

## RENOVATION - NETTOYAGE ET ASSECHEMENT DES BATIMENTS ANCIENS

### AVANT-PROPOS

C'est en 1976 que le Centre Scientifique et Technique de la Construction entama un programme d'étude et de recherche expérimentale sur la « Rénovation des bâtiments » sous l'égide d'une Commission présidée par M. A. Vandekerckhove, entrepreneur général, et avec l'appui financier de l'IRSIA (Institut pour l'encouragement de la Recherche dans l'Industrie et l'Agriculture).

Cette recherche, qui concerne tous les bâtiments du patrimoine immobilier comporte les principaux thèmes suivants :

- les problèmes structurels : murs porteurs, planchers, charpentes, fondations;
- l'assèchement des murs ou la lutte contre l'humidité ascensionnelle;
- le ravalement ou plus précisément le nettoyage des façades et leur traitement : hydrofugation, durcissement;
- l'isolation thermique plus spécialement axée sur l'étude des menuiseries, leur étanchéité et la pose de vitrages rapportés;
- les aspects sociaux et économiques liés à la rénovation de l'habitat ancien.

Sont traités ci-après le nettoyage des façades, en particulier celles des monuments historiques, et l'assèchement des murs des bâtiments anciens.

### LE NETTOYAGE DES MONUMENTS HISTORIQUES

#### 1. Introduction

En Belgique comme dans la plupart des pays industrialisés, les façades des bâtiments ont beaucoup souffert sous l'action des agents de pollution; elles présentent souvent un aspect sale et diverses dégradations. Celles-ci atteignent surtout les pierres et les briques tendres.

Si on a été sensible à la laideur de nos bâtiments, on s'est sans doute réjoui des efforts consentis pour redonner à ces témoins du passé une nouvelle jeunesse; c'est l'ère de la rénovation qui comporte notamment le nettoyage et la réfection des façades.



Fig. 1. Façade en pierres blanches avant nettoyage.



Fig. 2. - Même façade que celle de la fig. 1 après nettoyage effectué par pulvérisation d'eau, suivie de retouches par grésage hydro-pneumatique.

Dans le cas de bâtiments récents, le nettoyage régulier peut se montrer efficace pour maintenir la pierre propre et en retarder l'altération (Fig. 1 et 2).

Lorsqu'il s'agit de bâtiments anciens, il faut en sauver les valeurs authentiques avec la plus grande rigueur.

Comme l'intervention vient généralement trop tard, il devient difficile d'adapter un traitement de conservation aux règles du respect de l'expression et de la signification historique, culturelle et architecturale du monument (Fig. 3). Le mal vient également de ce qu'on ne différencie pas les modifications des encrassements et que dans l'optique de la remise en état on ne respecte pas la patine.

Avant de nettoyer, il est donc nécessaire de connaître les différents états de surface que les matériaux peuvent acquérir avec le temps.

Si les mécanismes qui modifient l'aspect des monuments sont nombreux et complexes et si l'eau y joue un rôle prépondérant, l'homme n'a fait qu'ajouter à la nature, par la pollution, quelques éléments agressifs de plus et notamment des suies qui dans les villes et les sites industriels salissent nos édifices et en accélèrent la dégradation.

Fig. 3. - Eglise Saint-Nicolas à Enghien. Etat délabré: l'éclatement de la croûte gypseuse est suivie de l'érosion de la couche poudreuse dont la disparition ôte rapidement toute signification aux éléments architecturaux.



Quand on envisage le nettoyage d'une façade et surtout celles des bâtiments anciens, dont les matériaux présentent souvent des altérations plus ou moins grandes, on doit employer les méthodes de nettoyage compatibles avec le degré de salissement, l'état des matériaux et le but poursuivi.

## 2. Définition des états de surface

L'aspect des matériaux d'une façade exposée aux intempéries résulte de l'apport de matières étrangères et des modifications chimiques et physiques qui affectent leur surface. Il dépend de la nature des matériaux, de leur composition et de l'agressivité du milieu, des conditions climatiques, de l'orientation du bâtiment, etc.

Parmi les états de surface, on distingue les salissures, les efflorescences et les modifications de surface.

### 2.1. Salissures

Celles-ci sont de deux types :

- *encrassement* : dépôt superficiel de matière, plus ou moins important non pénétrant qui ne modifie pas le matériau proprement dit. Exemples : dépôt terreux, enfumage (dépôt de suie), dépôt ou croûte de gypse et de suie (Fig. 4).
- *souillure* : matière étrangère qui pénètre plus ou moins fortement dans le matériau en n'en modifiant que l'aspect. Exemples : tache d'huile, de goudron, de rouille, de carbonate ou de sulfate de cuivre, suie absorbée par un grès poreux (Fig. 5).

### 2.2. Efflorescences

Les efflorescences sont des formations salines apparaissant sur un matériau soumis aux intempéries (humidification suivie d'évaporation) avec ou sans altération du matériau (Fig. 6).

### 2.3. Modifications de surface

Parmi celles-ci, on mentionne :

- *la patine* : transformation de la surface du matériau produisant avec le temps un changement de teinte et/ou de texture n'entraînant pas la destruction du matériau (Fig. 7). Exemples : patine grise du petit granit, patine blanchâtre ou jaunâtre des pierres de Meuse et de Tournai, patine dorée du lédien;
- *le calcin* : croûte d'épaisseur diverse qui se forme sur les parements calcaires; il résulte d'une transformation du matériau en surface; sa composition chimique n'est pas précisée. Il se forme soit par décalcification avec augmentation en surface de la teneur en matières insolubles comme le fer, l'alumine, la silice, soit par calcification (calcin proprement dit) par l'apport de carbonate de calcium (assez rare) ou par sulfatation (formation de sulfate de calcium); dans ce dernier cas, on parlera de sulfon. Celui-ci est le plus fréquent dans les atmosphères urbaines et industrielles (Fig. 8);



Fig. 4. - Hôtel de Ville de Gand. Encrassement par les suies et par la fiente de pigeons. Par décomposition, les matières organiques provenant de la fiente peuvent altérer le calcaire sous-jacent.

Fig. 5. - Illustration de la souillure par absorption des suies sans formation de dépôt; il s'agit d'un grès blanc, le grès de Herzogenrath de la colonne du Congrès à Bruxelles: coupe transversale dans un élément sculpté.

