

LES ALTERATIONS SALINES : DIAGNOSTIC ET REMEDES

Session de formation permanente organisée par le département des restaurateurs en partenariat avec le centre interdisciplinaire de conservation et restauration du patrimoine (CICRP)

CICRP, 21, rue Guibal, 13003 Marseille, 29-30-31 mai 2024

Orientation bibliographique réalisée par la Bibliothèque de l'Inp et les intervenants

Tous les documents ci-dessous peuvent être consultés à la Bibliothèque de l'INP, à l'exception de ceux précédés d'un astérisque.

Les mémoires des élèves restaurateurs et les bibliographies de l'Inp sont accessibles en ligne sur <https://mediatheque-numerique.inp.fr/>

Les sels : facteurs de dégradation du patrimoine

*ANGELI Mathieu, *Etude multi échelle de la dégradation des roches par la cristallisation de sels dans les réseaux poreux*, thèse de doctorat, spécialité géologie, sciences de la terre, Université de Cergy Pontoise, 2007, 239 p.

https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/239456/filename/Angeli_PhD.pdf (consulté le 27 mai 2024)

ARNOLD Andreas, ZEHNDER Konrad, « Stone damage due to formate salts », *Studies in Conservation*, 1984, Vol. 29, n° 1, p. 32-34

GOUDIE Andrew, VILES Heather, *Salt weathering hazards*, Chichester New York, N.Y. Weinheim, Wiley, 1997, 241 p.

GUILLERME André, *Bâtir la ville, Révolution industrielle dans les bâtiments de construction : France – Grande Bretagne (1760-1840)*, Seyssel, Champ-Vallon, 1995

KLOPPMANN Wolfram, VERGES-BELMIN Véronique, ROLLAND Olivier, et al., « Néoformation des sulfates comme facteur de dégradation des pierres des monuments. Détermination par traçage isotopique (B,O,S) des sources internes et externes du soufre », *Techne*, 2008 - n° hors-série [Actes du colloque Science des matériaux du patrimoine culturel, 6 et 7 décembre 2008]

PENDER Robyn, « The behaviour of water in porous building materials and structure », *Reviews in conservation*, 2004, n° 5, p. 49-62

REALINI M., TONIOLO L. (ed.), *<The> oxalate films in the conservation of works of art: II International symposium (II), proceedings, Milan, March 25-27, 1996*, [Centro CNR Gino Bozza](#), Milano, EDITAM, 1996, 539 p.

ROLLAND Olivier, « Les châteaux de la Loire malades du plâtre ? », *CoRé*, N°6, mai 1999, p. 49-53

ROLLAND Olivier, *Sculptures monumentales : tests simples d'identification de mortiers, résines et sels*, Tours, Association des restaurateurs de sculpture de l'Ecole de Tours (Arset), 2008

<http://arset.les-forums.com/topic/45/sculptures-monumentales-tests-simples-d-identifi/>
(consulté le 27 mai 2024)

ROYER Amandine, « Le « ciment romain » en France : un matériau du XIXème siècle méconnu », *Monumental*, 2006, p. 90-95

VERGES-BELMIN Véronique, BROMBLET Philippe, « Altération de la pierre par les sels », *Monumental*, 2001, p. 226-233

VERGES-BELMIN Véronique, BROMBLET, Philippe, « La pierre et les sels », In *Monumental*, 2001, p. 224-261

Les sels : étude et caractéristiques

Association française de normalisation (AFNOR), *Extraction et Détermination des sels solubles dans la pierre naturelle et les matériaux associés utilisés dans le patrimoine culturel, norme AFNOR française (NF EN 16455), 15 novembre 2014*, In *Conservation des biens culturels et du patrimoine, recueil de normes* Saint-Denis, AFNOR, 2015, vol. 2, p. 235-247

BLAÛER BÔHM Christine, « Salzuntersuchungen an Baudenkmalern », *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*, 1994 - Vol. 8 n° 1, p.86-103

CARIATI Franco, RAMPAZZI Laura, TONIOLO Lucia et al., « Calcium oxalate films on stone surfaces, experimental assessment of the chemical formation », *Studies in Conservation*, 2000, Vol. 45, n° 3, p. 180-188

Conservation des biens culturels - Extraction et Détermination des sels solubles dans la pierre naturelle et les matériaux associés utilisés dans le patrimoine culturel, norme AFNOR française (NF EN 16455), 15 novembre 2014

GROSSI C.M., ESBERT R.M., SUAREZ DE RIO L.M., « Acoustic emission monitoring to study sodium sulphate crystallization in monumental porous carbonate stones », *Studies in conservation*, 1997, Vol. 42, n° 2, p. 115-125

