- Traitement de surface : *Il s'agit du traitement de surface si l'aspect des dalles vieilles n'est pas jugé satisfaisant. Préciser l'aspect recherché, les outils prohibés et ceux recommandés en précisant, par exemple, que l'utilisation d'autres outils doit faire l'objet d'un accord de l'architecte, et la patine si celle-ci est prescrite (cf. article patine 3.6.1).*
- Ouvrages provisoires de protection : *Par exemple :- chape de plâtre avec papier d'isolation-film plastique déroulé – film non tissé, assemblés avec bandes adhésives- panneaux en fibres de bois avec bandes adhésives aux joints, etc....*

### **Localisation**

## **3.10 - ESCALIER**

### **3.10.1 - DEPOSE SANS CONSERVATION DE MARCHES ET CONTREMARCHES EN PIERRE EN CONSERVATION DES SUPPORTS**

*Supprimer la mention " contremarches " si les pierres sont massives.*

*La démolition des marches et contremarches en pierre sans conservation de leur support est traitée au CCTP " Maçonnerie ".*

#### **Dispositions générales**

Dépose sans conservation de marches et contremarches en pierre en conservation de leur support, comprenant :

- la dépose des marches et contremarches et la démolition de leur arase ;
- toutes les précautions au droit des parties conservées, y compris sciottage des rives ;
- les manutentions des gravois jusqu'au lieu de stockage.

#### **Dispositions particulières**

- Caractéristiques géométriques :
- Mode de pose :
- Nature du liant de mortier de pose :

### **Localisation**

### **3.10.2 - DEPOSE EN CONSERVATION DE MARCHES ET CONTREMARCHES EN PIERRE**

*Supprimer la mention " contremarches " si les pierres sont massives. Cet article s'applique que les supports soient ou non conservés. Dans le cas où les supports ne sont pas conservés, la démolition desdits est traitée au CCTP " Maçonnerie ".*

**Dispositions générales**

Dépose en conservation comprenant :

- la dépose des marches et contremarches et la démolition de leur arase ;
- toutes les précautions au droit des parties conservées, y compris sciottage des rives ;
- toutes les précautions pour éviter, lors de la dépose et des manutentions, d'endommager les pierres ;
- le nettoyage et le décrottage des lits et joints ;
- toutes les manutentions (montages, descentes, coltinages) imposées par le projet et rangement à l'emplacement défini dans les dispositions particulières ;
- les protections des pierres contre les intempéries pendant leur stockage provisoire ;
- les manutentions et enlèvement des gravois aux décharges.

**Dispositions particulières**

*Indiquer :*

- *à qui incombe la tenue du calepin de repérage et la numérotation des éléments, qui doit être effectuée avant la dépose ;*
- *le lieu de mise en dépôt des pierres ;*
- *les dispositifs destinés à assurer la protection des pierres stockées, si nécessaire ;*
- *si les supports sont prévus conservés ou non.*
- caractéristiques géométriques :
- mode de pose :
- nature du liant de mortier de pose :

**Localisation****3.10.3 - MARCHES ET CONTREMARCHES EN PIERRE NEUVE****Dispositions générales**

- l'achat de la pierre issue de carrière ;
- toutes les manutentions et transports jusqu'au lieu d'emploi et toutes les précautions pour éviter, lors des manutentions et de la pose, d'endommager les pierres ;
- l'établissement du calepin à partir du plan d'exécution figurant au marché, à soumettre à l'architecte ;
- toutes les coupes droites, biaises ou circulaires nécessaires pour respecter la forme des marches, les emprises diverses et l'appareillage ;
- la façon des joints sur pierre ;
- les couches de désolidarisation ;
- l'humidification des pierres avant pose ;
- le mortier de pose ;
- la pose suivant le calepinage approuvé par le maître d'œuvre ;
- le jointoiement entre dalles ;
- les ouvrages provisoires de protection y compris leur dépose et enlèvement ;

- les nettoyages de finition avec rinçage à l'eau claire ;
- éventuellement, à adapter compte tenu du projet : les prescriptions définies dans les dispositions particulières telles que moulures, trous, entailles faites à la demande sur place, traitements de surface à l'outil manuel, patines, etc. ;
- les dispositifs d'interdiction d'accès pendant la durée des travaux, et les délais subséquents de protection des ouvrages ;
- l'enlèvement aux décharges de tous déchets et gravois résultant des travaux.

*Mêmes recommandations que celles données aux articles " Fourniture et pose de dalles en pierre neuve pour revêtements horizontaux ".*

### **Dispositions particulières**

Dénomination de la pierre :

- Numéro d'identification :
- Caractéristiques physiques :
  - résistance à la compression :
  - résistance à l'écrasement :
  - résistance à l'usure :
  - masse volumique :
  - vitesse de propagation du son :
  - dureté superficielle :
- Caractéristiques géométriques :
- Façon de joints sur pierre :
- Mortier de pose :
  - constitution (liant et dosage) :
  - épaisseur :
- Jointoiement :
  - constitution (liant et dosage) :
  - si les joints sont colorés, préciser la nature des colorants :
  - épaisseur :
- Façons diverses :
  - telles que moulures suivant profils figurant au marché, trous, entailles, etc....
- Traitement de surface : *Préciser l'aspect recherché, les outils prohibés et ceux recommandés en précisant, par exemple, que l'utilisation d'autres outils doit faire l'objet d'un accord de l'architecte, et la patine si celle-ci est prescrite, cf article 3.6.1 du CCTP.*

### **Localisation**

## **3.11 – EVACUATION DES GRAVOIS**

### **3.11.1 - EVACUATION DES GRAVOIS AUX DECHARGES**

#### **Dispositions générales**

Evacuation des gravois jusqu'aux décharges comprenant :

- les chargements et transports en camions, bennes, conteneurs, les autres manutentions incluses dans les ouvrages ;
- les droits de décharge éventuels ;
- les nettoyages de voirie réglementaires.

#### **Dispositions particulières**

Indiquer les lieux de stockage des gravois, emplacements de goulottes, conteneurs ou autres si ces prescriptions ne sont pas données au chapitre 1 du CCTP. Nomenclature des gravois à évacuer:

- tous les gravois découlant des travaux décrits ci avant, sauf exceptions ;
- éventuellement, les matériaux en dépôt sur le chantier en provenance de démolitions antérieures dont le cube est à indiquer dans le bordereau de prix unitaires.

### **3.11.2 - EVACUATION DES GRAVOIS AUX DECHARGES AVEC TRI PREALABLE**

*Cet article est à prévoir lorsque les ouvrages à démolir laissent supposer la présence, dans ces ouvrages, d'éléments présentant un intérêt historique ou archéologique.*

#### **Dispositions générales**

Evacuation des gravois jusqu'aux décharges avec tri préalable comprenant :

- le tri des matériaux pour recherche des vestiges présentant un caractère historique ou archéologique suivant les directives de l'architecte ;
- le stockage et rangement des éléments conservés à l'emplacement défini dans les dispositions particulières ;
- les chargements et transports en camions, bennes, conteneurs, les autres manutentions incluses dans les ouvrages ;
- les droits de décharge éventuels ;
- les nettoyages de voirie réglementaires.

#### **Dispositions particulières**

Indiquer :

- les lieux de stockage des gravois, emplacements de goulottes, conteneurs ou autres si ces prescriptions ne sont pas données au chapitre 1 du CCTP ;
- les lieux de stockage des matériaux conservés.
- Nomenclature des gravois à évacuer

## CHAPITRE 4 - CLAUSES SPECIFIQUES AUX OUVRAGES EN GRES, GRANIT ET PIERRE VOLCANIQUE

*Les clauses indiquées dans ce chapitre sont à considérer en référence au chapitre sur les pierres calcaires.*

### 4.1 – OUVRAGES EN GRES

*Les prescriptions, recommandations, règles, compléments techniques et commentaires de l'administration donnés ci-avant s'appliquent aux ouvrages en pierre calcaire. L'adaptation de ce document aux ouvrages en grès entraîne les modifications suivantes du CCTP :*

#### 4.1.1 CLAUSE GENERALE

Toutes références aux numéros d'identification (NF.B. 10.301) sont inapplicables aux ouvrages en grès.

#### 4.1.2 FOURNITURE DE PIERRES NEUVES

(en blocs ou en dalles, pour ouvrages répétitifs, etc...)

##### Règles de construction

Les exigences portées à la norme NF.B.10.601 sont applicables aux ouvrages en grès.