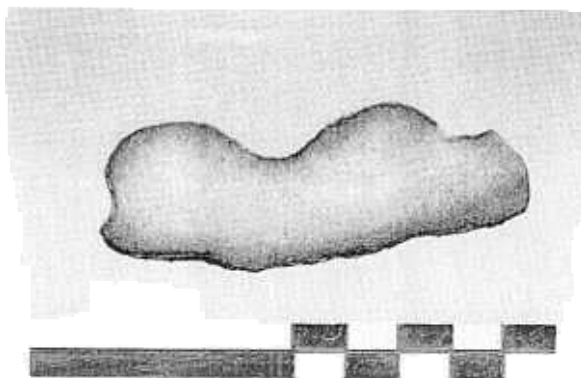


Fig. 6. - Efflorescences provenant de briques soumises à des alternances naturelles d'humidification et de séchage.



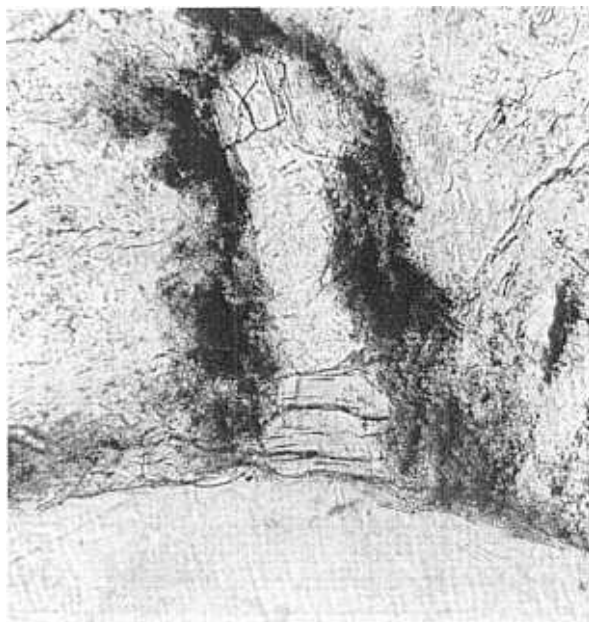
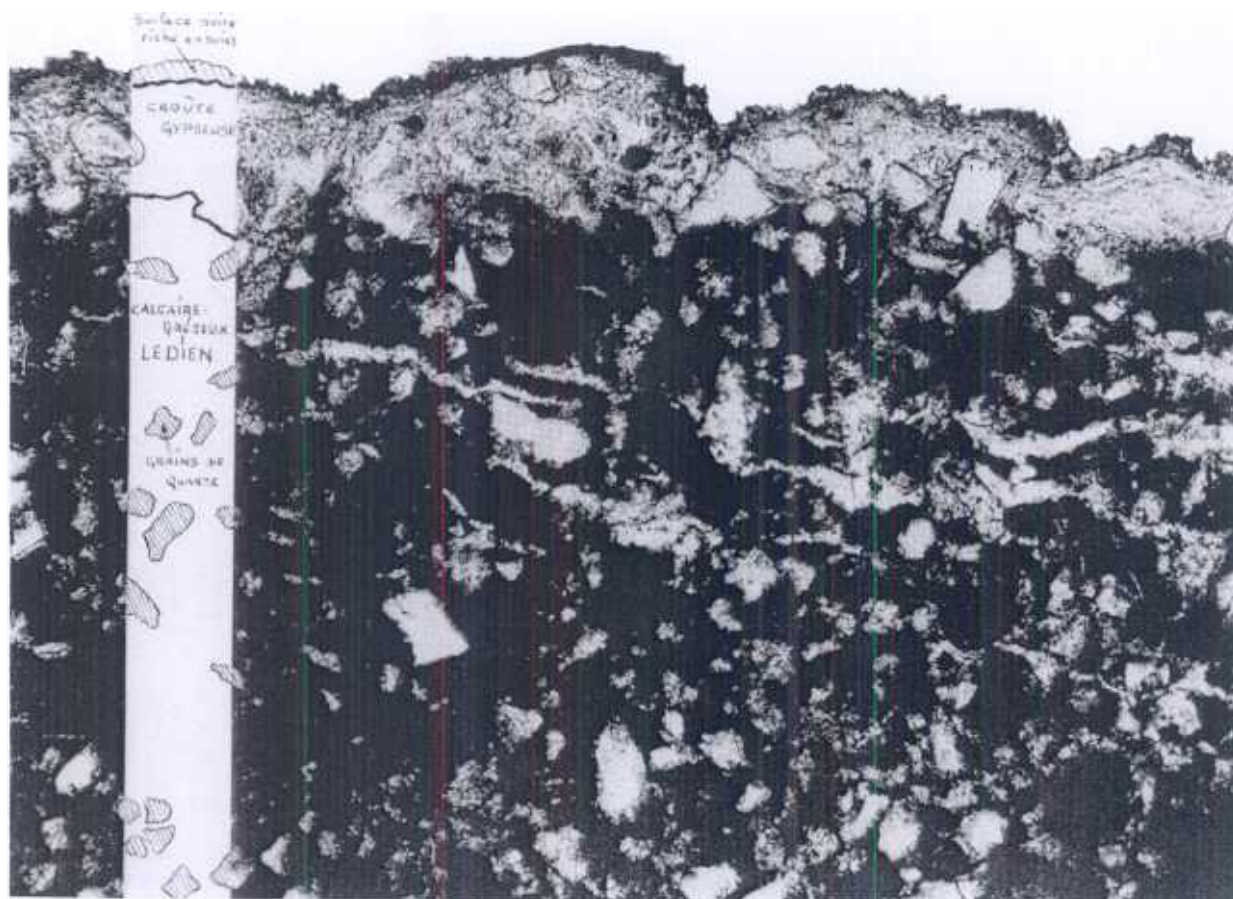


Fig. 7. - Souillures et modifications de surface donnent une patine authentique (lame mince perpendiculaire à la surface d'un relief Assyrien).

Fig. 8. - Lame mince perpendiculaire à la surface effectuée dans un calcaire lédien sulfaté de la Cathédrale Saint-Michel à Bruxelles. La croûte gypseuse blanche (calcin) couverte de suie noire, s'est formée par sulfatation du ciment calcaire. Les fissures (bandes blanches visibles sur la figure) se forment par différence de tension; elles annoncent l'écaillage de la pierre.





