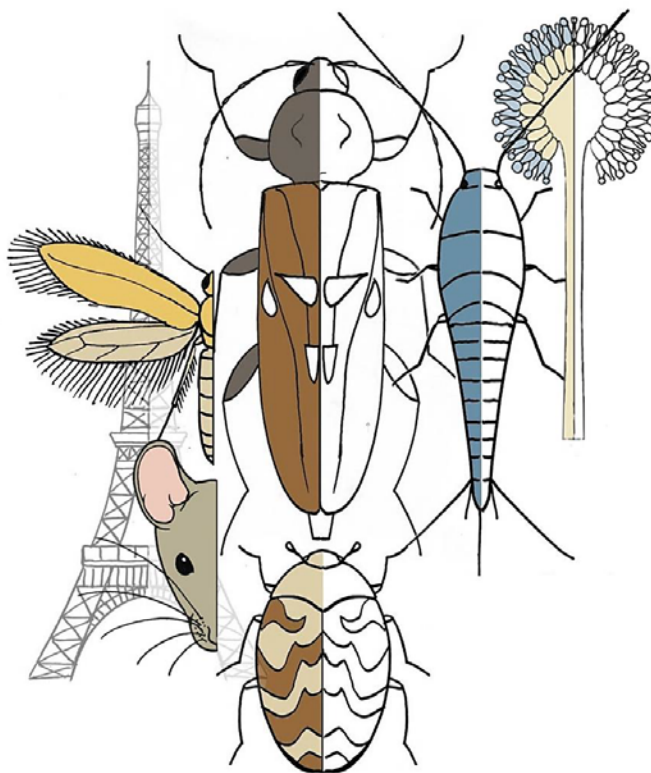


# IPM

INTEGRATED PEST MANAGEMENT



Actes du 3<sup>e</sup> colloque international  
**Gestion intégrée des contaminants biologiques  
dans les musées, archives, bibliothèques  
et demeures historiques**

13-15 septembre 2016  
musée du Louvre, Paris

3<sup>rd</sup> international IPM Conference  
**in Museums, Archives, Libraries  
and Historic Buildings**  
13-15 September 2016  
Louvre Museum, Paris

Les membres de l'association ARACHNET remercient chaleureusement tous les conférenciers et modérateurs qui ont apporté leurs expertises, avec rigueur et générosité, ils ont grandement contribué au succès du colloque.

Nous tenons à remercier nos partenaires, qui ont permis la tenue de ce colloque et plus particulièrement, le ministère de la Culture et de la Communication et la Fondation des Sciences du Patrimoine pour leur soutien ; le Musée du Louvre et le Centre des Monuments Nationaux qui nous ont accueilli durant ses journées de colloques ; ainsi que les institutions qui nous ont organisé des visites thématiques : le Musée du Quai Branly – Jacques Chirac, le Mobilier National, la Bibliothèque nationale de France, le Muséum National d'Histoire Naturelle, et le Centre des Monuments Nationaux. Nous exprimons notre reconnaissance à l'Institut National du Patrimoine pour l'organisation de la journée de formation.

Nous remercions également tous nos sponsors pour leur soutien, et particulièrement Abiotec pour l'organisation du salon ainsi que les exposants : Arden-Plast, Codine, SCT, Deffner et Johann, Hygiène Office, ISTAV, Museum Experts, Panko, Thermo Lignum, ATA, et Julien Norwood qui a conçu le graphisme de tous nos supports de communication.

-----

*The members of the ARACHNET association heartily thank all the speakers and chairmen who contributed their expertise, with rigor and generosity, they greatly contributed to the success of the conference.*

*We would like to thank our partners, who made it possible to hold this conference and more particularly, the Ministère de la Culture et de la Communication and the Fondation des Sciences du Patrimoine for their support ; the Louvre Museum and the Centre des Monuments Nationaux which welcomed us during its conference days; as well as the institutions that organized thematic tours for us : the Musée du Quai Branly – Jacques Chirac, the Mobilier National, the Bibliothèque nationale de France, the Muséum National d'Histoire Naturelle, and the Centre des Monuments Nationaux. We express our gratitude to the Institut National du Patrimoine for the organization of the training day.*