##### Au sujet de la recherche de la pierre d'origine

*Il n'existe pas pour les grès, de numéro d'identification AFNOR. Toutefois, les caractéristiques physiques attachées à ce numéro pour les calcaires (masse volumique, vitesse du son, dureté superficielle) peuvent être exigées pour les grès.*

##### Caractéristiques géométriques

Les caractéristiques géométriques des grès ne sont pas normalisées. Il convient, soit d'utiliser la norme NF.10.401 (par assimilation), soit de fixer les caractéristiques géométriques exigées dans le CCTP.

#### **Prescriptions, dispositions générales**

- Numéro d'identification :
- Caractéristiques géométriques :

#### **Recommandations pour l'établissement du marché**

Les clauses relatives au numéro d'identification ne sont pas applicables aux grès, mais les caractéristiques physiques attachées à ce numéro pour les calcaires peuvent être exigées pour les grès.

Les caractéristiques géométriques des grès ne sont pas normalisé.

## **Stockage des pierres avant la pose**

De l'avis de certains praticiens de la restauration des monuments historiques, le stockage des grès durant un hiver avant la pose serait souhaitable. Cette recommandation s'applique en particulier aux grès tendres et aux grès d'Alsace. Si le maître d'œuvre juge cette prescription souhaitable, il convient de l'indiquer au CCTP en gardant à l'esprit :

- que les avantages de cette prescription ne sont pas, à ce jour scientifiquement démontrés ;
- que son contrôle en est difficile ;
- que cette prescription entraîne une majoration des prix de fourniture.

## **Pose de pierre e, bloc**

### Mortier de pose

Les dosages et liants des mortiers de pose prescrits au DTU 20.1 pour le grès sont les mêmes que ceux prescrits pour les pierres calcaires.

La constitution de ces mortiers suit les mêmes règles que celles pour les pierres calcaires.

Prescription: La pose des grès tendres et des grès d'Alsace est proscrite durant l'hiver du fait de leur humidification par le mortier de pose.

### Jointoiement après coup et rejointoiement

La profondeur de dégarnissage, les dosages et liants des mortiers de jointoiement prescrits au DTU. 20.1 pour les grès sont les mêmes que ceux prescrits pour les pierres calcaires.

Ces prescriptions ne sont pas adaptées aux ouvrages de restauration des monuments historiques.

## **4.1.3 - TAILLE DE PIERRE**

Il convient de préciser dans les dispositions générales que les tailles de grès dont la date de l'extraction est inférieure à 3 mois sont proscrites.

Cette prescription découle du fait, qu'avant ce délai, les arêtes sont très fragiles (risques d'épaufrures) et que la couleur n'est pas la couleur finale (risque d'entraîner le refus lors de la réception des blocs).

## **4.1.4 - CONTROLE DE LA QUALITE DES PIERRES**

Le contrôle par la méthode simplifiée de reconnaissance n'est pas applicable aux grès.

Conseils sur la nature des tests :

- compression ;
- vitesse du son ;
- porosité ;
- coefficient d'absorption.

## **4.2 – OUVRAGES EN GRANIT OU EN PIERRE VOLCANIQUE**

*Les prescriptions, recommandations, règles, compléments techniques et commentaires de l'administration données ci avant s'appliquent aux ouvrages en pierre calcaire. L'adaptation de ce document aux ouvrages en granit ou en pierre volcanique entraîne les modifications suivantes du CCTP :*

### **4.2.1 - FOURNITURE DE PIERRES NEUVES**

(en blocs ou en dalles, pour ouvrages répétitifs, etc...)

#### Règles de construction

Les exigences portées à la norme NF.B.10.601 sont applicables aux ouvrages en granit ou en pierre volcanique, à l'exclusion de celles ayant trait à la teneur en eau.

#### Au sujet de la recherche de la pierre d'origine

*L'identification n'étant pas normalisée et la mesure de la vitesse de propagation du son n'étant pas représentative, les analyses minéralogiques semblent, mieux adaptées.*

#### Au sujet du marquage du lit de carrière

Le marquage du lit de carrière ne s'applique pas aux granits ou aux pierres volcaniques.

#### Caractéristiques géométriques

Les caractéristiques géométriques des granits ou des pierres volcaniques ne sont pas normalisées. Il convient, soit d'utiliser la norme NF.10.401 (par assimilation), soit de fixer les caractéristiques géométriques exigées dans le CCTP.

### **Prescriptions, dispositions générales**

#### Identification

selon la norme NF P 10.601.

#### Mortier de pose

Les dosages et liants des mortiers de pose prescrits au DTU 20.1 pour les granits, sont les mêmes que ceux prescrits pour les pierres calcaires. De l'avis du CEBTP, les mortiers peuvent être soit à base de chaux hydraulique artificielle, soit des mortiers bâtards (ciment et chaux hydraulique naturelle) aux dosages compris dans les fourchettes du DTU 20.1.

Les mortiers sont assimilables à ceux utilisés pour les pierres calcaires.

#### Jointoiement après coup et rejointoiement :

Les profondeurs de dégarnissage, les dosages et liants des mortiers de jointoiement pour les granits ou les pierres volcaniques sont les mêmes que ceux prescrits pour les pierres calcaires.

Ces prescriptions ne sont pas adaptées aux ouvrages de restauration des monuments historiques.



**4.2.2 - CONTROLE DE LA QUALITE DES PIERRES**

Le contrôle par la méthode simplifiée de reconnaissance et l'exigence du marquage du lit de carrière sont inapplicables aux granits ou aux pierres volcaniques.



## **CHAPITRE 5 - CONTROLES ET TOLERANCES DES OUVRAGES FINIS**

### **5.1 – NOTE GENERALE**

- Le laboratoire chargé des contrôles est :
- Les frais de contrôle font l'objet d'articles spécifiques au BPU - DE.

A noter, en matière de contrôles des ouvrages, les clauses prévues à l'article " Contrôles et essais " du CCAP permettant à l'architecte, avec l'accord du maître d'ouvrage, de prescrire certains contrôles complémentaires qui sont mis à la charge :

- de l'entreprise si les résultats ne sont pas favorables à celle-ci, nonobstant toutes les autres mesures qui pourraient apparaître utiles ;
- du maître de l'ouvrage si les résultats sont favorables à l'entreprise.

### **5.2 – CONTROLE DE LA QUALITE DES PIERRES**

Les modalités de contrôle de la qualité des pierres sont définies au chapitre 5 du Fascicule technique " Ouvrages en pierres ".

- Les contrôles portent sur :

Dans le cas où le marquage du lit de carrière est exigé, prévoir les contrôles par mesure de la vitesse du son.

- Les nombres de contrôles prévus sont les suivants :

Préciser le nombre de contrôles (1 contrôle par " x " m3 de pierre en bloc ou " x " m2 de dallage, ou " x " unités ou ml d'ouvrages répétitifs) avec au minimum un contrôle par nature de pierre différente.

### **5.3 - CONTROLE DE LA COMPOSITION DES MORTIERS DE POSE, DE JOINTOIEMENT ET REJOINTOIEMENT**

Les contrôles portent sur le respect de la composition des mortiers prescrite au CCTP. Les nombres de contrôles prévus sont les suivants :

- ratio liant/agrégat : à préciser, volumique ou pondéral, agrégat sec ou humide
- nature des liants :
- distribution granulométrie de l'agrégat et nature de l'agrégat :
- origine/état de propreté :
- dosage en eau :

Préciser le nombre et la nature des contrôles (1 contrôle par " x " m<sup>3</sup> de pierre mise en œuvre pour le mortier de pose et un contrôle " x " m<sup>2</sup> de jointoiement et rejointoiement), par type de mortier prescrit avec au minimum un contrôle par type d'ouvrage différent.

#### **5.4 - TOLERANCES DES OUVRAGES FINIS**

Cet article n'est à créer que si la nature des travaux l'impose. Il convient dans ce cas, soit de faire référence aux tolérances fixées par les DTU. 20.1 et 52.1 rappelées ci-contre, soit de fixer d'autres tolérances.

## **CHAPITRE 6 - DEROGATIONS AUX DOCUMENTS GENERAUX**

L'article 6 du code des marchés publics rend obligatoire pour tous les marchés publics la référence aux normes homologuées ou à d'autres normes applicables en France en vertu d'accords internationaux. Vous trouverez ci-joint des fiches synthétiques de normes en vigueur relatives aux travaux de pierre de taille. Dans la mesure où des dérogations sont nécessaires pour restaurer un édifice en respectant son authenticité, les points sur lesquels portent ces dérogations seront précisées.

