

<b>Zeitschrift:</b>	Monuments vaudois. Hors-série
<b>Herausgeber:</b>	Association Edimento - pour le patrimoine
<b>Band:</b>	1 (2013)
<b>Artikel:</b>	La molasse du conservateur : techniques de conservation-restauration appliquées sur les parements extérieurs de la cathédrale de Lausanne (2001-2009)
<b>Autor:</b>	Rousset, Bénédicte / Favre-Bulle, Éric-J. / James, Julian
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-1053490">https://doi.org/10.5169/seals-1053490</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

---

## La molasse du conservateur

### Techniques de conservation-restauration appliquées sur les parements extérieurs de la cathédrale de Lausanne (2001-2009)

---

Bénédicte Rousset, Éric-J. Favre-Bulle & Julian James

Sur un monument historique, la conservation *in situ* d'un maximum de matière existante, qu'elle soit médiévale ou plus récente, est souhaitable car elle est source d'importantes informations relatives à l'histoire matérielle, sociale et technique du bâtiment. C'est pourquoi, malgré le fait que la conservation des molasses du Plateau suisse est généralement considérée comme problématique en raison de leurs caractéristiques intrinsèques<sup>1</sup>, la campagne de conservation-restauration qui a eu lieu de 2001 à 2009 sur la cathédrale de Lausanne, s'est intéressée non seulement aux éléments sculptés mais aussi à une importante quantité de pierres de taille. Pour la partie de l'édifice concernée, 30% de ces pierres de taille sont de la Molasse grise de Lausanne mise en place dans le premier tiers du XIII<sup>e</sup> siècle<sup>2</sup>.

#### ÉTUDES PRÉLIMINAIRES

Pour orienter le choix des techniques de conservation-restauration dans le cas particulier de la cathédrale de Lausanne, une étude préliminaire a été faite incluant: une revue générale de la littérature s'intéressant aux techniques de conservation-restauration retenues dans des cas similaires; une revue des analyses et interventions réalisées sur la cathédrale elle-même; la caractérisation physique et minéralogique de quelques échantillons de pierres prélevés sur l'édifice; la catégorisation des altérations rencontrées sur les parements concernés. Sur la base des informations récoltées, divers produits et méthodes ont été présélectionnés puis testés en laboratoire ainsi qu'*in situ* afin de choisir parmi eux ceux qui étaient les plus compatibles avec les matériaux et les altérations à traiter<sup>3</sup>.

#### QU'EST-CE QUI A ÉTÉ CONSERVÉ ET POURQUOI?

L'étude des façades a permis de distinguer deux grandes familles d'altérations qualifiées de «structurelles» ou de «superficielles»<sup>4</sup>, les premières requérant un traitement en profondeur et les secondes un traitement de surface. Les altérations structurelles correspondaient à des altérations en plaques (ou *contour scaling*<sup>5</sup>) plus ou moins profondes tandis que les altérations superficielles étaient principalement de la désagrégation granulaire, de l'exfoliation et des croûtes noires, grisâtres ou brunâtres. Ces types d'altération sont fréquents sur les grès tendres de la Molasse du Plateau suisse<sup>6</sup>.

Parmi les autres désordres traités, on peut encore citer les colonisations biologiques, les lacunes et/ou les fissures des mortiers de joint. Si le traitement de ces deux dernières catégories de désordres, ainsi que celle des altérations superficielles, semblait évident tant du point de vue théorique que pratique, la conservation des plaques a quant à elle fait l'objet de nombreuses discussions: ce type d'altération est en effet caractérisé par le décollement de plaques parallèles à la surface exposée de la pierre, quelle que soit l'orientation du litage de celle-ci. Il s'agit donc d'une véritable altération dégradante puisqu'elle entraîne à terme des pertes de matière spectaculaires (fig. 1)<sup>7</sup>.