KLOPPMANN Wolfram, VERGES-BELMIN Véronique, ROLLAND Olivier et al., « Néof ormation de sulfates comme facteur de dégradation des pierres des monuments, détermination par traçage isotopique (B, O, S) des sources internes et externes du soufre », *Techne*, 2008, n° Hors-série, p. 114-119

MENÉNDEZ B., « Estimation of salt mixture damage on built cultural heritage from environmental conditions using ECOS-RUNSALT model », *Journal of Cultural Heritage*, vol. 24, March-April 2017, p. 22-30

ODEGAARD Nancy, HILL Patricia, SANTARELLI Brunella, et al., « Detecting and identifying salts during the desalination process with spot test papers », *WAAC Newsletter*, Janvier 2011, Vol. 33 n° 1, p. 14-17

VERGES-BELMIN Véronique, BROMBLET Philippe, « Les méthodes d'analyse des sels », *Monumental*, 2001, p. 234-239

VOUVE Jean, VOUVE Frédérique, « Mécanismes d'acquisition et processus de transferts des sels au sein de matériaux et objets poreux perméables », in *7es journées d'études de la SFIC, Poitiers, 9-10 Mai 1996*, Champs-sur-Marne, SFIC, 1996, p. 21-32

Le dessalement : principes et méthodes

BROMBLET Philippe, VERGES-BELMIN Véronique, « L'élimination des sulfates sur la statuaire de plein air : une habitude discutable » in *Le dessalement des matériaux poreux, Journée d'étude de la SFIC, Poitiers, 9-10 mai 1996*, Champs-sur-Marne : SFIC, 1996, p. 55-63

DOEHNE Eric, PRICE Clifford A., *Stone Conservation. An Overview of Current Research*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 2010 (second edition)

HERITAGE Alison, HERITAGE Adrian, ZEZZA Fulvio, *Desalination of historic buildings, stone and wall paintings*, London : Archetype publications, 2013 [Fait partie du "Desalination project" clôturé par un colloque du même nom ayant eu lieu à Cologne, les 28-29 septembre 2009]

LIEGEY Anne, « L'élimination des sels solubles: protocole de dessalement des tablettes cunéiformes en terre crue ou cuite », *Conservation restauration des biens culturels (CRBC)* ; 2012 - n° 30, p. 19-24

RINUY Anne, SCHWEIZER François, « Méthodes de conservation d'objets de fouilles en fer, étude quantitative comparée de l'élimination des chlorures », *Studies in Conservation*, 1981, Vol. 26 n° 1, p. 29-41

WHITE Chris, POOL Marilen, CARROLL Norine, « Short communication: a revised method to calculate desalination rates and improve data resolution », *AIC Journal of the American Institute for Conservation*, Printemps-Eté 2010 - Vol. 49 n° 1, p. 45-52

Le dessalement par compresses

*BOURGES Anne, VERGES-BELMIN Véronique, « Application of fresh mortar tests to poultices used for the desalination of historical masonry », *Materials and Structures* 44 (16), août 2011, p. 1233-1240

HERITAGE Alison, HERITAGE Adrian, « Le dessalement des peintures murales et des décors architecturaux par compresses, une utopie ? », *Monumental*, 2012, n° 2, p. 99-101

*LOMBARDO T., SIMON S., « Desalination by poulticing: laboratory study on controlling parameters » in *Proceedings of the 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Stockholm, June 27-July 2 2004*, ICOMOS Sweden, Stockholm, p. 323-330

*LRMH, *Desalination. Des compresses pour dessaler murs et maçonneries* [en ligne], projet européen 2006-2009
http://rmit.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/BK/Over_de_faculteit/Afdelingen/RMIT_en_MediaStudies/RMIT/Onderzoek/Projecten/Desalination/Newsletters/doc/Panneau_1_et_2_desalination_20071.pdf
(consulté le 27 mai 2024)

LUBELLI Barbara, VAN HEES Rob P. J., « Desalination of masonry structures: Fine tuning of pore size distribution of poultices to substrate properties », *Journal of cultural heritage* Vol. 11 n° 1, Janvier-mars 2010, p. 10-18

Non-destructive desalination of natural stones and other porous building materials with poultices, WTA Publications, 2005 (WTA guideline 3-13-01/E)

PEL Leo, SAWDY Alison, VORONINA Victoria, « Physical principles and efficiency of salt extraction by poulticing », *Journal of cultural heritage* Vol. 11 n° 1, Janvier-mars 2010, p. 59-67

**Poultice Desalination of Porous Building Materials* [en ligne], The Getty Conservation Institute, 2010
http://www.getty.edu/conservation/our_projects/education/poultice/ (consulté le 27 mai 2024)

**Poultice Desalination of Porous Building Materials* [en ligne], The Getty Conservation Institute, 2010
http://www.getty.edu/conservation/our_projects/education/poultice/ (consulté le 27 mai 2024)