L'article 13 du code des marchés publics permet à la personne responsable des marchés (PRM) de faire référence ou non, aux documents généraux déterminant les conditions dans lesquelles les marchés sont exécutés, en particulier le cahier des clauses techniques générales qui fixe les dispositions techniques nécessaires à l'exécution des prestations de chaque marché. Si la PRM décide d'y faire référence, les documents particuliers comportent, le cas échéant, l'indication des articles des documents généraux auxquels ils dérogent. L'annexe comporte l'arrêté fixant les CCTG en vigueur actuellement.



## CHAPITRE 7 - ANNEXES

### 7.1 – BORDEREAU DE TRAITEMENT :

(ne remplir qu'un bordereau par opération de traitement et par produit appliqué)

N° DE BORDEREAU :

#### MONUMENT

Ville, département, région :  
 Edifice :  
 Nature du support :  
 N° de zone :

#### ENTREPRISE

Responsable/applicateur :  
 Adresse :  
 Tél. :  
 Fax :

#### DATE DU TRAITEMENT (jj/mm/aa)

Matin ☐

midi ☐

#### DONNEES CLIMATIQUES

Ciel bleu ☐ Ensoleillé ☐ Nuageux ☐ Ombragé ☐ Pluie ☐  
 Autre (préciser) :  
 Température de l'air (°C) :  
 Humidité relative de l'air (%) :  
 Température du support (°C) :

#### CARACTERISATION DE LA ZONE TRAITEE

Clichés photographiques avant/après traitement : Oui ☐ Non ☐  
 Fourniture d'un schéma d'application : Oui ☐ Non ☐  
 Surface traitée (m²) :  
 Orientation de la zone traitée : Nord ☐ Est ☐ Ouest ☐ Sud ☐  
 Etat du support Sain ☐ Altéré ☐ Sec ☐ Humide ☐  
 Préparation du support : Nettoyage ☐ Dessalement ☐ Dépoussiérage ☐  
 Autre (préciser) :

#### PRODUIT APPLIQUE

Dénomination :  
 Fonction principale : Hydrofuge ☐ Consolidant ☐ Préventif ☐  
 Fourniture de la fiche technique : Oui ☐ Non ☐ Antigraffiti ☐  
 Fourniture de la fiche sécurité : Oui ☐ Non ☐ Curatif ☐  
 Dilution/concentration (%) :  
 Consommation totale (l/m²) : Mode d'application (pinceau,...) :  
 Nombre de couches :  
 Délai entre couches :

#### OBSERVATION ET SUIVI

Y a-t-il eu une évaluation de l'efficacité du traitement après application ? Oui ☐ Non ☐  
 Si oui, référence du rapport :  
 Divers (préciser) :

Certifié exact, le (date)

Signature et cachet de l'entreprise

**7.2 – BORDEREAU DE NETTOYAGE :****N° DE BORDEREAU :****MONUMENT**

Ville, département, région :

Edifice :

Nature du support :

N° de zone :

**ENTREPRISE**

Responsable :

Adresse :

Tél. :

Fax :

**DATE De nettoyage** (jj/mm/aa)Matin ☐Après-midi ☐**DONNEES CLIMATIQUES**Ciel bleu ☐Ensoleillé ☐Nuageux ☐Ombragé ☐Pluie ☐

Autre (préciser) :

Température de l'air (°C) :

Humidité relative de l'air (%) :

Température du support (°C) :

**CARACTERISATION DE LA ZONE TRAITEE**

Clichés photographiques avant/après traitement :

Oui ☐Non ☐

Fourniture d'un schéma :

Oui ☐Non ☐

Surface traitée (m²) :

Orientation de la zone traitée :

Nord ☐Est ☐Ouest ☐Sud ☐

Etat du support

Sain ☐Altéré ☐Sec ☐Humide ☐

Préparation du support :

Autre (préciser) :

**OBSERVATION ET SUIVI**

Y a-t-il eu une évaluation de l'efficacité du nettoyage ?

Oui ☐Non ☐

Si oui, référence du rapport :

Divers (préciser) :

Certifié exact, le (date)

Signature et cachet de l'entreprise



## **LIVRE III - MODE DE METRE**



## **CHAPITRE 1 – INSTALLATIONS COMMUNES DE CHANTIER ET ECHAFAUDAGES**

(lorsqu'ils font l'objet de prix particuliers)

- à prix forfaitaire par prestation d'ouvrage, en faisant apparaître les valeurs de chaque prestation dans le cadre du bordereau de prix unitaires, détail estimatif (BPU - DE) ou de la décomposition du prix forfaitaire

## **CHAPITRE 2 – CINTRAGES**

**2.1** - de remplissage de voûte :

. au mètre superficiel développé de voûte (les étaitements comptés à part)

**2.2** - d'arc de baie ou plate-bande :

. au mètre superficiel développé de la voussure et des piédroits

## **CHAPITRE 3 – DEPOSE DE LA PIERRE**

**3.1** - en démolition :

**3.2** - en conservation :

. au mètre cube mesuré à l'équarrissement suivant le plus petit parallélépipède rectangle circonscrit

**3.3** - par abattage ou recoupement (action de dégrossir, d'enlever sur une face un excédent de pierre) :

. au mètre cube réel

**3.4** - par évidement (action d'enlever la pierre entre deux ou trois faces conservées pour laisser un vide) :

. au mètre cube réel

**3.5** - par refouillement (action d'enlever la pierre entre quatre ou cinq faces conservées) :

. au mètre cube réel

## CHAPITRE 4 – FOURNITURE DE PIERRE NEUVE

### 4.1 - Observation :

Pour chaque opération, l'architecte détermine les ouvrages réglés sur les bases du chapitre " Pierre de taille " et ceux qui relèvent du chapitre " Maçonnerie en moellon ".

D'une façon générale, sont appelés pierre de taille les morceaux dressés sur toutes leurs faces à l'équerre et débités aux dimensions d'un calepin d'appareil pour s'insérer dans une stéréotomie.

### 4.2 - Sont décomptés au mètre cube :

1) les ouvrages de toute nature en pierre ayant plus de 10 cm d'épaisseur ou de hauteur (*n'entrant pas dans les ouvrages en moellon du chapitre Maçonnerie à supprimer*).

2) Les parties, même de moins de 10 cm d'épaisseur ou de hauteur pour reprise partielle d'une assise existante (exemple : partie supérieure d'un bandeau repris sur 8 cm de hauteur avec création d'un nouveau lit de pose pour éviter de changer l'assise sur la totalité de la hauteur).

### 4.3 - Fourniture de pierre neuve :

au mètre cube mesuré à l'équarrissement suivant le plus petit parallélépipède rectangle circonscrit, les mesures prises sur l'ouvrage après taille définitive (non comprise l'épaisseur des joints verticaux et (ou) horizontaux pour les pierres en continuité ou superposées).

La restauration des monuments historiques devant toujours se faire en respectant l'appareil de l'édifice dans sa forme et ses particularités, les prix du bordereau doivent tenir compte des sujétions pour règlement en longueur ou en hauteur, à l'exception de la fourniture des blocs de dimensions spéciales faisant l'objet de prix spécifiques au " bordereau de prix - détail estimatif ".

## CHAPITRE 5 – TAILLE DE PIERRE GENERALITES

Sont décomptés à l'unité ou au mètre linéaire, les éléments d'ouvrage taillés mécaniquement, répétitifs ou tournés, lorsqu'il ne font pas l'objet d'un prix forfaitaire comprenant la fourniture, la taille, la pose et la façon des joints.

### 5.1 - Les travaux de taille de pierre sont payés au prix du mètre superficiel :

- de taille de parement uni ..... (TPU)

- de taille de parement mouluré..... (TPM)

### 5.2 - Les prix de taille de parement uni et de taille de parement mouluré portés par l'entreprise dans le bordereau de prix unitaire doivent tenir compte :

- de la nature de la pierre

- de ses difficultés de taille

- des stipulations portées au CCTP quant aux conditions de tailles (aspect à obtenir, outils prohibés et ceux recommandés, lieux de taille, etc...)

## Observation :

La surface de taille n'est donc pas à multiplier par le coefficient de difficulté de la pierre, les prix de taille de parement uni (TPU) et de parement mouluré (TPM) devant tenir compte de la nature de la pierre.

