



# CSC

Conservation Science Consulting Sàrl

La science au service des monuments et des sites  
Wissenschaft im Dienst historischer Bauten und Anlagen  
Science for monuments and sites

## A. 0014.01f - 25.2.2009

**BS, BE, FR ET VD - CATHÉDRALES DE BÂLE, DE BERNE,  
DE FRIBOURG ET DE LAUSANNE**

**PROJET DE CONTRÔLE ET DE SUIVI DES CONSOLIDATIONS -  
RÉSULTATS DES TESTS DE LABORATOIRE**



### Résumé :

Jusqu'à récemment il était courant de déposer les pierres présentant des altérations structurales même lorsqu'elles n'avaient pas d'implication grave pour la statique. La volonté actuelle est plutôt de conserver un maximum de matériau historique en place, et par conséquent, des méthodes de conservation visant à renforcer et protéger les pierres sont appliquées plus régulièrement. Parmi ces méthodes, les techniques de consolidation sont couramment employées depuis les trente dernières années. Malgré cette relative expérience, lorsqu'il s'agit d'estimer l'efficacité et la durabilité de ces traitements de consolidation, les praticiens comme les scientifiques ne savent pas très bien comment répondre aux questions. Pour tenter d'y remédier, nous avons souhaité mettre à disposition des praticiens des méthodes simples, si possible peu coûteuses et non destructives, qui leur

permettraient de déterminer eux-mêmes les quantités de produits à appliquer, la méthode d'application appropriée et d'assurer eux-mêmes le suivi de leurs traitements.

Pour cela, nous avons sélectionné un MOIST 200B, permettant de mesurer la réflexion des micro-ondes et un COMBO 200, appareil mesurant la conductibilité électrique. Nous espérons que, par une mesure de surface, l'appareil MOIST 200B pourrait nous indiquer la profondeur de pénétration et la quantité de liquide (eau ou consolidant) ayant pénétré dans une pierre à la surface de laquelle ce liquide serait appliqué. Malheureusement, les résultats montrent que - pour les matériaux testés du moins - les valeurs fournies par cet appareil ne peuvent être utilisées ni pour estimer la teneur en liquide du matériau, ni pour évaluer la profondeur de pénétration de ce liquide. Quant au conductivimètre COMBO 200, que nous souhaitions utiliser pour confirmer ou préciser les informations fournies par le MOIST, les essais effectués au cours de cette étude ont montré qu'il n'était pas du tout adapté à des mesures de surface non destructives sur les pierres.

Cette étude, nous a néanmoins permis de mieux connaître les matériaux mis à disposition par les 4 cathédrales, c-à-d les grès de Maintal et de Wiesental pour la cathédrale de Bâle, le grès de Gurten pour la cathédrale de Berne, la molasse de Villarod pour la cathédrale de Fribourg et enfin la molasse de la Mercerie pour la cathédrale de Lausanne.

De plus, les résultats permettent de mieux comprendre les phénomènes qui régissent la pénétration des liquides dans une pierre par imbibition capillaire. En particulier, nos résultats montrent qu'aucun test de laboratoire ne permet de déterminer la quantité de consolidant à appliquer pour assurer la consolidation optimale. Pratiquement, ceci implique que la meilleure façon d'appliquer un consolidant est une application "à refus", cette notion de "refus" étant à définir précisément au cas par cas : comme le montrent nos résultats, la quantité maximale de liquide absorbable par unité de temps et de surface d'application ainsi que la profondeur de pénétration correspondante, dépendent de la nature et de l'état de la pierre, de la méthode d'application et de la nature du produit (il est aussi probable que la présence de sels solubles ou d'anciens produits de traitement sur la surface et/ou dans la porosité influencent beaucoup cette quantité absorbable). L'application doit donc toujours être ajustée au cas par cas, édifice par édifice, pierre par pierre et même portion de pierre par portion de pierre pour les pierres affectées par des altérations inhomogènes ou graduelles, c-à-d dans la majorité des cas.

Par conséquent, l'application des consolidants ne peut pas être "mécanisée", l'œil et l'expérience de l'applicateur étant absolument nécessaires pour faire ces ajustements. D'après cette étude, les tests de laboratoire donnent des résultats trop éloignés de la réalité et aucune technique non destructive peu coûteuse ne semble actuellement permettre un contrôle (puis un suivi) des traitements de consolidation *in situ*. Ainsi, la seule façon de savoir exactement comment un consolidant pénètre et se répartit dans une pierre donnée, avec un état d'altération donné, est de procéder à des tests destructifs *in situ*. De plus, pour assurer un suivi intelligent et utile des essais de consolidation dans le temps, il est primordial de documenter les interventions et de les documenter de façon pertinente et utilisable lorsque des personnes étrangères aux traitements voudront les comprendre dans le futur.

Cette étude nous pousse à nous poser des questions sur l'efficacité et la durabilité des consolidations aux silicates d'éthyle. Quel rôle joue exactement le gel de silice qui se forme lors de leur séchage ? Comment peut-il redonner une cohérence à des grains très désolidarisés ? Quelles sont les formes d'altération "consolidables" ? Quelles sont les relations exactes entre les conditions environnementales et les consolidants à base de silicates d'éthyle ? Quelle est l'influence des molécules qui restent hydrophobes après la formation du gel ? Quelle est l'influence du gel de silice lui-même sachant que certaines observations tendent à prouver qu'il peut, dans certains cas, accélérer l'apparition de dégradations de la pierre consolidée ? Comment ce gel évolue-t-il dans le temps ? Comment interagit-il avec la pierre et comment son vieillissement influence-t-il la durabilité de la consolidation ?

En raison de toutes ces questions actuellement sans réponse et des résultats de notre étude, nous concluons qu'il n'est pas possible de pronostiquer les conséquences exactes d'une consolidation aux silicates d'éthyle sur la durabilité de la pierre traitée et que par conséquent, une telle consolidation ne doit jamais être utilisée comme méthode de conservation préventive mais seulement et exclusivement comme remède.