Cependant, l'expérience montre d'une part que le processus aboutissant à la désolidarisation totale de ces plaques est relativement lent et, d'autre part, que leur surface externe – soit la partie de la pierre jugée «précieuse» parce

**TABLEAU 1**

**Caractéristiques générales des techniques de conservation-restauration appliquées sur les parements extérieurs de la cathédrale de Lausanne au cours de la dernière campagne d'intervention.**

INTERVENTION	DÉTAILS
Nettoyages	<p>Élimination des matières friables</p> <p>Dépoussiérage des pierres et nettoyage de surface à sec (brosses, pinceaux, spatules et aspirateur)</p> <p>Élimination des dépôts superficiels par micro-sablage (avec BILOXIT 120 ou EXA HDO standard, selon la dureté de la surface traitée et du dépôt à éliminer).</p>
Traitements préalables	<p>Traitement fongicide</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vaporisation d'eau oxygénée puis élimination mécanique des croûtes « sèches » après attente ; rinçage à l'eau</li> <li>- une à deux application(s) du biocide SAX ALGEN, MOOS- &amp; PILZENTFERNER FH 1200.</li> </ul> <p>Pré-consolidation ponctuelle</p> <p>au WACKER OH 100 (silicate d'éthyle) avant application de colmatages, solins, rhabillages ou traitement de plaques (après élimination de la matière superficielle friable et pulvérulente) ; application au pinceau ou à la fiole à jet en plusieurs passages jusqu'à « saturation » de la pierre.</p>
Traitement des plaques (Cavités < 5mm)	<p>Coulis de remplissage à base de silicates d'éthyle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Élimination de la matière friable, pulvérulente et saline à l'arrière de la plaque au moyen d'une spatule et parfois au moyen de micro-sablage (BILOXIT 120) et d'air comprimé</li> <li>- Pré-consolidation (par injection) avec du REMMERS FUNCOSIL 300 E (silicate d'éthyle)</li> <li>- Si nécessaire, renfort de l'adhérence avec du REMMERS FUNCOSIL 500STE (silicate d'éthyle), par injection</li> <li>- Traitement destiné à restituer la cohésion des « mille feuilles » à l'arrière des plaques</li> <li>- Remplissage des vides derrière les plaques par injection, à travers des trous percés dans la plaque, d'un coulis REMMERS FUNCOSIL 500 STE + charges inertes, selon les recettes du fabricant, soit <ul style="list-style-type: none"> <li>- 100 ml REMMERS FUNCOSIL 500 STE</li> <li>- 64 g REMMERS KSE Füllstoff A (poudre de mica)</li> <li>- 40 g REMMERS KSE Füllstoff B (poudre de quartz)</li> <li>- 26 g Microparticules de verre (&lt; 50 mm)</li> </ul> </li> <li>- Colmatages des bords et des trous d'injection par application à la spatule d'un mélange de REMMERS 500 STE avec charges inertes</li> <li>- Post-consolidation au REMMERS FUNCOSIL 300E (parfois précédé de l'application de REMMERS Steinfestiger 100)</li> <li>- Tamponnage des zones traitées à l'éponge avec du REMMERS Verdünner für Steinfestiger pour réduire la formation de taches en surface.</li> </ul>
Jointoyage	<p>Rejointoyage au mortier de chaux de fosse entre pierres anciennes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Où nécessaire : renfort d'adhérence des anciens mortiers au PLM-A (coulis d'injection à base de chaux et de charges inertes d'après la fiche technique de Kremer Pigmente) ; application au pinceau ou par injection</li> <li>- Où nécessaire : imprégnation des cales en bois au Paraloïd B72 (résine acrylique) dilué à 10% dans le toluène/isopropanol afin de réduire l'hygroscopicité du bois</li> <li>- Réfection des joints manquants avec un mortier à la chaux de fosse : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 part de chaux de fosse</li> <li>- 2,5 parts de sable de Brettonnière (0-3 mm)</li> </ul> </li> <li>- Retouche et intégration des nouveaux joints à fresque : des pigments minéraux en poudre (terre d'ombre verdâtre, ocre jaune foncé, terre d'ombre naturelle et oxyde de fer noir) sont délayés dans beaucoup d'eau (environ 1 part de pigment pour 15-20 parts d'eau) et appliqués en glacis sur les mortiers frais. Le choix et la proportion des pigments varient selon les endroits et le degré d'intégration nécessaire pour obtenir une teinte similaire à celles des joints environnants.</li> </ul> <p>Nouveaux joints entre pierres anciennes et pierres neuves</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mortier à base de chaux en pâte et de chaux hydraulique : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 part de chaux en pâte (KFN Nestal)</li> <li>- 0,25 part de chaux hydraulique naturelle (« Hydradur » NHL 5 Otterbein)</li> <li>- 2,5 parts de sable (Brettonnière, 0-3 mm)</li> <li>- ajout de terre d'ombre pour diminuer l'aspect clair des joints</li> </ul> </li> <li>- Lissage des joints au moyen d'un fer profilé selon le profil existant (restauration de Viollet-le-Duc/Assinare, 1877).</li> </ul>
Colmatages, rhabillages, solins	<p>Solins, colmatages</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Application à la spatule d'un colmatage composé d'un mélange de SYTON X30 (silicate d'éthyle en dispersion colloïdale aqueuse) avec charges inertes (poudres de pierre et de sables de granulométrie et de couleur adaptées à la couleur locale de la pierre)</li> <li>- Post-consolidation au REMMERS FUNCOSIL 300 E (silicate d'éthyle) appliqué au pinceau (parfois précédée de l'application de REMMERS FUNCOSIL 100). 2 ou 3 passages selon l'absorption.</li> <li>- Tamponnage des zones traitées à l'éponge avec du REMMERS Verdünner für Steinfestiger pour réduire la formation d'auréoles autour des zones ponctuellement consolidées.</li> </ul>