- *l'altération* : modification entraînant la destruction progressive du matériau; ses principales manifestations de surface sont le bris par le gel ou par toute action mécanique, l'usure, l'érosion, la corrosion, l'exfoliation, la pulvérulence, les effets biologiques dus aux algues, aux lichens ou au guano (Fig. 9 et 10).

#### 2.4. Etat général de surface

L'état général d'une façade résulte des états particuliers des matériaux qui la composent; il peut être caractérisé par la localisation, le degré et l'étendue du salissement et des modifications de surface.

On peut caractériser cet état général par différentes expressions :

- bon état: frais, à patine claire ou foncée, lavé ou délavé, légèrement ou fortement enfumé, souillé ou encrassé (Fig. 4);
- mauvais état à surface plus ou moins cohérente: corrodé, érodé, affouillé, écorné, épaufré, alvéolaire, délité, trésaillé, fissuré, crevassé, etc.;
- mauvais état à surface non cohérente: délabrement local, étendu ou profond, chancreux, cloqué, exfolié, écailleux, pelliculeux, pulvérulent, effrité, friable, etc. (Fig. 9 et 10).

On pourrait définir respectivement les matériaux correspondant à ces trois états comme suit :

- matériaux sains;
- matériaux abîmés;
- matériaux délabrés.

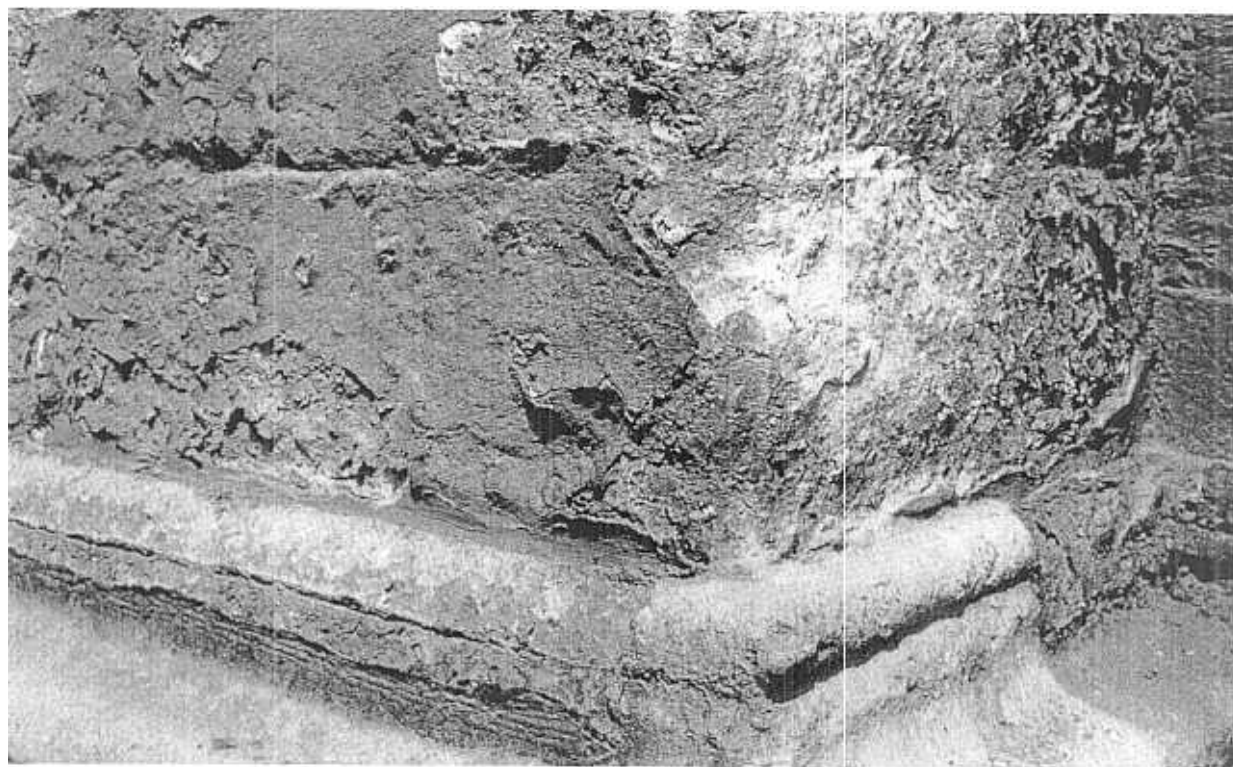
#### 3. Méthodes de nettoyage

Le nettoyage peut comporter plusieurs opérations qui sont généralement contenues dans le terme « ravalement ».

Pour les monuments historiques, on sera amené à envisager :

- le nettoyage, qui consistera à enlever les poussières et suies peu adhérentes en conservant au matériau sa patine ou tonalité due à la marque du temps;
- l'élimination des parties altérées ou croûtes non adhérentes complétée par un traitement adéquat de conservation;
- la réparation de certaines pierres ou éléments constitutifs de la façade ou des joints;
- le traitement de protection de la propreté retrouvée tendant à retarder le salissement ou l'altération ultérieurs, ou permettant des entretiens ultérieurs plus faciles.

Fig. 9. Cathédrale Saint-Bavon à Gand. Calcaire gréseux lédien délabré par des chancres de sulfatation.