- 5.3** - Les surfaces de taille du parement sont l'addition des produits des quantités des différents ouvrages calculés suivant les modes de mètre ci-dessous par les évaluations de taille données ci-après.
- 5.4** - L'indication de l'unité de taille (TPU ou TPM.) est indiquée en regard de chaque évaluation. Le bordereau de prix donne les différentes valeurs des unités de taille en fonction des éléments influençant les prix portés à l'article 5.2. ci-avant.
- 5.5** - Les évaluations et les modes de mètre sont applicables indistinctement aux pierres neuves fournies ou aux pierres vieilles non fournies. Les tailles pour réfection des parements sur pierres vieilles font l'objet de prix au mètre superficiel.
- 5.6** - Il n'est accordé que les tailles des parements *vus et ceux recouverts de métal* et des moulures ainsi que les tailles préparatoires ou complémentaires définies dans le présent chapitre.
- 5.7** - Dans le calcul des surfaces :
- les faces des parements de moins de 0,075 m de largeur sont comptées pour 0,075 m
  - les longueurs continues ou isolées de moins de 0,075 m sont comptées pour 0,075 m

## CHAPITRE 6 – TAILLES DE PIERRES NEUVES PROVENANT DU DEBIT DES BLOCS

### 6.1 - Taille des parement unis

- 6.11** - taille des parements unis pour travaux comprenant ébauches, sciages perdus, façon des parements exécutée comme prévu au CCTP ..... TPU.....1.00
- le mètre superficiel
- 6.12** -taille des parements destinés à être recouverts (par bandes métalliques ou autres) lorsqu'ils ne sont pas obtenus par face de sciage ..... TPU.....0,50
- le mètre superficiel

Majorations applicables aux parements :

- 6.13** -à simple courbure convexe ou concave..... 33%
- 6.14** -à double courbure convexe ou concave ..... 66%
- 6.15** - pour galbe de colonne ..... 50%
- 6.16** -pour taille en talus (lorsque le tracé du talus ne peut être obtenu sur lits ou sur joints - cas d'un évidement) ..... 10%
- 6.17** -Dans le cas de simple abattage, la majoration de talus n'est pas applicable :

### 6.2 - Taille des parements premiers et épannelages complémentaires :

**6.21** -pour tous tracés des évidements ou des ajours, pour chaque face vue suivant côte d'équarrissement

- le mètre superficiel

Cette taille est accordée :..... TPU..... 0.50

**6.22** -pour les réseaux, fenestragés, gâbles ajourés, balustrades ajourées (sans balustre rapporté), arcatures aveugles.

**6.23** -pour les ouvrages comportant des crochets saillants comportant sculpture (arêtières de flèches, de gâbles, de pyramidions, de pinacles, etc...).

**6.24** -pour les fleurons, gargouilles et tous ouvrages comportant mouluration et/ou sculpture (dais, chapiteaux, claveaux, clés d'arc ou d'archivolte).

**6.25** -pour les morceaux comportant plusieurs départs d'arcs ou de nervures.

**6.26** -pour tous ouvrages nécessitant l'exécution de parements premiers.

**6.27** - Lorsqu'un morceau comporte des profils dont la forme linéaire ne suit pas la moulure d'enveloppe et que La partie comportant ces profils est à plus de 8 cm du nu initial, la valeur du parement premier est portée sur l'ensemble de la face intéressée du morceau de 0,50 à ..... TPU ..... 1.00

**6.28** - La taille des parements premiers n'est jamais accordée sur lits ou sur joints.

**6.3** - Découpage des ajours

**6.31** -Pour les morceaux de réseaux ou de fenestragés, etc... comportant des ajours et après allocation des parements premiers définis ci-avant payés une seule fois pour chaque face, il est alloué pour découpage des ajours

- le mètre superficiel ..... TPU ..... 0.50

**6.32** - La surface du découpage des ajours est l'addition des produits des linéaires des parties découpées (sauf les parties droites ou circulaires formant joints) sans rien ajouter pour les angles rentrants ou saillants affectés de la majoration de 33 % sur le linéaire des parties circulaires par l'épaisseur des morceaux.

**6.4** - Parement d'approche pour sculpture

**6.41** -Ebauche d'approche pour sculpture, exécutée par l'entrepreneur de taille de pierre, en plus des parements premiers, compris tous abattements, évidements, recoupements ou refouillements ..... TPU ..... 0.50

- le mètre superficiel

**6.42** -La taille des parements premiers et des épannelages pour approche de sculpture n'est payée que si elle est explicitement précisée dans le marché de pierre de taille. Dans le cas contraire, elle est considérée incluse dans le prix de sculpture.

**6.5** - Taille de parement mouluré

**6.51** -Taille de parement des moulures comprenant la valeur de toutes les ébauches, les tailles d'approche, les épannelages quels qu'ils soient, le dégagement et la taille des mouluresTPM. 1.00

- le mètre superficiel

**6.52** -Mode de mesurage des moulures

**1) Longueurs**

**6.5201** - Les moulures sont mesurées suivant leurs longueurs réelles prises au milieu de la saillie, ou au milieu des corps, s'il y a lieu de décomposer le profil.

Majorations applicables aux longueurs :

<b>6.5202</b> - sur les parties circulaires à simple courbure .....	33%
<b>6.5203</b> - sur les parties circulaires à double courbures .....	66 %

Aux longueurs ainsi calculées, il est ajouté pour angles, amortissements et jouées :

**a) formés par la rencontre des parties rectilignes**

<b>6.5204</b> - angle saillant .....	0.10 m
<b>6.5205</b> - angle rentrant .....	0.15 m
<b>6.5206</b> - (angle rentrant remplacé par) <i>amortissement</i> .....	0.05 m
<b>6.5207</b> - jouée profilée .....	0.05 m

**b) formés par la rencontre des parties rectilignes avec des parties curvilignes, ou de parties curvilignes entre elles**

<b>6.5208</b> - angle saillant .....	0.15 m
<b>6.5209</b> - angle rentrant .....	0.225 m
<b>6.5210</b> - (angle rentrant remplacé par) <i>amortissement</i> .....	0.075 m
<b>6.5211</b> - jouée profilée .....	0.075 m

**6.5212** - Les longueurs accordées pour angles, amortissements ou jouées ne bénéficient jamais des majorations pour parties circulaires.

## 2) Profils

Les différents corps composant un profil sont évalués comme suit :

**a) Corps à faces plates**, tels que filets, listels, tables, bandes, etc...

<b>6.5213</b> - chaque face plane jusqu'à 0.075 m est comptée pour 0.075 m .....	TPM
<b>6.5214</b> - celle développant plus de 0.075 m est comptée pour sa largeur réelle (ex : 0.10 m comptant 0.10 m)	
<b>6.5215</b> - Les pentes et listels ne comportant pas de refouillement dans les épannelages ne sont jamais considérés comme moulures.	

**6.5216** - Les chanfreins et refends non moulurés ne sont jamais considérés comme moulures

**b) Corps courbes**, tels que talons, baguettes, doucines, congès, quarts de rond, scoties, etc...

<b>6.5217</b> - chaque corps de moulure courbe jusqu'à 0.10m de développement est compté pour 0.15 m .....	TPM
<b>6.5218</b> - chaque corps de moulure développant plus de 0.10 m et jusqu'à 0.30 m est compté pour son développement réel augmenté de 50% (coef. 1.50) .....	TPM
<b>6.5219</b> - Les corps de moulure à profils sinueux composés de courbes et de contre-courbes sont payés pour leur développement réel, augmenté de 50%, sans déduction pour absence d'arêtes (coef. 1.50) .....	TPM
<b>6.5220</b> - chaque corps de moulure développant plus de 0.30 m et jusqu'à 0.45 m convexe, concave ou sinueux, est compté comme moulure pour son développement réel, augmenté de 33% (coef. 1.33) .....	TPM
<b>6.5221</b> - Au delà de 0.45 m, tous les profils courbes sont considérés comme parements unis et payés comme tels .....	TPU
<b>6.5222</b> - Les colonnettes isolées non tournées mécaniquement et les colonnettes engagées ne dépassant pas 0.20 m de diamètre sont considérées comme moulures. ....	TPM