*We are very grateful to our sponsors for their support. Abiotec, for the show's organization and Arden-Plast, Codine, SCT, Deffner et Johann, Hygiène Office, ISTAV, Museum Experts, Panko, Thermo Lignum, ATA and Julien Norwood who designed the graphics for all our communication media.*

Après l'Italie en 2011 et l'Autriche en 2013, le troisième colloque international sur la gestion intégrée des contaminants biologiques (IPM, *Integrated Pest Management*), dans les musées, archives, bibliothèques et demeures historiques, s'est tenu à l'auditorium du Louvre du 13 au 15 septembre 2016. Il a réuni 170 auditeurs autour de 30 communications et devant des posters et les espaces dédiés à des entreprises spécialisées. Elles ont présenté des solutions innovantes pour la gestion des contaminations biologiques (pièges lumineux sans UV, détection précoce des moisissures, assainissement de l'air, traitements...).

L'association, ARACHnet, a pris en charge l'organisation matérielle et scientifique de ces journées ainsi que celle de l'atelier de formation organisé à l'INP sur l'IPM les précédant. Cette association perdure afin d'offrir un espace d'échanges. Tous les participants ont salué la qualité de ce colloque et de ses côtés.

Ce fut l'occasion de présenter la norme européenne NF EN 16790:2016 *Conservation du patrimoine culturel – Gestion intégrée des nuisibles (IPM) pour la protection du patrimoine culturel*.

Des retours d'expérience ont montré la difficulté de faire face à la prolifération des nuisibles. Une politique globale permet de diminuer les risques de prolifération par la surveillance des collections et de l'environnement, le contrôle de la température et de l'humidité, les dépoussiérages réguliers comme l'ont démontré les Musées Arlaten, du Louvre et du Quai Branly, le Mobilier national, le Muséum d'Histoire naturelle, les Archives de France, le Centre national du Cinéma, le chantier des collections à la BnF, le centre de conservation et d'étude de Lorraine, les minières de silex néolithiques, l'Ecosse et les demeures privées britanniques, ou lors des expositions au Victoria Albert Museum...

Seuls les français ont évoqué la lutte difficile contre les moisissures. L'analyse précoce de leur présence au moyen d'un biodétecteur (CSTB) qui détecte les composés organiques volatiles qu'elles émettent avant même que nous ne les repérons à l'œil nu. D'autre part des appareils mobiles de dépollution de l'air permettent d'améliorer la qualité de l'air dans des espaces sensibles

Une étude sur la diffusion dans l'air d'huiles essentielles, dont l'action fongistatique avait été analysée il y a des années par un groupe de travail du ministère de la Culture, démontre leur efficacité pour améliorer la qualité de l'air lors des dépoussiérages notamment. Il reste à savoir quel est leur impact sur les collections et la santé des agents si elles étaient utilisées sur le long terme.

Mites et insectes ont été regardés à la loupe, pour mieux les connaître (analyse des sciures et trous d'envol, habitudes). Les poissons d'argent par exemple peuvent proliférer à des humidités supérieures à seulement 30% !), cartographier leur invasion et repérer les nouveaux intrus (Grande-Bretagne), vérifier leur activité au sein des objets par la détection acoustique, les piéger (phéromones, pièges lumineux sans UV...), protéger les collections textiles grâce à des textiles imprégnés et les occire (froid, chaleur, rayonnement gamma, biocides tout en respectant la réglementation européenne de plus en plus contraignante!).

Le prédateur, un xylophage, le *Spathius exarator*, a la capacité de repérer les œufs de l'*Anobium punctatum*, de s'introduire par un très petit trou (0,5mm) pour en tuer une grande partie (98% au bout de 9 mois). Il peut aussi paralyser le *Lyctus brunneus*. Ces traitements alternatifs ont été effectués dans des églises et des musées en Allemagne. Cette expérience démontre qu'il est nécessaire de répéter ces opérations alternatives régulièrement, elle évite les traitements chimiques.

La question de la protection du patrimoine végétal des jardins historiques vis-à-vis des nouvelles espèces invasives a aussi été abordé.

Le colloque s'est terminé par des visites (Musée du quai Branly, Mobilier national, parc Saint-Cloud).

la Suède accueillera le prochain colloque en 2019.