1 Cathédrale de Lausanne, nef, travée a, façade sud, état au 23 avril 2012. Exemple de parement affecté par des altérations en plaques pas encore traitées (Photo CSC Sàrl).

que susceptible de porter des restes de badigeons, des traces d'outils de taille ou des marques de tâcherons – reste généralement en très bon état pendant tout ce processus. C'est pourquoi il a finalement été décidé de tenter la conservation de ces surfaces anciennes en faisant perdurer les plaques, comme cela avait été fait sur d'autres monuments affectés par le même problème<sup>8</sup>.

## LA CONSERVATION DES PLAQUES : DIFFICULTÉS ET LIMITES

L'altération en plaques étant une altération structurelle profonde, il est évident que son traitement de conservation a ses limites et qu'il n'est acceptable que si la sécurité statique du bâtiment *et* la sécurité des passants est assurée.

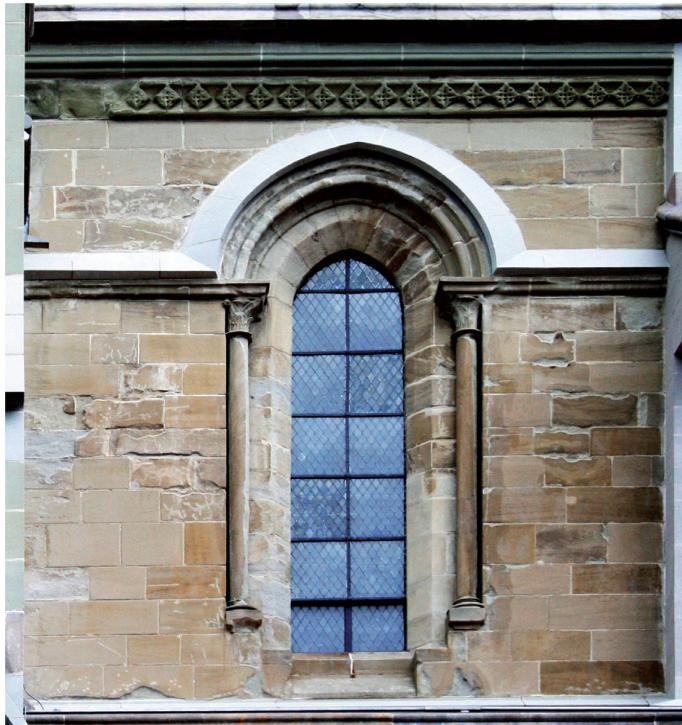
En effet, tandis que la surface des plaques reste peu affectée par l'altération, en profondeur et sur une épaisseur variable la pierre devient friable, s'exfolie et finit par perdre toute cohésion (**fig. 1**). Sur la molasse mise en œuvre à la cathédrale de Lausanne, la profondeur où se manifestent ces désordres est le plus souvent comprise entre 0,5 et 3 cm, mais sur certains éléments fortement exposés tant aux pluies battantes qu'au vent et au soleil, la décohésion peut atteindre 10, voire 20 cm de profondeur<sup>9</sup>. Les plaques décollées sont donc des fragments de matériau pouvant être très lourds<sup>10</sup> ne tenant parfois plus que par quelques points sur les maçonneries.