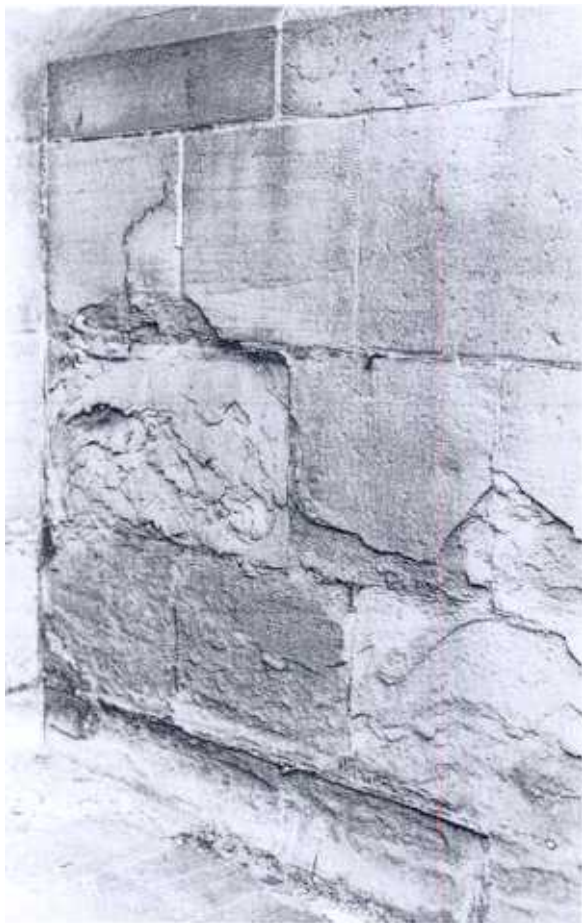


Fig. 10. - Eglise Saint-Nicolas à Enghien. Altération de grès d'Ecaussines par le gel.

Les principales méthodes de nettoyage décrites ci-après\* sont connues sous les noms suivants :

- projection de granulats à sec;
- grésage hydropneumatique (G);
- pulvérisation d'eau (P);
- vapeur saturée humide (V);
- pulvérisation d'eau et vapeur saturée humide (P-V);
- traitement chimique et/ou tensio-actif (T, A).

D'autres méthodes existent mais sont d'un emploi peu courant; il s'agit :

- du brossage à sec ou dépoussiérage;
- du rabotage;
- de l'hydrosablage (projection d'un mélange de sable et d'eau).

\* Dans cet article, on a volontairement abrégé la description, les avantages et inconvénients des différentes méthodes en attirant l'attention sur l'essentiel; le lecteur qui souhaite plus de détails les trouvera dans la NIT 121 du CSTC.

### 3.1. Projection de granulats à sec

Ce procédé consiste à projeter à sec et sous pression d'air des particules de granulométrie déterminée sur le matériau de façade, au moyen d'une lance actionnée manuellement.

Les granulats utilisés sont des granulats de quartz (oxyde de silicium  $\text{SiO}_2$ ), commercialement dénommés sables de Mol ou de Maastricht, des granulats d'autres minéraux (tous les minéraux autres que ceux à base de quartz; le minéral le plus utilisé à l'heure actuelle est connu sous le nom d'olivine et est obtenu en broyant des roches d'orthosilicate de fer et de magnésium), des granulats non minéraux (grenailles métalliques, sciures de bois, poudres d'écorces, noyaux broyés, etc.).

L'abrasion de la surface du matériau par un sable est liée entre autres à la nature du matériau à nettoyer, à la granulométrie, à la masse volumique, à la forme et à l'élasticité du minéral employé, à la pression d'air à la sortie de la lance et à la distance de travail entre l'extrémité de la lance et la surface à nettoyer. De ces facteurs et de l'opérateur dépend donc le résultat qui peut aller d'un léger dépoli à une attaque de plus de 2 à 3 mm de profondeur.

En outre, il faut noter que le Règlement Général pour la Protection du Travail (R.G.P.T. - Bruxelles, Ministère de l'Emploi et du Travail) impose (articles 148 sexies, 160 et 161) des conditions opératoires lors du sablage à sec (Fig. 11).

### 3.2. Grésage hydropneumatique

Cette méthode consiste à projeter en même temps au moyen de deux conduits distincts de l'eau et un minéral de granulométrie déterminée.

Les minéraux sont les mêmes que ceux employés pour la méthode de projection de granulats à sec (§ 3.1.).

Fig. 11. - Projection de granulats à sec. Protection de l'opérateur et poussières dégagées. Procédé « réglementé » à réserver pour des traitements limités et spécifiques.



Avant l'emploi des matières abrasives, il est utile de réaliser une pulvérisation d'eau de manière à imbiber l'encrassement.

Comme pour la méthode de projection de granulats à sec, l'agressivité du traitement est directement liée à la pression d'air, à la granulométrie et à la masse volumique du minéral utilisé, à la distance de travail et à la nature du matériau à nettoyer.

Le grésage hydropneumatique permet l'élimination rapide des encrassements quelle que soit leur intensité et ne présente pas pour l'opérateur et pour l'environnement d'inconvénients majeurs. Pour ces raisons, cette méthode est couramment utilisée dans la mesure où l'altération du matériau ne constitue pas un critère trop absolu.

Comme le système de projection de granulats à sec, le système par grésage hydropneumatique est déconseillé pour les surfaces lisses ou polies.

Signalons que le grésage hydropneumatique peut être utilisé après d'autres méthodes (chimique, pulvérisation, ...) pour des retouches partielles.

### 3.3. Pulvérisation d'eau à basse pression (Fig. 12)

Le ruissellement d'eau pur et simple n'est pratiquement plus employé étant donné la longue durée de l'opération et les dégâts dus à une grande humidification des murs qu'elle entraîne.

Actuellement, cette méthode est remplacée par la pulvérisation d'eau à basse pression. Celle-ci est utilisée pour ramollir les encrassements gypseux et consiste à pulvériser au moyen de rampes munies de gicleurs un minimum d'eau sur la surface du matériau, sans ruissellement proprement dit, ce qui dans un premier temps est inutile. La pulvérisation est de courte durée et répétée plusieurs fois si nécessaire. L'encrassement

est ainsi ramolli par solubilisation partielle et son évacuation est ensuite effectuée au moyen d'un jet d'eau sous pression. L'efficacité de la méthode est nettement accentuée si on procède à un traitement manuel des surfaces à l'aide d'une brosse en nylon ou en chiendent.

Ce procédé convient particulièrement pour le nettoyage des matériaux calcaires et des matériaux à ciment calcaire; il ne permet toutefois pas d'éliminer des encrassements fortement incrustés, notamment dans les matériaux siliceux (grès, briques).

La pulvérisation d'eau à basse pression suivie d'un rinçage sous pression convient particulièrement :

- pour les bâtiments et les monuments historiques pour lesquels on ne peut pas envisager d'autres méthodes pour diverses raisons;
- pour les surfaces à entretenir régulièrement (par exemple annuellement en site urbain);
- pour les matériaux non poreux à surface lisse ou polie.