- 6.5223** - Les corps mixtes composés d'un corps courbe continué, sans interposition d'arête, par un corps à face plate sont comptés pour un corps courbe, et un corps à face plate, payés comme ci-dessus, mais avec déduction de 0.05 m dans le profil pour absence d'arête. .... TPM
- 6.5224** - Le même principe est appliqué s'il y a deux corps courbes et une face plate ou deux faces plates et un corps courbe. .... TPM
- 6.6** - Evaluations au mètre linéaire  
- chanfrein, entaille, feuillure, tranchée, en taille parfaitement dressée
- 6.61** - chaque face plane jusqu'à 0.075 m de largeur est comptée pour 0.055 m .....TPU
- 6.62** - chaque face plane de largeur supérieure à 0.075 m est comptée pour 75/100<sup>e</sup> de sa largeur réelle .....TPU
- 6.63** -En taille brute, les évaluations ci-dessus subissent une réduction de 25% (coefficient 0.75) .....TPU
- 6.7** - Evaluations à la pièce (pour ouvrages non prévus au CCTP)  
- Trous à faces non parementées à la mèche jusqu'à 30 mm de diamètre .....TPU
- 6.71** - jusqu'à 50 mm de profondeur : à la pièce ..... TPU.....0.015
- 6.72** -au delà de 50 mm de profondeur jusqu'à 200 mm de profondeur :  
- 5% de l'évaluation ci-dessus par 10 mm de profondeur ou fraction de 10mm au delà de 50 mm
- 6.73** -au delà de 200 mm de profondeur : réglés aux prix unitaires portés au bordereau selon les profondeurs  
- Trous à faces non (paremoulées remplacer par) *parementées*
- 6.74** - jusqu'à 0.60 m à l'équerre ou 0.30 m de diamètre à la pièce, par cm de profondeur ..... TPU .....0.005
- 6.75** - au delà de 0.60 m de développement à l'équerre et de 0.30 m de diamètre compté comme refouillement au m<sup>3</sup>
- 6.8** - Élément d'ouvrages taillés mécaniquement  
Les éléments d'ouvrages taillés mécaniquement, répétitifs ou tournés, font l'objet de prix unitaires de taille portés au bordereau. Ces ouvrages ne sont jamais détaillés comme moulures

## CHAPITRE 7 – CROQUIS EXPLICATIFS

### 7.1 – Croquis 1

### 7.2 – Croquis 2



## CHAPITRE 8 – POSE DE PIERRES NEUVES OU VIEILLES

### 8.1 - Pose de pierre unie, moulurée et/ou sculptée :

au mètre cube mesuré à l'équarrissement suivant le plus petit parallélépipède rectangle circonscrit, les mesures prises sur l'ouvrage après tailles définitives (non compris l'épaisseur des joints verticaux et/ou horizontaux pour les pierres en continuité ou superposées)

### 8.2 - Les prix de pose par incrustement s'appliquent au cube total de la pierre quand bien même cette pierre ne serait que partiellement incrustée dans le mur existant. Les reprises sont considérées comme en incrustement lorsqu'elles sont exécutées au fur et à mesure des évidements et refouillement assise par assise

### 8.3 - Eléments d'ouvrages taillés mécaniquement, répétitifs ou tournés

. à l'unité ou au mètre linéaire suivant la nature de l'ouvrage

## CHAPITRE 9 – BOUCHONS EN PIERRE NEUVE

Bouchons en pierre neuve, compris toutes prestations du CCTP

. à l'unité jusqu'à 0.20 m à l'équerre et 0.20 m de profondeur,

. et de 0.21 m à 0.40 m à l'équerre et 0.20 m de profondeur

Au delà de ces dimensions, les bouchons sont comptés comme pierre neuve au m3 en bloc

## CHAPITRE 10 – FAÇONS SUR PIERRES VIEILLES NON FOURNIES

### 10.1 -Récupération de pierre :

. au mètre cube de pierre réemployée mesuré à l'équarrissement suivant le plus petit parallélépipède rectangle circonscrit

### 10.2 -Retouche des arêtes :

. au mètre superficiel d'arête retouchée

### 10.3 -Retaille de lits - de joints :

. au mètre superficiel

### 10.4 -Réfection des parements unis :

. au mètre superficiel réel

### 10.5 -Réfection des parements moulurés :

. au mètre superficiel calculé comme suit : produit de la longueur (même mode de mètre que celui donné à l'article " Taille de parement mouluré - Mode de mesurage des moulures ") par le profil (développé réel en oeuvre)

**10.6 – Tailles sur pierre vieille :**

La taille sur pierre vieille exécutée au sol (à l'exclusion des tailles pour réfection des parements unis ou moulurés faisant l'objet des articles 10.4 et 10.5) est réglée aux prix des unités de taille et avec les mêmes évaluations et modes de mètre que ceux de la taille de pierre neuve en blocs

La taille au mètre linéaire et à la pièce exécutée sur pierre en oeuvre est réglée aux prix d'unités de taille de pierre vieille unie (TPVU) et avec les mêmes évaluations et modes de mètre que ceux donnés aux articles 6.6. et 6.7 du présent document

**CHAPITRE 11 – JOINTOIEMENT - REJOINTOIEMENT**

- Jointoiement partiel ou en recherche :

Jointoiement - rejointoiement, tenant compte des caractéristiques des joints à réaliser :

- . parement uni : au mètre linéaire
- . parement mouluré : au mètre linéaire développé

- Jointoiement d'ensemble :

- . parement uni : au mètre superficiel
- . parement mouluré : au mètre superficiel

**CHAPITRE 12 – RAGREAGE AU MORTIER**

(y compris armatures éventuelles)

**12.1** -Raccords jusqu'à 0,50 ml à l'équerre pour restauration d'éléments en pierre de taille comprenant les prestations prévues au CCTP :

- A l'unité pour raccords unis (plans, à simple ou double courbure) en fonction des dimensions à l'équerre du raccord (jusqu'à 0.10 - de 0.11 à 0.20 - de 0.21 à 0.50 ml)

Majorations pour raccords unis sur angle saillant comportant une arête :

25% du prix unitaire du raccord uni

Les dimensions à l'équerre de ces raccords sont développées y compris les retours

- A l'unité pour raccords moulurés, (plans, à simple ou double courbure) en fonction des dimensions à l'équerre du raccord (jusqu'à 0.10 - de 0.11 à 0.20 - de 0.21 à 0.50 ml), la dimensions de la moulure pour l'équerrage calculée au développé réel :

Majorations pour raccords unis sur angle saillant comportant une arête :

25% du prix unitaire du raccord mouluré

Les dimensions à l'équerre de ces raccords sont développées y compris les retours

**12.2** -Les raccords de plus de 0.50 ml à l'équerre (calculés comme indiqué ci-dessus) comptés au mètre superficiel, le prix incluant toutes les prestations prévues au CCTP

**12.3** -Pour les raccords moulurés de plus de 0,50 ml à l'équerre, la surface de moulure est calculée comme suit :

. au mètre superficiel développé, égal au produit du développé à la longueur réelle de la moulure par la longueur théorique calculée comme suit :

longueur calculée dans l'axe majorée de :

0,20 ml pour angle saillant ou rentrant

0,35 ml pour angle formé par la rencontre d'une partie droite et d'une partie courbe

0,45 ml pour la rencontre de 2 parties courbes

Les amortissements, jouées unies avec arêtes profilées et les coupes au riflard ne font pas l'objet de majoration.

Les linéaires des parties courbes en plan ou en élévation sont majorés de 33%.

Les majorations pour parties courbes ne s'appliquent pas aux majorations pour angles.

Le prix unitaire des moulures en plafond, porté au prix de bordereau ne s'applique que sur les moulures détachées dont le profil est entièrement exécuté en plafond, excluant ainsi les moulures exécutés à la rencontre d'un mur et d'un plafond.

**12.4** -Les joints dans les raccords sont comptés comme rejointoiement sur pierres vieilles

## **CHAPITRE 13 – GOUJONS ET AGRAFES**

. à l'unité, comprenant percement (s), fourniture, façons, pose et scellement (s)

## **CHAPITRE 14 – COLLAGE AUX RESINES**

. au décimètre carré collé en plan

## **CHAPITRE 15 – HYDROFUGATION - PATINE - BROSSAGE - TRAITEMENT**

### **FONGICIDE - DEBADIGEONNAGE - BADIGEON**

. au mètre superficiel, les moulures développées à la longueur réelle

## **CHAPITRE 16 – DEPOSE DE DALLES DE PIERRE (EN DEMOLITION OU EN CONSERVATION)**

- . au mètre superficiel pour les revêtements horizontaux
- . au mètre linéaire pour les plinthes

## **CHAPITRE 17 – DALLES DE PIERRE NEUVE POUR REVETEMENTS HORIZONTAUX**

### **17.1 - Définition des pierres comptées au m<sup>2</sup>**

Seuls sont comptés comme dalles au m<sup>2</sup>, les dallages, seuils et tous éléments horizontaux jusqu'à 10 cm ép. inclus à l'exception de deux visés à l'article ci-avant 4.2.2.

Au delà de cette épaisseur, les ouvrages sont comptés au m<sup>3</sup>.

