****

**Gérer les problèmes de sels**

**Session de formation permanente organisée par le département des restaurateurs en collaboration avec le Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH)**

**Champs-sur-Marne, LRMH, 8, 9 & 10 juillet 2020**

**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 de fin d’études de l’Inp sont consultables en ligne après attribution d’un code fourni par le service de la documentation des œuvres :* [*documentation.oeuvres@inp.fr*](mailto:documentation.oeuvres@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 3 juin 2020)

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

Boccia Paterakis $b Alice, Steiger $b Michael, « Salt efflorescence on pottery in the Athenian agora: a closer look », Studies in Conservation $d mai 2015 $v Vol. 60 n°3, p. 172-184

El-Gohary $b Muhammad, « Chemical deterioration of egyptian limestone affected by saline water », International Journal of Conservation Science $v Vol. 2 n° 1 $d Janvier/mars 2011, p. 17-28

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

Kamh $b G.M.E., Oguchi $b C.T., « Alteration index, normalized weight and geomorphic changes of dimensional limestone on artificial salt weathering », Restoration of Buildings and Monuments $v Vol. 18 n° 6 $d 2012, p. 381-396

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](http://cadicintegrale.inp.fr/exl-php/cadcgp.php?MODELE=vues/bib_portail_-_recherche_avancee/tpl-r.html&TABLE=bib_doc&NBREP=50&SETS=SET%20SHOW_MATCHES%20%27TRUE%27;set%20thesaurus_name%20%27exlibris.fth%27;set%20search_memory_size%2050000;&SET_1=set%20term_generator%20%27%27;&SET_2=set%20relevance_method%20%272:2%27;&SET_3=&SET_4=&SET_5=&SET_6=&SET_7=&SET_8=&SET_9=&RESTRICT_INIT=%28LCK_CLI%20NOT%20CONTAINS%20%27LOCKTAG%27%29%20and%20%28LCK_CLI%20not%20%20contains%20%27SUPPR%27%29%20and%20%28DOC_AFFICHE=1%29&CMD=CHERCHE&WHERE_DOC_AUTMO_A=%22$a-Centro-CNR-Gino-Bozza%22), 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*](http://arset.les-forums.com/go/SculpturesMonumentalesTestsSimplesDIdentificationDeMortiersResinesEtSels/), 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 12 avril 2018)

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

Zehnder $b Konrad, Arnold $b Andreas, « Stone damage due to formate salts », Studies in Conservation $d 1984 $v Vol. 29 n° 1, p. 32-34

**Les sels : étude et caractéristiques**

Arnold $b Andreas, « Determination of mineral salts from monuments », Studies in Conservation $d 1984 $v Vol. 29 n° 3, p. 129-138

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 Baudenkmälern », *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

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

Halsberghe $b Lieve, Erhardt $b David; $a Gibson $b Lorraine T.; $a Zehnder $b Konrad, « Simple methods for the identification of acetate salts on museum objects », ICOM-CC 14th triennial meeting The Hague, 12-16 September 2005, preprints $v vol. 2, p. 639-647

Klenz Larsen $b Poul, « Determination of water content in salt contaminated brick masonry using gypsum blocks and a dielectric probe », Restoration of Buildings and Monuments $v Vol. 17 n° 5 $d 2011, p. 275-288

KLOPPMANN Wolfram, VERGES-BELMIN Véronique, ROLLAND Olivier et al., « Néoformation 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

Stenger $b Jens, Kwan $b Eugene; $a Eremin $b Katherine; $a et al., « Lithol red salts $b Document électronique $e characterization and deterioration », E-preservation science $v vol. 7 $d 2010, p. 147-157 <http://www.morana-rtd.com/e-preservationscience/2010/Stenger-29-05-2010.pdf> (consulté le 5 juin 2020)

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 SFIIC, Poitiers, 9-10 Mai 1996*, Champs-sur-Marne, SFIIC, 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 SFIIC, Poitiers, 9-10 mai 1996*, Champs-sur-Marne : SFIIC, 1996, p. 55-63

<Le >déssalement des matériaux poreux : Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, 9-10 mai 1996

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" cloturé 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

KRONER Stephan, Berta Manas Alcaide $g Xavier Mas-Barberà, « Influence of substrate pore size distribution, poultice type, and application technique on the desalination of medium-porous stones », Studies in Conservation $d septembre 2016 $v Vol. 61 n° 5, p. 286-296

\*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 12 avril 2018)

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 12 avril 2018 )

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\_Kompressen\_Ein\_Uberblick](https://www.researchgate.net/publication/287131060_Desalination_of_Masonries_and_Monumental_Sculptures_by_Poulticing_A_Review_Entsalzen_von_Mauerwerk_und_Steinfiguren_mit_Hilfe_von_Kompressen_Ein_Uberblick%20)  (consulté le 12 avril 2018)

\*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 SWBSS19-22 October 2011*, Limassol Cyprus ed., 2011, p. 397-404

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

**Etudes de cas**

Bandini $b Fabrizio, Lanterna $b Giancarlo ; $a Mazzinghi $b Anna ; $a et al., « Il restauro del Sant'Agostino di Botticelli nella chiesa di Ognissanti e le relative indagini diagnostiche », OPD Restauro $d 2014 $v n° 26, p. 15-34

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

Cambon de Lavalette $b Adèle, "Sainte Catherine d'Alexandrie et Sainte Catherine de Sienne", étude et restauration de deux bas-reliefs padouans en terre cuite de la seconde moitié du XVe siècle, Musée des Arts Décoratifs, Paris $b Mémoire ou thèse $e Comparaison des propriétés des compresses à base de kaolin et à base de métakaolin pour le dessalement superficiel des terres cuites

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

Ma $b Yi-Min, Zhang $b Hui; $a Zhang $b Bing-Jian; $a et al., « The protective effect of grease stains caused by hands touching stone relics », International Journal of Conservation Science $v Vol. 5 n° 1 $d janvier-mars 2014, p. 9-20

Neate $b Sarah, Decoux $b Sandrine; $a Pollard $b Mark, « An investigation of the extent and causes of salt migration in the papyrus and related collections in the Bodleian Library », Restaurator $d 2011 $v Vol. 32 n° 2, p. 135-159

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

Ottosen $b Lisbeth M., Dias-Ferreira $b Celia ; $a Ribeiro $b Alexandra B., « Electrochemical desalination of historic Portuguese tiles $b Article $e Removal of chlorides, nitrates and sulfates », Journal of cultural heritage $v Vol. 16 n° 5 $d septembre-octobre 2015, p. 712-718

Piechota $b Dennis, Drake Piechota $b Jane, « A simple survey kit for chloride detection on cuneiform tablets and other collections », Studies in Conservation $d janvier 2016 $v Vol. 61 n° 1, p. 58-61

ROBIN Juliette, Conservation-restauration d'un relief en plâtre d'Auguste Rodin pour un des pilastres de la Porte de l'Enfer (vers 1885 ; Meudon, Musée Rodin). $e Etude de l'influence de l'état hydrique sur la déformabilité du plâtre, Aubervilliers, Inp-département des restaurateurs : 2017, 283 p.

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