Il est de plus vivement recommandé que la pulvérisation d'eau soit toujours de courte durée, c'est-à-dire celle qui est nécessaire pour imprégner l'encrassement. C'est pourquoi, l'application de cette méthode est souvent complétée par celle d'autres systèmes, par exemple brossage, grésage hydropneumatique, vapeur, etc.

### 3.4. Vapeur saturée humide (Fig. 13)

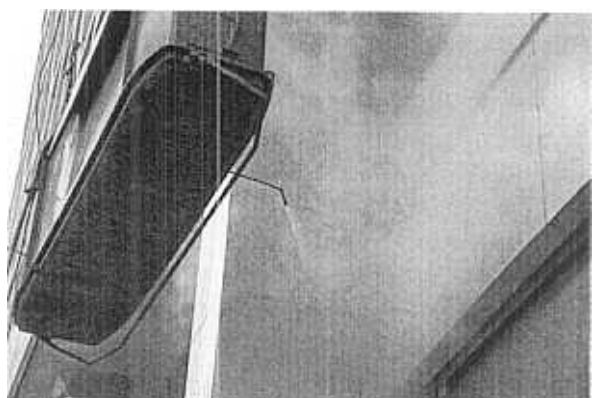
Cette technique consiste en la projection sous pression d'une vapeur saturée humide. Cette méthode convient très bien si les salissures ne sont pas trop incrustées et elle permet aux matériaux de conserver leur patine.

Le mécanisme d'élimination du salissement peut se décomposer en trois phases :

Fig. 12. Hôtel de Ville de Bruxelles: nettoyage par pulvérisation d'eau.



Fig. 13. Nettoyage à la vapeur saturée humide.



- ramollissement de la crasse par l'eau condensée s'écoulant sur la façade;
- décollement de la crasse par l'action mécanique de la vapeur, favorisée par la température élevée;
- élimination de la crasse par le ruissellement d'eau qui résulte du refroidissement de la vapeur.

Il est primordial que la vapeur à la sortie de la lance soit saturée et humide, de manière à obtenir au contact de la surface froide un ruissellement d'eau susceptible d'entraîner les crasses décollées par le jet de vapeur et d'assurer indirectement un ruissellement préalable des surfaces inférieures.

Combinée à la pulvérisation d'eau, cette méthode est la plus indiquée pour le nettoyage des bâtiments historiques, surtout lorsqu'il s'agit de façades très ouvragées.

Elle convient très bien chaque fois qu'il s'agit de nettoyer et non de remettre à neuf ainsi que pour les entretiens réguliers.

### 3.5. Traitement chimique et/ou tensio-actif

L'emploi de produits chimiques a pour but de faciliter l'élimination des salissures par une réaction physico-chimique de surface.

La composition chimique exacte des produits du commerce n'est que rarement connue.

Les différentes solutions utilisées se composent généralement de l'agent chimique proprement dit, d'agents mouillants et d'autres composés éventuels (charges, agents émulsionnants, épaississeurs, ...).

L'emploi de produits chimiques peut entraîner sur les matériaux traités l'apparition d'efflorescences résultant de la migration de sels solubles engendrés par une réaction du produit dans le matériau ou par le fait du produit de nettoyage lui-même. Il faut donc exclure tous les produits chimiques susceptibles de provoquer l'apparition d'efflorescences. En effet, la grande difficulté, lors de l'emploi de produits chimiques, n'est pas d'enlever la saleté mais d'éviter la pénétration du produit dans le matériau.

D'une manière générale, l'emploi de l'acide chlorhydrique, des sels de sodium et de potassium, des détergents anioniques (sels sodiques) doit être interdit sur les matériaux poreux et les joints.

Les détergents non ioniques sont les moins dangereux, bien qu'ils soient difficiles à éliminer. Ils sont hygroscopiques.

Le bifluorure d'ammonium peut être considéré comme peu dangereux pour le nettoyage des calcaires et des grès blancs.

La neutralisation est toujours une opération dangereuse et presque toujours inutile. Elle introduit des sels solubles dans le matériau.

Les produits chimiques nécessitent l'utilisation d'une main-d'œuvre spécialisée.

Pour limiter l'attaque acide à la surface du matériau, il est nécessaire de mouiller convenablement celui-ci avant l'application du produit liquide ou en pâte.

Les produits caustiques ne devraient jamais être appliqués en solution, mais en pâte préparée, mélangés à des poudres absorbantes (amidon, talc, farine, argile, craie, cellulose) ou à une matière thixotropique (carboxyméthyl-cellulose). Ces pâtes, appliquées sur le matériau sec, diminuent la pénétration des produits et, par séchage, absorbent une partie des sels formés. Il est nécessaire d'éliminer les pâtes le plus possible mécaniquement avant tout rinçage à l'eau.

Le prémouillage doit être réalisé de bas en haut pour éviter la pénétration des eaux sales dans les pores du matériau sec. L'application des pâtes basiques sur matériau sec et leur élimination mécanique ainsi que le rinçage doivent toujours être effectués de bas en haut.

Il est impossible d'éliminer convenablement les sels solubles par rinçage à l'eau. Ils ne peuvent s'extraire que par absorption répétée à l'aide d'une pâte humide enlevée mécaniquement après séchage complet du matériau traité.

S'il est conseillé pour toutes les méthodes de ravalement de réaliser des essais d'orientation sur une surface restreinte à l'abri de la pluie et peu visible de la façade, ces essais sont impératifs lorsqu'il s'agit du traitement au moyen de produits chimiques. Dans ce cas, les essais d'orientation doivent être réalisés plusieurs semaines avant le choix de la méthode, de manière à pouvoir déceler l'apparition de réactions secondaires (efflorescences, taches) pendant le séchage de la surface traitée.

### 3.6. Rabotage, meulage ou ponçage

Ces méthodes consistent à éliminer mécaniquement l'encrassement tout en enlevant au moyen d'un rabot ou d'une meule une certaine épaisseur en surface du matériau dans le but de lui redonner son aspect neuf ou pour rectifier certaines inégalités.

Ces procédés peuvent éviter le remplacement des matériaux de parement peu chanceux.

### 3.7. Protection des surfaces non soumises au nettoyage

Le nettoyage des façades entraîne dans la majorité des cas l'obligation de protéger les surfaces non directement concernées par le nettoyage.