### **17.2 -Fourniture des dalles**

- . au mètre superficiel posé

### **17.3 -Pose de dalles**

- . au mètre superficiel posé

### **17.4 -Incorporation d'éléments décoratifs dans ou entre les dalles :**

- . à l'unité ou au mètre linéaire, suivant nature de l'élément

### **17.5 -Taille complémentaire sur dalles**

comptée en taille de pierre (TPU et TPM) suivant les mêmes évaluations modes de mètre que ceux donnés à l'article " Taille de pierres neuves provenant du débit des blocs "

## **CHAPITRE 18 – DALLES DE PIERRE NEUVE POUR PLINTHE**

Fourniture et pose de plinthe

- . au mètre linéaire

## **CHAPITRE 19 – RECUPERATION DE DALLES EN PIERRE VIEILLE**

- . au mètre superficiel de dalles récupérées.

## **CHAPITRE 20 – REFAÇONNAGE DE DALLES EN PIERRE VIEILLE**

. au mètre superficiel de dalles refaçonnées

## **CHAPITRE 21 – REFAÇONNAGE POSE DE DALLES EN PIERRE VIEILLE**

. au mètre superficiel posé

## **CHAPITRE 22 – REFAÇONNAGE DEPOSE DE MARCHE ET CONTREMARCHE EN PIERRE**

En démolition ou en conservation

. au mètre linéaire ou à l'unité

## **CHAPITRE 23 – REFAÇONNAGE EN PIERRE NEUVE**

Fourniture et pose de marches et contremarches

. au mètre linéaire ou à l'unité

## **CHAPITRE 24 – EVACUATION DES GRAVOIS AUX DECHARGES**

**24.1** -Pour les gravois provenant des démolitions du chantier :

. au mètre cube calculé à partir des dimensions géométriques des ouvrages démolis sans aucune majoration pour foisonnement ou autres

**24.2** -Pour les gravois stockés sur le chantier provenant de démolitions antérieures :

. au mètre cube emmétré

*24.2.1 - Gravois de maçonnerie*

*24.2.2 - Gravois autres que maçonnerie nécessitant un traitement spécifique*

**Nota**

Les dispositions générales du CCTP précisent les ouvrages dont les prix unitaires incluent la valeur d'enlèvement des gravois aux décharges

Sauf dérogation, tous les prix unitaires d'ouvrages incluent les manutentions des gravois depuis les lieux de production jusqu'aux engins de transport (conteneurs, camions, etc...)

<b>CHAPITRE 25 – FRAIS DE CONTROLE</b>
--

A forfait, par type de contrôle prescrit au CCTP.

**LIVRE IV - BORDEREAU DE PRIX  
UNITAIRE - DETAIL ESTIMATIF**





### **Principe d'établissement des prix**

D'une manière générale, tout marché à prix unitaires ou à prix global et forfaitaire comprend (cf. art. 3.11 du CCAG) :

- un bordereau de prix unitaires (voir définition des termes dans le répertoire des principaux termes en usage dans le domaine des marchés publics. Liste éditée par le Secrétariat général de la Commission centrale des marchés),
- un cadre de prix global et forfaitaire,
- un détail estimatif.

Les montants des travaux seront décomposés en autant de prix unitaires que nécessaire, pour tenir compte de la nature et des sujétions particulières des différents ouvrages et permettre une facturation précise et détaillée tenant compte de la spécificité de chacune de leurs parties.

La colonne de gauche “ références CCTP ” indique l'article du CCTP auquel se référer pour avoir une description complète de la prestation à réaliser. Dans le BPU, l'ouvrage pourra ainsi être résumé à sa désignation essentielle.

### **Contenu des prix**

*Cet article est à adapter dans le cas où il n'est prévu qu'un seul corps d'état pour l'opération.*

Les prix portés au bordereau de prix unitaires - détail estimatif comprennent les frais découlant :

- des prescriptions mises à la charge de l'entreprise par le CCAP,
- des prescriptions énumérées dans les dispositions générales et particulières de chaque article du CCTP,
- des difficultés résultant du lieu géographique du chantier, d'accès au chantier et de la localisation des travaux dans l'édifice.

Les échafaudages, planchers, platelages et matériel de levage et leurs supports nécessaires à la mise en œuvre des ouvrages devront être détaillés dans tous les cas. Lorsque l'importance de ces installations le justifieront, ils feront l'objet d'un lot séparé. Par ailleurs, ces prestations seront établies en concertation avec le coordinateur santé-sécurité-protection de la santé compétent.

Il en sera de même des installations communes de chantier, des protections légères nécessaires à la réalisation de l'ouvrage nécessitant ou non un remaniage journalier, des moyens individuels destinés à assurer la sécurité des travailleurs, des sujétions liées à l'exploitation de l'édifice, énumérées à l'article du CCTP "Sujétions liées à l'exploitation de l'édifice".

Toutes les installations devront être établies conformément aux règlements nationaux et locaux, aux dispositions prescrites par l'inspection du travail, de manière à prévenir tous accidents vis à vis des ouvriers, des tiers et des existants.



N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
01	1.2	<p><b>1 – <u>INSTALLATIONS COMMUNES DE CHANTIER</u></b></p> <p><i>L'architecte détaillera dans cette rubrique les installations communes décrites au CCTP à la charge du présent lot.</i></p> <p><i>Doivent faire l'objet de prix spécifiques, les installations dont la valeur est telle qu'elle ne puisse être raisonnablement intégrée dans les prix unitaires des ouvrages énumérés ci-dessous, telles que :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les échafaudages de desserte et de travail,</li> <li>- les protections lourdes,</li> <li>- les clôtures éventuellement</li> <li>- la base vie</li> <li>- le panneau de chantier</li> </ul> <p><i>La valeur de ces ouvrages doit être décomposée de manière à faire apparaître les valeurs suivantes :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pose, dépose et double transport,</li> <li>- dépose, transport du nouvel emplacement et repose,</li> <li>- location pour la durée fixée au CCTP.</li> </ul> <p><i>Les autres installations à la charge du présent lot et dont la valeur n'est pas reprise au titre d'articles spécifiques sont donc incluses, conformément aux stipulations de la page précédente, dans les prix unitaires du présent document.</i></p> <p><i>Dans le cas où il n'est prévu qu'un seul corps d'état, la désignation "Installations communes de chantier" doit être remplacée par "Installations particulières de chantier".</i></p>	forfait			

N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
------------	-------------	--------------------------	---	-----	------	---------

2	2.3	<p><b><u>ECHAFAUDAGES</u></b></p> <p><i>Il s'agit des échafaudages mis à la charge du présent lot au titre de l'article " Echafaudage " du chapitre 2 du CCTP. Dans tous les cas, les échafaudages seront détaillés.</i></p> <p><i>Créer un prix spécifique par type d'ouvrage et détailler comme les ouvrages d'installations communes.</i></p> <p><i>dû selon CCTP Art. 301 page 11</i></p>	forfait			
3	3.1	<p><b><u>CINTRAGES</u></b> (à l'exclusion des formes de cintre et de leurs couchis, des étalements nécessitant une étude particulière et des échafaudages porteurs des cintrages).</p> <p>3.1.1 – Cintrage de remplissage de voûtes</p> <p>    a) à simple courbure</p> <p>    b) à double courbure ou hémisphérique</p> <p>    c) ellipsoïdale</p> <p>3.1.2 – Cintrage d'arcs de baies</p> <p>3.1.3 – Cintrage de plates-bandes</p> <p>Ajouter aux cintrages</p> <p>    a) le cube de bois        }</p> <p>        b) le ml de tube        } vus au m2</p> <p>        c) le cube de parpaing }</p>	<p>m<sup>2</sup></p> <p>m<sup>2</sup></p> <p>m<sup>2</sup></p> <p>m<sup>2</sup></p> <p>m<sup>2</sup></p>			