C'est pourquoi, pour l'ensemble des façades incluses dans la campagne 2001-2009, il a été décidé de ne conserver que les plaques de superficie restreinte et présentant, après « curage »<sup>11</sup>, d'une part suffisamment de points d'attache naturels pour les maintenir encore en place sans avoir recours à un ancrage mécanique, et d'autre part une largeur de cavité (entre la plaque et la pierre sous-jacente) ne dépassant pas 5 mm. À titre d'essai, sur quelques zones accessibles à un futur suivi, quelques plaques présentant après curage une largeur de cavité comprise entre 5 et 25 mm ont aussi été conservées.

## QUELLES TECHNIQUES POUR QUELLES FORMES D'ALTÉRATIONS ?

Les détails techniques et le nom des produits de traitement utilisés sont fournis dans les tableaux 1 et 2.

De manière générale, toutes les surfaces ont été débarrassées des poussières et des matières friables superficielles. Les zones tachées et recouvertes de croûtes ont été nettoyées plus en profondeur par pulvérisation de poudres fines d'oxyde d'aluminium ou de calcite. Les colonisations biologiques persistantes ont été traitées localement d'abord à l'aide d'une vaporisation d'eau oxygénée, suivie – après élimination des encroûtements de végétaux morts – de l'application d'un biocide à base d'ammonium quaternaire.



2 Cathédrale de Lausanne, nef, travée g, façade sud, état au 23 avril 2012. Exemple de parement affecté par des altérations en plaques traitées entre 2002 et 2007 (Photo CSC Sàrl).

Les mortiers de joint entre pierres anciennes exigeant des réparations ponctuelles ont été refaits à l'aide d'un mortier de chaux de fosse; pour les joints nécessitant d'être refaits à neuf entre des pierres anciennes laissées en place et les quelques nouvelles pierres, un mortier mixte «chaux de fosse / chaux hydraulique naturelle» a été utilisé.

Des interventions plus complexes ont été menées sur les altérations en plaques: les plaques conservées sur l'ensemble des façades (largeur de la cavité < 5 mm) ainsi que les plaques conservées à titre d'essai (largeur de la cavité entre 5 et 25 mm) ont toutes été curées et, si nécessaire, percées d'orifices de manière à pouvoir injecter plus tard un coulis de remplissage. Ensuite les parois internes de la cavité ont été pré-consolidées à l'aide de silicate d'éthyle. Après la polymérisation de ce dernier (4 à 6 semaines), la cavité derrière la plaque a été remplie par un coulis d'injection de nature différente suivant la largeur de la cavité: pour celles dont la largeur ne dépassait pas 5 mm, un coulis à base de silicate d'éthyle a été employé, tandis que pour les plaques «tests» (largeur de 5 à 25 mm), le coulis utilisé était à base de chaux hydraulique naturelle. Enfin, après remplissage, les orifices et les bords frangés des plaques ont parfois été post-consolidés par un silicate d'éthyle, puis colmatés et rhabillés à l'aide de solins composés d'un mortier lui aussi à base de silicate d'éthyle. La mise au point des mortiers utilisés comme solins et comme coulis d'injection ont fait l'objet de plusieurs rapports scientifiques<sup>12</sup> ainsi que d'une communication à un colloque international<sup>13</sup>.

## BONNES OU MAUVAISES ?

Chaque chantier de conservation-restauration est un cas particulier. Les procédures et les produits de conservation utilisés lors de la campagne d'intervention 2001-2009 à la cathédrale de Lausanne ont été spécifiquement sélectionnés, adaptés, voire développés pour cet édifice, sa pierre et ses altérations particulières. Les décisions et les choix adoptés ont été mûrement réfléchis et les résultats de laboratoire ont paru très prometteurs quant à la compatibilité entre les produits retenus, la pierre et ses conditions d'exposition. Pourtant les véritables tests de durabilité sont en cours: aucun test de laboratoire ne permet de prédire l'efficacité, la durabilité ou l'innocuité d'un traitement. Seule l'évolution du système *in situ* nous renseignera vraiment sur la pertinence des traitements qui ont été effectués [fig. 2]. La publication des résultats du suivi de telles interventions – qu'ils soient bons ou mauvais – seront une aide précieuse pour les conservateurs-restaurateurs, les architectes et les scientifiques cherchant des réponses aux difficultés de conservation similaires, en particulier à la question de la conservation des pierres affectées par des altérations en plaques.