Il faut distinguer deux types de prévention, empêchement de la pénétration de l'eau utilisée et empêchement de l'altération des matériaux constitutifs des éléments qui ne font pas l'objet du nettoyage.



### 3.8. Recommandations pour l'utilisation des méthodes de nettoyage (tableau ci-après)

Pour choisir une méthode de nettoyage, on pourra se référer au tableau ci-après en portant son attention à la nature du matériau à nettoyer, à l'état de celui-ci et en tenant compte des caractéristiques des méthodes telles qu'elles ont été décrites aux paragraphes précédents.

On distinguera également entre un nettoyage « de base », c'est-à-dire de matériaux fortement encrassés, et un entretien.

Le tableau a été établi pour les bâtiments courants du parc immobilier. Si on veut l'utiliser pour choisir une méthode de nettoyage destinée à des bâtiments historiques ou pour des ouvrages à caractère historique, il faudra s'orienter vers des méthodes « douces » n'altérant pas ou peu la surface des matériaux, rendue sou-

vent fragile par la formation de croûtes non adhérentes et par la présence fréquente de fines sculptures.

Les méthodes d'un emploi restrictif (projection de granulats à sec), rare ou particulier (dépoussiérage, rabotage) n'ont pas été reprises dans le tableau.

Méthodes de nettoyage en fonction des matériaux et du but possible poursuivi: nettoyage s'il s'agit de matériaux fortement encrassés, entretien s'il s'agit de matériaux sains ou peu abîmés et peu encrassés ou ne demandant pas une remise à neuf.

Les méthodes de nettoyage à appliquer doivent être choisies selon l'état des matériaux:

- matériaux sains, fortement encrassés: méthodes prévues pour le nettoyage;
- matériaux sains ou peu abîmés, peu encrassés ou ne

Matériaux à nettoyer	Caractéristique du matériau	Nettoyage						Entretien					
		G	P	V	P-V	T	A	G	P	V	P-V	T	A
Pierres bleues calcaires $R_c > 1.000 \text{ kgf/cm}^2$ $> 100 \text{ N/mm}^2$	rugueux lisse		C						C				
Pierres blanches calcaires	poreux tendre $R_c > 100 \text{ kgf/cm}^2$ $< 10 \text{ N/mm}^2$	-	-	C	C	D	D	-	-	C	C	D	D
	ferme $R_c < 500 \text{ kgf/cm}^2$ $< 50 \text{ N/mm}^2$	C	C	C	C	-	-	-	C	C	C	-	D
	dur $R_c > 500 \text{ kgf/cm}^2$ $> 50 \text{ N/mm}^2$	C	C	C	C	-	-	-	C	C	C	-	D
	rugueux lisse	C D	C C	C C	C C	- -	- -	- D	C C	C C	C C	- -	D D
Marbres	taillé						D (**)						
	poli					C	D					C	
Grès (*) blancs autres		- -	D D	D -	D D	D D	- -	- -	D D	D -	D D	D D	D D
Granits	rugueux	-	-	-	-	-	C	-	-	C	-	-	-
	lisse	D	-	-	-	-	C	D	-	-	-	-	-
	poli	D	-	-	-	C	D	D	-	-	-	C	D
Briques (ou matériaux céramiques)	poreux	D						D					
	tendre	C						D					
	dur	C						D		C			
	rugueux	C				-		D		C			
	lisse émaillé	D		C		C	D	D		C			

(\*) Matériaux difficiles à nettoyer du fait de la pénétration très profonde de l'encrassement (plusieurs mm à 2 ou 3 cm).

(\*\*) Des méthodes de nettoyage à l'aide de réactifs particuliers sont couramment utilisées pour ce type de matériau, par exemple l'acide oxalique.

#### Légende du tableau

G: grésage hydropneumatique

P: pulvérisation d'eau à basse pression ( $< 1 \text{ N/mm}^2$  ou  $10 \text{ kgf/cm}^2$ )

+ brossage

V: vapeur saturée humide

P-V: pulvérisation d'eau + vapeur saturée humide

T: traitement chimique à l'aide de produits tensio-actifs

A: traitement chimique à l'aide de produits acides à base de fluor.

demandant pas une remise à neuf: méthodes prévues pour l'entretien;

- matériaux abîmés: méthodes prévues pour l'entretien à employer avec prudence en tenant compte de la plus grande hétérogénéité du matériau résultant de son état d'altération; d'une manière générale, l'emploi des méthodes V ou P-V peut être recommandé, avec une légère application localisée du grésage hydropneumatique à basse pression si besoin en est dans les parties à fortes salissures;
- matériaux délabrés (mauvais état à surface non cohérente): méthodes de nettoyage à conseiller et à déconseiller à déterminer en fonction de chaque cas.

En se basant sur les données relatives au matériau et en tenant compte qu'il s'agit d'un nettoyage ou d'un entretien rendu l'un ou l'autre possible suivant l'état du matériau comme cela est expliqué ci-avant, on peut à l'intersection des différentes lignes et colonnes lire les méthodes conseillées, déconseillées et utilisables.

Les méthodes seront donc:

- conseillées en général (au point de vue efficacité, altération de surface, économie, ...): C;
- utilisables mais non spécialement conseillées: —
- déconseillées en fonction des altérations de surface, de pénétrations d'eau, d'efflorescences, ...: D.

Pour certains matériaux, on peut être amené à examiner plusieurs lignes simultanément; par exemple, une pierre peut être à la fois poreuse, rugueuse et tendre. Dans ce cas, il faut consulter plusieurs lignes de recommandations et choisir la méthode qui reste conseillée ou utilisable pour l'ensemble des lignes considérées.

Les calcaires gréseux sont à assimiler dans le tableau aux pierres calcaires fermes.

#### 4. Conclusion

Si du point de vue esthétique un nettoyage peut être souhaitable pour retrouver l'expression architecturale, il peut, dans les cas de souillure c'est-à-dire de salissure incrustée dans le support comme en particulier la suie dans les grès, être pratiquement impossible. En outre, un nettoyage peut encore faire apparaître des désaccords entre les matériaux divers introduits par les restaurations successives et influencer ainsi sur l'expression plastique en mettant en évidence une hétérogénéité que l'encrassement ne rendait pas visible.