N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
5	3.3 3.3.1	<p><b>OUVRAGES EN PIERRE NEUVE</b>  <b><u>FOURNITURE ET DEBIT DE PIERRE NEUVE EN BLOC</u></b></p> <p><i>Si les dimensions des assises d'une même rubrique sont très différentes ou si les dimensions des pierres ne correspondent pas aux dimensions courantes des bancs de la carrière retenue, il convient de créer plusieurs articles en indiquant les fourchettes dimensionnelles des pierres.</i></p> <p>a) Pour ouvrages courants *</p> <p>b) Pour ouvrages spéciaux*</p> <p>1 . Caractéristiques dimensionnelles particulières</p> <p>2 . Voûtes en berceau, arcs simples, plate bandes, voûtes d'ogives, échiffres de perrons, marches d'escalier à vis portant noyau</p> <p>3 . Arcs extradossés et murs circulaires en plan*</p> <p>4 . Arêtières de voûtes d'arêtes et arcs de cloître et tous voussoirs dont l'intrados est à double courbure*</p>	<p>m<sup>3</sup></p> <p>m<sup>3</sup></p> <p>m<sup>3</sup></p> <p>m<sup>3</sup></p> <p>m<sup>3</sup></p>			
6	3.3.2	<p><b><u>TAILLE DE PIERRE NEUVE PROVENANT DU DEBIT DES BLOCS</u></b></p> <p><i>Il est à créer autant d'articles qu'il y a de tailles différentes (nature de la pierre, aspect de la taille, outils utilisés, conditions de taille).</i></p> <p>Taille d'épannelages</p> <p>Taille des parements unis*</p> <p>Taille des parements moulurés*</p> <p>Trous au delà de 200 mm de profondeur - profondeur de ...*</p> <p>Tranches jusqu'à 5/5, jusqu'à 10/10</p>	<p>UTPU</p> <p>UTPM</p> <p>U</p>			

N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
7	3.3.3	<p><b><u>POSE DE PIERRE NEUVE EN BLOC</u></b></p> <p>a) Sans embarras d'étais</p> <p>a.1) Pierres unies</p> <p><i>Si les dimensions des assises d'une même rubrique sont très différentes, il convient de créer plusieurs articles en indiquant les fourchettes dimensionnelles des pierres</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en condition normale ou sans incrustement* m<sup>3</sup></li> <li>- en reprise par incrustement dans anciennes m<sup>3</sup></li> <li>maçonneries* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux isolés*</li> <li>- par incrustement de morceaux contigus*</li> </ul> <p>a.2) Pierre moulurées ou sculptées</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en condition normale ou sans incrustement* m<sup>3</sup></li> <li>- en reprise par incrustement dans anciennes m<sup>3</sup></li> <li>maçonneries* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux isolés* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux contigus*</li> </ul> <p>b) Dans l'embarras d'étais</p> <p>b.1) Pierre unies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en condition normale ou sans incrustement* m<sup>3</sup></li> <li>- en reprise par incrustement dans anciennes m<sup>3</sup></li> <li>maçonneries* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux isolés*</li> <li>- par incrustement de morceaux contigus</li> </ul> <p>b.2) Pierre moulurées ou sculptées</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en condition normale ou sans incrustement* m<sup>3</sup></li> <li>- en reprise par incrustement dans anciennes m<sup>3</sup></li> <li>maçonneries* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux isolés*</li> <li>- par incrustement de morceaux contigus*</li> </ul>				

N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
8	3.4.7	<p><b><u>POSE DE PIERRE VIEILLE EN BLOCS</u></b></p> <p>a) Sans embarras d'étais</p> <p>a.1) Pierres unies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en condition normale ou sans incrustement* m<sup>3</sup></li> <li>- en reprise par incrustement dans anciennes maçonneries* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux isolés* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux contigus* m<sup>3</sup></li> </ul> <p>a.2) Pierres moulurées ou sculptées</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en condition normale ou sans incrustement* m<sup>3</sup></li> <li>- en reprise par incrustement dans anciennes maçonneries* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux isolés* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux contigus* m<sup>3</sup></li> </ul> <p>b) Dans l'embarras d'étais</p> <p>b.1) Pierres unies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en condition normale ou sans incrustement* m<sup>3</sup></li> <li>- en reprise par incrustement dans anciennes maçonneries* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux isolés* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux contigus* m<sup>3</sup></li> </ul> <p>b.2) Pierres moulurées ou sculptées</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en condition normale ou sans incrustement* m<sup>3</sup></li> <li>- en reprise par incrustement dans anciennes maçonneries* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux isolés* m<sup>3</sup></li> <li>- par incrustement de morceaux contigus* m<sup>3</sup></li> </ul>				





N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
12	3.4.8	3.4.3 – Retaille des lits et des joints sur pierres vieilles* 3.4.4 – Réfection des parements unis sur pierres vieilles compris toutes prestations du CCTP* 3.4.4 – Réfection des parements moulurés sur pierres vieilles compris toutes prestations du CCTP* 3.4.5 - Taille au sol de pierres vieilles <i>Il est à créer autant d'articles qu'il y a de tailles différentes (nature de la pierre, aspect de la taille, outils utilisés, conditions de taille).</i> - Taille de parements unis* - Taille de parements moulurés* - Trous au delà de 200 mm de profondeur profondeur de ...* <b>Nota</b> Les prix des unités de taille sur pierres vieilles doivent être les mêmes que ceux portés pour les unités de taille sur pierre neuves. 3.4.6 - Taille en oeuvre de pierres vieilles <i>Il est à créer autant d'articles qu'il y a de tailles différentes (nature de la pierre, aspect de la taille, outils utilisés, conditions de taille).</i> - Taille de parements unis* - Trous au delà de 200 mm de profondeur profondeur de ...*	m <sup>3</sup> ml m2 m2 m2 UTPU UTPM U			
		<b><u>REJOINTOIEMENT SUR PIERRES VIEILLES EN PLACE</u></b> <i>Le mode de métré indique les joints à compter au mètre superficiel et ceux à compter au mètre linéaire.</i> <i>Pour rejointoiement d'assises de hauteurs différentes, se reporter au mode de métré.</i>	UTPUV U			

N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
		<p><b>Jointes au mètre superficiel sur assises de 0,31 à 0,35 constituant le prix de base*</b></p> <p><b>3.4.8.1 - jusqu'à 50 mm de largeur mesurée à 1cm en retrait du nu extérieur des pierres et jusqu'à 50 mm de profondeur :</b></p> <p>en parties verticales et parties inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale</p> <p>sur parements unis sur parements moulurés</p> <p>en plafonds, voûtures et parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale, en intrados de voûte à simple ou double courbures</p> <p>sur parements unis sur parements moulurés</p> <p><b>3.4.8.2 - jusqu'à 50 mm de largeur mesurée à 1cm en retrait du nu extérieur des pierres et de plus de 50 mm de profondeur :</b></p> <p>en parties verticales et parties inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale</p> <p>sur parements unis sur parements moulurés</p> <p>en plafonds, voûtures et parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale, en intrados de voûte à simple ou double courbures</p> <p>sur parements unis sur parements moulurés</p> <p><b><u>Jointes au mètre linéaire</u></b></p> <p><i>Les jointes au mètre linéaire sont à détailler en suivant le même principe que les jointes au mètre superficiel donné ci-dessus.</i></p> <p>Interposition de cordon étanche dans les jointes.</p>	<p>m2 m2</p> <p>m2 m2</p> <p>m2 m2</p> <p>m2 m2</p> <p>m2 m2</p> <p>ml</p> <p>ml</p>			

N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
13	3.5.1	<p><b><u>RAGREAGE AU MORTIER</u></b></p> <p><i>Se reporter au mode de métré.</i></p> <p>Pour restauration d'éléments en pierre de taille :</p> <p><i>Pour les raccords avec arêtes, se reporter au mode de métré.</i></p> <p>3.5.1.1 - sur parties verticales et parties inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale</p> <p>. Raccords isolés sur parties unies (plans, à simple ou double courbures)</p> <p>jusqu'à 0,10 m à l'équerre de 0,11 à 0,20 m à l'équerre de 0,21 à 0,50 m à l'équerre</p> <p>. Raccords sur parties moulurées (plans à simple ou double courbures)</p> <p>jusqu'à 0,10 m à l'équerre de 0,11 à 0,20 m à l'équerre de 0,21 à 0,50 m à l'équerre</p> <p>. Raccords de plus de 0,50 m à l'équerre</p> <p>parties unies (plans, à simple ou double courbures) parties moulurées (plans, à simple ou double courbures)</p> <p>3.5.1.2 - sur plafonds, voussures, parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale et intrados de voûtes</p> <p>. Raccords sur parties unies (plans, à simple ou double courbures)</p> <p>jusqu'à 0,10 m à l'équerre de 0,11 à 0,20 m à l'équerre de 0,21 à 0,50 m à l'équerre</p>	<p>U U U</p> <p>U U U</p> <p>m2 m2</p> <p>U U U</p>			