## TABLEAU 2

**Caractéristiques des remplissages des quelques plaques de cavités ayant entre 5 et 25 mm de large et conservées à titre d'essai.**

INTERVENTION	DÉTAILS
TRAITEMENT DES PLAQUES (5 < cavité < 25 mm) POUR ESSAI	<p>Coulis de remplissage à la chaux hydraulique naturelle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Préparation de la pierre : nettoyage et élimination de toute la matière pulvérulente, par micro-sablage, brossage et soufflage à air comprimé</li> <li>- Pré-consolidation au moyen de Wacker OH 100 jusqu'à saturation</li> <li>- Perçage de trous d'injection en fonction de la grandeur des plaques</li> <li>- Pré-mouillage intensif avec de l'eau distillée quelques heures avant l'injection</li> <li>- Pré-mouillage avec eau-alcool 50:50 immédiatement avant l'injection</li> <li>- Au besoin, injection d'un lait de chaux (1x chaux en pâte, 2x eau)</li> <li>- Injection du coulis de remplissage avec la recette «2-NHL», soit <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 part de chaux hydraulique naturelle NHL 5 de St Astier,</li> <li>- 3 parts de sable d'Estavayer 0-1mm,</li> <li>- 1 part de glass bubbles Scotchlite K20 0-177Am</li> <li>- 2,2 parts d'eau tempérée</li> </ul> </li> <li>- Colmatage de fond des grandes lacunes avec un mortier de chaux (1 part de chaux de fosse pour 3 parts de sable du lac de Neuchâtel 0-3mm)</li> <li>- Colmatage de finition avec le mélange approprié de poudres de molasse liées dans du SYTON X30.</li> </ul>

## NOTES

<sup>1</sup> Voir l'article de Bénédicte Rousset dans la présente publication, en pp. 24-29.

<sup>2</sup> Communication personnelle de Werner Stöckli. Ce taux de survie est exceptionnellement haut pour des façades extérieures. Parmi les 70% restants, la majeure partie remonte à la restauration de Viollet-le-Duc (1873-1878) et de son successeur Assinare (1877-1886), mais il y a également des témoins des restaurations du XVIII<sup>e</sup> et du XX<sup>e</sup> siècle. À noter qu'à l'intérieur de la cathédrale, environ 95% de la maçonnerie remonte au XIII<sup>e</sup> siècle.

<sup>3</sup> Expert Center, Association Gentile-James, *Cathédrale de Lausanne. UEF, La conservation de la molasse in situ. Recherches et évaluations (nettoyage, consolidation, colmatage). Rapport de synthèse*, Lausanne 2005 (non publié).

<sup>4</sup> Voir note 3.

<sup>5</sup> *Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre*, éd. par ICOMOS-ISCs, Paris 2008.

<sup>6</sup> Voir note 1.

<sup>7</sup> Voir note 1.

<sup>8</sup> À la collégiale Saint-Vincent de Berne ou à la cathédrale Notre-Dame de Bâle par exemple.

<sup>9</sup> Claude FÉLIX, «Choix de grès tendres du Plateau suisse pour les travaux de conservation», in *Conservation et restauration des biens culturels: pierre, pollution atmosphérique, peinture murale, études scientifiques et cas pratiques* (Actes du congrès Laboratoire de conservation de la pierre), Montreux 1995, pp. 45-71.

<sup>10</sup> Suivant sa porosité et son degré d'altération, la densité de la Molasse grise de Lausanne varie entre 2,5 et 2,2.

<sup>11</sup> Le curage des plaques consiste à éliminer la matière pierreuse chargée en gypse et désagrégée – voire totalement pulvérulente – qui se trouve systématiquement entre la plaque superficielle cohérente et la pierre saine sous-jacente.

<sup>12</sup> Expert Center, Association Gentile-James 2005 (cf. note 3); Expert Center, *Cathédrale de Lausanne – Évaluation des coulis de remplissage des altérations en plaques de la molasse - 1ère partie, Rapport EC/BR/03604*, Lausanne 2004; - 2ème partie, *Rapport EC/BR/04601*, Lausanne 2004; - 3ème partie, *Rapport EC/BR/04607*, Lausanne 2004; - 4ème partie, *Rapport EC/JC/05301*, Lausanne 2005 (non publiés).

<sup>13</sup> Bénédicte Rousset, Stefania GENTILE, Julian JAMES & Barbara Pozzi, «Injection grouts for molasse sandstones: preliminary assessments», in *Proceedings RILEM workshop: Repair mortars for historic masonry*, Delft 2005 (<http://www.cscsarl.ch/5-0-publications.html>).