Comme les monuments anciens sont altérés par un manque d'entretien, le nettoyage aura pour effet de faire disparaître les croûtes superficielles et les éléments décomposés provoquant une apparence déplaisante aux parements et réduisant à néant la signification des éléments sculptés (Fig. 14).

De plus, par le développement de la surface et la rugosité de celle-ci causés par le nettoyage, le matériau ac-

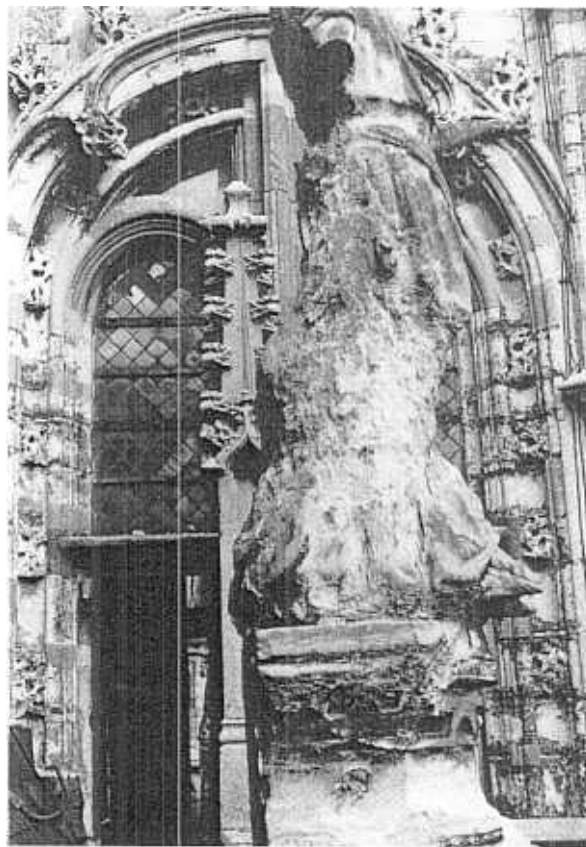


Fig. 14. - Hôtel de Ville d'Audenarde. Sculpture en pierre d'Avesnes ayant perdu toute signification; la sulfatation a conduit à l'irréparable. Que faut-il faire ?

crochera mieux les poussières et s'altérera encore plus rapidement.

Dès lors, le résultat final peut être plus destructeur que bénéfique à la conservation des parements de ces monuments anciens: le prestige d'un jour supplante l'avenir à long terme. La mise en valeur d'un édifice n'est-elle qu'une concession à la mode ou peut-elle devenir une action concertée dans une chaîne d'interventions «sur mesure» et répétées, basée sur l'analyse critique des faits?

Avant toute opération, on effectuera un prélavage local approprié qui doit permettre d'éliminer les incrustations et dépôts importants de suie et de gypse, c'est-à-dire ceux qui déforment et empêchent la vision; les souillures légères seront traitées séparément par une action rapide visant à leur atténuation sans rechercher l'uniformisation afin de permettre une meilleure «lecture» de l'état du monument.

Les parties lavées naturellement par la pluie seront laissées telles sans intervention. A ce stade, les répa-

rations indispensables qui apparaîtront seront entreprises. Le nettoyage est alors répété chaque année, par un traitement léger, local ou non visant à atténuer les souillures agressives. L'apparence devant être cohérente avec l'état et l'âge du matériau, ce traitement sera répété jusqu'à équilibre des patines. C'est alors qu'une application d'un hydrofuge de surface approprié peut être envisagée et l'entretien indispensable pourra être réalisé tous les trois à cinq ans par un lavage rapide.

Le problème des monuments historiques est vaste par la diversité des matériaux et des expositions; il ne faut donc pas se hâter vers une généralisation facile du nettoyage et de ses techniques. Chaque bâtiment ancien, chaque monument sont des cas particuliers et les solutions pour leur sauvegarde doivent être adaptées à leur état.

Pour les bâtiments plus récents, sales bien sûr mais dont les matériaux ne sont pas altérés, un nettoyage régulier et non agressif permettra d'éliminer les facteurs générateurs de l'altération et favorisera donc leur longévité.

En matière de conservation, la surveillance et les interventions minimales indispensables mais répétées à temps sont certainement le meilleur garant de l'avenir du monument et le meilleur moyen d'en prolonger l'existence tout en sauvegardant au mieux son authenticité.

P. de HENAU  
Institut Royal du Patrimoine Artistique

R. GERARD  
E. MEERT

A. PIEN  
Centre Scientifique et Technique de la Construction

## BIBLIOGRAPHIE

### NETTOYAGE DES FAÇADES

AMOROSO, G.G. et FELIX, C.: Les produits de traitement de la pierre de taille et la lutte contre l'irréversibilité des processus d'altération. Matériaux et Techniques n° 3-1978, 7 et 8-1978, 9 et 10-1978 et 11-12-1978, Paris.

CAMERMAN, C.: Les pierres de taille calcaires, leur comportement sous l'action des fumées. Annales des T.P. de Belgique, 1952.

CARRIE, C. et MOREL, D.: Salissures de façades. Ed. Eyrolles, 1975, Paris.

CLARKE, BL.: Some recent research on cleaning external masonry in Great Britain. The treatment of stone. Centro per la conservazione delle sculture all'aperto, Bologna 1972.

de HENAU, P.: Les matériaux pierreux et leur nettoyage. Problèmes des monuments historiques. Revue de la Société Royale des Ingénieurs et des Industriels, n° 1 - 1977, Bruxelles.

DUPAS, M.: Monuments et sels solubles dans l'eau. Bulletin de l'Association Belge des professeurs de Physique et de Chimie, n° 2 - 1974, Namur.

LEHMAN, J.: Quelques nouvelles recherches sur le nettoyage et la préservation des sculptures en pierre exposées à l'extérieur en Pologne. Centro per la conservazione delle sculture all'aperto, Bologne 1972.

MAMILLAN, M.: Recherches récentes sur le nettoyage des façades en pierre calcaire. Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, n° 199-200, 1964, Paris.

TORRACA, G.: Treatment of stone in monuments: a review of principles and processes. The Conservation of stone I, Proceedings of the International symposium, Bologna 1975.

VANDEKERCKHOVE, A.: Technische en economische problemen van het reinigen van steenmaterialen. Revue de la Société Royale des Ingénieurs et des Industriels, n° 1 - 1977, Bruxelles.