N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
16	3.5.4	<b><u>COLLAGE AUX RESINES</u></b>  <i>A détailler suivant la nature des matériaux à coller.</i>  Collage de pierres aux résines.	dm2			
17	3.5.4	<b><u>COULIS ET INJECTIONS DE MORTIER</u></b>  Etude d'injectabilité Etude du ou des coulis en laboratoire Epreuve de convenance sur le chantier Coulis gravitaire Injections à la pompe manuelle ou mécanique Contrôle de l'injection	Forfait Forfait Forfait kg kg Forfait			
18	3.6	<b><u>TRAITEMENT DE SURFACE</u></b>				
	3.6.1	<b><u>PATINE</u></b>  - sur parties verticales et inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale * - sur plafonds, voussures et parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale*, sur intrados de voûte	m²			
	3.6.2	<b><u>BADIGEON AU LAIT DE CHAUX</u></b>  Badigeon au lait de chaux  - sur parties verticales et inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale *  - sur plafonds, voussures et parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale*, sur intrados de voûte	m²  m²			
	3.6.3	<b><u>TRAITEMENT BIOCIDÉ</u></b>  Fourniture du produit et application par tous procédés sur parements unis ou moulurés	m²			

N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
19	3.6.4	<b><u>HYDROFUGATION</u></b>  Traitement de la pierre à l'aide d'un produit hydrofuge sur parements unis ou moulurés	m <sup>2</sup>			
	3.6.5	<b><u>ANTIGRAFFITI</u></b> Antigraffiti préventif Fourniture et application du produit par tous procédés - sur parties verticales et inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale * - sur plafonds, voussures et parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale* et intrados de voûtes	M <sup>2</sup>  M2			
	3.6.6	<b><u>BIOMINERALISATION</u></b> <b>Biominéralisation en protection de surface</b>				
	3.6.6.1	Fourniture du produit et application par tous procédés  <b>Mortier biominéral</b>	m <sup>2</sup>			
	3.6.6.2	Préparation et application du mortier y compris ouvrages de finition	m <sup>2</sup>			
	3.6.7	<b><u>TRAITEMENTS CONSOLIDANTS</u></b> Fourniture du produit et application par tous procédés	m <sup>2</sup>			
	3.7 3.7.1	<b><u>DESSALEMENT</u></b> <b>ELIMINATION MECANIQUE A SEC</b> Brossage à sec à la brosse douce - sur parties verticales et inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale * - sur plafonds, voussures et parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale* et intrados de voûtes	m <sup>2</sup>			

224



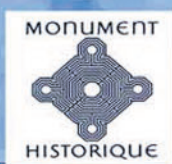
N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
	<b>3.8.5</b>	<b>NETTOYAGE PAR HYDRO ABRASION</b>  Nettoyage de parements unis ou moulurés par hydro abrasion, y compris fourniture de poudres installation, manutentions et location de matériels	m <sup>2</sup>			
	<b>3.8.6</b>	<b>NETTOYAGE PAR ABRASION A SEC</b>  Nettoyage de parements unis ou moulurés par abrasion, y compris fourniture de poudres, installation, manutentions et location de matériels	m <sup>2</sup>			
	<b>3.8.7</b>	<b>NETTOYAGE PAR MICRO ABRASION</b>  Nettoyage de parements unis ou moulurés par micro abrasion, y compris fourniture de poudres, installation, manutentions et location de matériels	m <sup>2</sup>			
	<b>3.8.8</b>	<b>NETTOYAGE PAR APPLICATION DE COMPRESSES</b>				
	<b>3.8.8.1</b>	Nettoyage de parements unis ou moulurés par application de cataplasmes, (nature à préciser)	m <sup>2</sup>			
	<b>3.8.8.2</b>	Nettoyage de parements unis ou moulurés par application de gel pelable, (nature à préciser)	m <sup>2</sup>			
	<b>3.8.9</b>	<b>NETTOYAGE AU LASER</b> Comprenant l'apport et le montage des appareils, leur manipulation par du personnel qualifié, la location des appareils, la fourniture d'énergie, le repli et le retour, ainsi que les équipements de protection du personnel de chantier,				

N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- sur parties verticales et inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale *</li> <li>- sur plafonds, voussures et parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale*, sur intrados de voûte</li> <li>- espace de confinement étanche</li> </ul>	Dm² Dm² Forfait			
	3.8.10	<b>DEGRAFFITAGE</b> Antigraffiti curatif Fourniture et application du produit par tous procédés <ul style="list-style-type: none"> <li>- sur parties verticales et inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale *</li> <li>- sur plafonds, voussures et parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale* et intrados de voûtes</li> </ul>	m² m²			
	3.8.11	<b><u>DEBADIGEONNAGE</u></b> Débadigeonnage courant à l'éponge <ul style="list-style-type: none"> <li>- sur parties verticales et inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale surfaces unies* à la verticale *</li> <li>- sur plafonds, voussures et parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale* sur intrados de voûtes surfaces unies* surfaces moulurées*</li> <li>Débadigeonnage courant en plusieurs passes</li> <li>- sur parties verticales et inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale surfaces unies* surfaces moulurées</li> <li>- sur plafonds, voussures et parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale*, sur intrados de voûte surfaces unies* surfaces moulurées*</li> </ul>	m² m² m² M2 m² m²			
N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT

21	3.8.12	<b>DECAPAGE DE PEINTURES</b>  Décapage de peintures par procédé chimique (ou mécanique), y compris fourniture de décapant, rinçages, nettoyage final, protections du personnel et de l'environnement - sur parties verticales et inclinées jusqu'à 30° par rapport à la verticale surfaces unies* surfaces moulurées *  - sur plafonds, voussures et parties inclinées de plus de 30° par rapport à la verticale*, sur intrados de voûte surfaces unies* surfaces moulurées*	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>  m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>			
	3.9	<b>DALLAGES</b>  <b><u>DEPOSE DE DALLES EN PIERRE DE REVETEMENTS HORIZONTALS</u></b>				
	3.9.1	- en démolition avec conservation du support*	m2			
	3.9.2	- en conservation	m2			
	3.9.3	<b><u>DEPOSE DE PLINTHES EN PIERRE</u></b>  - en démolition* - en conservation*	ml ml			
	3.9.4	<b><u>DALLES DE PIERRE NEUVE POUR REVETEMENTS HORIZONTALS</u></b>				
	3.9.4	- Fourniture de dalles en pierre compris façon de parement en atelier *	m <sup>3</sup>			
	3.9.5	- Pose de dalles en pierre*	m <sup>2</sup>			
	3.9.6	- Fourniture et mise en place d'éléments décoratifs * (article à adapter suivant la nature des éléments décoratifs)	à préciser			
N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
	3.9.7	- Tailles complémentaires : <i>U ou ml suivant nature des éléments.</i>	U/ml			

		. taille des parements unis* . taille des parements moulurés*	UTP U			
			UTP M			
	<b>3.9.8</b>	<b><u>PIERRE NEUVE POUR PLINTHE</u></b>				
		- Fourniture et pose de plinthe en pierre neuve*	ml			
	<b>3.9.9</b>	<b><u>FACON SUR PIERRE VIEILLES NON FOURNIES</u></b>				
	<b>3.9.9</b>	- Récupération de dalles en pierre vieille*	m <sup>2</sup>			
	<b>3.9.10</b>	- Refaçonnage des dalles en pierre vieille*	m <sup>2</sup>			
	<b>3.9.11</b>	- Pose de dalles en pierre vieille*	m <sup>2</sup>			
<b>22</b>	<b>3.10</b>	<b>ESCALIER</b>				
	<b>3.10.1</b>	<b>DEPOSE DE MARCHES ET CONTREMARCHES</b>				
	<b>3.10.1</b>	- En démolition . en conservation des supports*	U/ml			
	<b>3.10.2</b>	- En conservation . éléments unis . éléments moulurés	U/ml U/ml			
N° d'ordre	Réf au CCTP	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QU.	P.U.	PRODUIT
	<b>3.10.3</b>	<b>MARCHES ET CONTREMARCHES EN PIERRE NEUVE</b>				

		- Marches Fourniture et pose	U/ml			
		- Contremarches Fourniture et pose	« U/ml			
<b>23</b>	<b>3.11</b>	<b>EVACUATION DES GRAVOIS AUX DECHARGES</b>				
		- Provenant des démolitions du chantier :				
		avec tri préalable	m <sup>3</sup>			
		sans tri préalable	m <sup>3</sup>			
		- provenant de démolitions antérieures :				
		avec tri préalable	m <sup>3</sup>			
		sans tri préalable	m <sup>3</sup>			
		<b><u>FRAIS DE CONTROLE</u></b>				
		Frais de contrôle prescrit au CCTP	Forfait			
		Total H.T.....				
		T.V.A. 19,6%.....				
		TOTAL T.T.C.....				



Sous-direction des monuments historiques  
Mission études et travaux