SAWDY Alison, LUBELLI Barbara, VORONINA Victoria, et al, « Optimizing the extraction of soluble salts from porous materials by poultices », *Studies in Conservation* 2010, vol. 55 n° 1, p. 26-40

VERGES-BELMIN Véronique, HERITAGE Alison, BOURGES Anne, « Powdered Cellulose Poultices in Stone and Wall Painting Conservation - Myths and Realities », *Studies in Conservation* 2011, vol. 56 n° 4, p.281-297

*VERGES-BELMIN Véronique, Siedel H., « Desalination of masonries and monumental sculptures by poulticing : a review » [en ligne], *Restoration of buildings and monuments / Bauinstandsetzen und baudenkmalpflege*, vol. 11, n° 6, 2005, p. 391-408
https://www.researchgate.net/publication/287131060_Desalination_of_Masonries_and_Monumental_Sculptures_by_Poulticing_A_Review_Entsalzen_von_Mauerwerk_und_Steinfiguren_mit_Hilfe_von_K_ompressen_Ein_Uberblick (consulté le 27 mai 2024)

*VORONINA Victoria, SAWDY Alison, PEL Leo, et al., « The influence of osmotic pressure on poulticing treatments for cultural heritage objects », *Materials and Structures* 46 (1-2), janvier 2012, p. 221-231

Dessalement et électrocinétique

FEIJOO Jorge, NOVOA Xosé Ramon, RIVAS Teresa, et al., « Granite desalination using electromigration : influence of type of granite and saline contaminant », *Journal of cultural heritage* Vol. 14 n° 5, septembre-octobre 2013, p. 365-376

*KAMRAN K., PEL Leo, SAWDY Alison, Huinink et al., « Desalination of porous building material by electrokinetics, an NMR study », *Materials and structures*, 2012, 45, p.297-308

VERGES-BELMIN Véronique, « Électrophorèse appliquée au dessalement de la pierre », *Technè* n° 12, 2000, p. 28-33

Dessalement par bain

*BROMBLET Philippe, VERGES-BELMIN Véronique, et al., « Toward an optimization of the specifications for water bath desalination of stone objects », in *Salt weathering on buildings and stone sculptures. International Conference SWBSS 19-22 October 2011*, Limassol Cyprus ed., 2011, p. 397-404

KOOB Stephen, YEE Ng Won, « The desalination of ceramics using a semi-automated continuous washing station », *Studies in Conservation* 2000, Vol. 45 n° 4, p. 265-273.

Etudes de cas

BOURGES Anne, VERGES-BELMIN Véronique, « Comparison and optimization of six desalination systems on inner walls of Saint-Philibert church in Dijon, France », In *Salt weathering on buildings and stone sculptures: proceedings from the international conference, The National Museum, Copenhagen, Denmark, 22-24 October 2008*, Copenhagen: Technical university of Denmark, Department of civil engineering, 2008, p. 29-40

BRAJER Isabelle, KLENS LARSEN P., « The salt reduction treatment on the wall paintings in Tirsted church », in *Salt weathering on buildings and stone sculptures: proceedings from the international conference, The National Museum, Copenhagen, Denmark, 22-24 October 2008*, Copenhagen: Technical university of Denmark, Department of civil engineering, 2008, p. 219-228

GODIN Jean, PITHON Michel, VERGES-BELMIN Véronique, « A Four-year survey of the water contents and movements within a masonry core after a restoration campaign: a case study in Notre-Dame-La-Grande (Poitiers, France) », in *9th International congress on deterioration and conservation*

of stone: proceedings, Venice, June 2000, Amsterdam/Lausanne/New York, Elsevier, 2000, vol. 2, p. 73-81

NUNES Cristiana, SKRUŽNÁ Olga, VÁLEK Jan, « Study of nitrate contaminated samples from a historic building with the hygroscopic moisture content method: Contribution of laboratory data to interpret results practical significance », *Journal of Cultural heritage*, vol. 30, March/April 2018, p. 57-69

VERGES-BELMIN Véronique, « Le dessalement de la façade de l'église Notre-Dame-la-Grande de Poitiers : contrôles d'efficacité », in *Le dessalement des matériaux poreux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers*, SFIIC, Champs-sur-marne, 1996, p. 219-232

VERGES-BELMIN Véronique, GOSSELIN C. 2006: « Un matériau novateur utilisé à la cathédrale de Bourges au XIXème siècle », *Monumental*, 2006, 1, p. 96-99

ZEHNDER K., ARNOLD A., SPIRIG H., « Altération des peintures murales par les sels solubles : étude de cas à l'exemple de la crypte de la cathédrale de Zurich », *Maltechnik Restauro*, n° 2, avril 1986