VANDEKERCKHOVE, A.: Problèmes techniques et économiques du nettoyage des matériaux pierreux. Le Mausolée n° 498 - février 1978, Givors (F).

UMIGLIA, J.P.: Lavage des façades - Journal de la Construction de la Suisse Romande, n° 13, 1979, Lausanne.

Ravalement des façades. N.I.T. 121 - Centre Scientifique et Technique de la Construction - septembre 1978, Bruxelles.

## SUMMARY

*The satisfactory cleaning of ancient buildings necessarily presupposes:*

- Abstention from interference with the authentic quality of the original work.*
- Ability to distinguish between surface alterations and dirt or stains.*
- Use of cleaning methods suited to the degree of dirtiness and to the condition of the building materials.*

*The article describes the various possible states of the*

*materials to be cleaned and the principal cleaning methods, giving particulars of the advantages and disadvantages of each and their respective fields of application.*

*The paragraph entitled « Conclusion » contains a certain number of recommendations which must be obeyed when cleaning an ancient building or historical monument, since each is a special case of its own and will require an individual method of preservation treatment.*

Fig. 1. - White masonry wall before cleaning.

Fig. 2. - Same wall as in Fig. 1 after spraying with water and hydro-pneumatic grit-blasting where necessary.

Fig. 3. - Church of St. Nicholas at Enghien. Building in a dilapidated state: the cracking off of the gypseous outer layer is followed by erosion of the powdery layer, whose disappearance is rapidly depriving the architectural features of any significance.

Fig. 4. - Town hall, Ghent. Encrusted with soot and pigeon droppings. As the droppings decompose, the organic substances they contain are liable to damage the limestone underneath.

Fig. 5. - Example of staining by absorption of soot without the formation of a deposit. The material is the white Herzogenrath sandstone of the Colonne du Congrès in Brussels (cross-section of a carving).

Fig. 6. - Efflorescences formed on bricks subjected for climatic reasons to alternate wetting and drying.

Fig. 7. - Stains and surface alterations have produced an authentic patina (fine flake perpendicular to the surface of an Assyrian relief).

Fig. 8. - Fine flake perpendicular to the surface of a sulphated Bartonian limestone (Cathedral of St. Michael, Brussels). The white gypseous crust covered with black soot has formed as a result of the sulphating of the calcareous material. The cracks (shown in white on the illustration) are due to differences in stress and their formation will certainly be followed by flaking off of the stone.

Fig. 9. - Cathedral of Saint Bavon, Ghent. Bartonian Sandylime-stone attacked by sulphates at scattered points.

Fig. 10. - Church of St. Nicholas at Enghien. Ecaussines sandstone damaged by frost.

Fig. 11. - Grit-blasting, with system of body protection against dust. A special treatment restricted to a certain number of specific cases.

Fig. 12. - Brussels town hall: spraying with water.

Fig. 13. - Steam jet cleaning.

Fig. 14. - Town hall, Audenarde. Avesnes stone carving now completely unrecognizable; sulphates have caused irreparable damage. What is to be done?

## RESUMEN

La limpieza de los edificios antiguos implica que se tenga en cuenta ciertas exigencias:

- respeto del valor auténtico del edificio;
- distinguir entre las modificaciones de las superficies y la suciedad;
- emplear métodos de limpieza adecuados con el grado de suciedad y el del estado de conservación del material.

En el artículo resumido se establece los diferentes estados que pueden tener los materiales de las fachadas

y los principales métodos empleados en su limpieza; quedando precisados las ventajas, los inconvenientes y los dominios de aplicación.

En la parte « conclusiones » hay cierto número de recomendaciones que se deben respetar cuando se trata de limpiar un edificio antiguo o histórico porque cada caso constituye un caso particular y las soluciones para su salvaguardia deben ser adaptadas según su estado de conservación.

Fig. 1. - Fachada de piedras blancas antes de la limpieza.

Fig. 2. - La misma fachada que la de la Fig. 1 después de la limpieza por pulverización de agua, seguida de un retoque por un grujido hidroneumático.

Fig. 3. - Iglesia San Nicolás de Enghien. Estado ruinoso: fragmentación de la capa de yeso seguida de la erosión de la capa polvorienta, la desaparición de la cual quita rápidamente toda significación a los elementos arquitectónicos.

Fig. 4. - Palacio Municipal de la ciudad de Gante. Enmugrecimiento por el hollín y los excrementos de las palomas. Por su descomposición las materias orgánicas procedentes de los excrementos llegan a alterar el calcario subyacente.

Fig. 5. - Ilustración del ensuciamiento por absorción de hollines sin formación de ningún depósito, se trata de asperón blancos, el asperón de Herzogenrath de la columna del Congreso de Bruselas: corte transversal de un elemento esculpido.

Fig. 6. - Eflorescencia procedente de ladrillos sometidos a alternativas naturales de humidificación y de enjugamiento.

Fig. 7. - Ensuciamiento y modificaciones de la superficie que dan la patina auténtica (lamina fina perpendicular en la superficie de un relieve Asirio).

Fig. 8. - Lamina fina perpendicular en la superficie efectuada sobre un calcario de Barton suflatado de la Catedral San Miguel de Bruselas. La capa de yeso blanco (calcin) cubierta de hollín negro se formó por sulfatación del cemento calcario. Las grietas (las tiras blancas que se ven sobre la figura) se forman por diferenciación de la tensión: anuncian el descascaramiento de la piedra.

Fig. 9. - Catedral San Bavon en Gante. Calcario de asperón de Barton deteriorado por cáncros de sulfatación.

Fig. 10. - Iglesia San Nicolás de Enghien. Alteración de asperón de Ecausinas provocado por las heladas.

Fig. 11. - Proyección de gránulos en seco. Protección del operario y polvos despejados. Procedimiento sometido a regla y reservado para los tratamientos limitados y específicos.

Fig. 12. - Palacio Municipal de Bruselas: limpieza por pulverización de agua.

Fig. 13. - Limpieza por vapor saturada y húmeda.

Fig. 14. - Palacio Municipal de Audenarde. Escultura en piedra de Avesnas que ha perdido toda forma; la sulfatación condujo a lo irreparable? ¿Que se puede hacer?