L'association ARACHNET continuera ces activités pour promouvoir l'IPM dans nos institutions patrimoniales.

# Contents / Table des matières

---

Introduction .....	p. 1
IPM - Une nouvelle norme européenne pour la conservation du patrimoine culturel. Contexte - Jean-Claude Hesling .....	p. 7
Integrated Pest Management (IPM) for protection of cultural heritage – presentation of a new European standard - Lisa Nilsen .....	p. 12
La diffusion des huiles essentielles pour l'assainissement de l'air et la conservation du patrimoine culturel - <b>Virginia Gisel de Billerbeck, Laurent Dejasmin</b> .....	p. 18
Retour d'expériences, l'IPM dans les services d'archives français. Le rôle de l'État - <b>Marie-Dominique Parchas</b> .....	p. 28
Evaluation des risques de biocontamination dans les liasses et boîtes d'archives - <b>Alain Roche, Sébastien Gilot</b> .....	p. 30
Techniques d'irradiation gamma pour le traitement biocide des collections patrimoniales - Laurent Cortella, Claudia Salvan, Christophe Albino, Quoc Khoi Tran .....	p. 42
Biodétérioration fongique aux Archives françaises du film: diagnostics et recherche de traitement - <b>Malalanirina Sylvia Rakotonirainy, Bertrand Lavédrine</b> .....	p. 52
Webbing Clothes Moth, <i>Tineola bisselliella</i> (Hummel) Sex Pheromone Transfer from Monitoring Lures to Textiles - <b>Patrick J. Kelley, Laura Mina, James Feston</b> .....	p. 63
Les risques biologiques au centre de conservation et d'étude de Scy-Chazelles - <b>Rolande Simon-Millot</b> ...	p. 75
Transportation of wood boring beetles in wooden transport boxes, wood pallets and newly bought wood in museums - <b>Stephan Biebl, Pascal Querner</b> .....	p. 83
Definition: A time to reshape and tone the IPM program of the National Trust for Scotland - <b>Mel Houston</b> .....	p. 94
A novel strategy in the fight against wood pests: parasitic wasps versus furniture beetles - <b>Dr. Judith Auer, Alexander Kassel</b> .....	p. 107
Cheap, easy and faster pest eradication treatments: a comparison of freezing, anoxia with oxygen scavengers and nitrogen fumigation - <b>Sophie Fürnkranz</b> .....	p. 119

IPM - Conservation préventive et gestion intégrée des nuisibles: le cas du musée du Louvre - <b>Anne de Wallens</b> .....	p. 132
No entry for moths and their friends. How IPM accompanied the move - <b>Viktoria Wagesreiter</b> ...	p. 140
EU biocide products regulations 528/2012. History, present status and effect on the heritage sector - <b>Bob Child</b> .....	p. 152
Muséophagies... jusqu'ou peut-on lutter? - <b>Jacques Cuisin, Christophe Gottini, Anne Préviate</b> .....	p. 154
Retour sur 10 ans de pratique: l'IPM au Musée du quai Branly (2006-2016) - <b>Fabrice Sauvagnargues</b> ..	p. 156
Insect pest management in the private country house - <b>Amber Xavier-Rowe</b> .....	p. 158
IPM, projets de conservation au Mobilier national à court, moyen et long terme - <b>Sandra Isakovitch</b> .....	p. 161
Insect pest preventive measures included in gallery displays at the V&A - <b>Valerie Blyth, David Pinniger</b> .....	p. 163
Museon Arlaten: un projet de rénovation - conséquences pour l'IPM - <b>Michaela Berner, Ghislaine Vallée</b> .....	p. 166
Mise en place d'une politique globale d'IPM au Musée du Louvre - <b>Christophe Gautelier, Jean-Claude N'Dzana-Ekani, Grazia Nicosia, Joëlle Le Roux</b> .....	p. 168
Maîtrise de la qualité de l'air pendant un chantier des collections - <b>Valentin Rottier, Caroline Laffont, Clémentine Kumar</b> .....	p. 172
Petit-Spiennes: Suivi des particules biologiques en suspension dans l'air dans les minières néolithiques de silex avant et après leur ouverture au public - <b>Johann Leplat, Alexandre François, Laurent Fontaine, Hélène Collet, Nancy Verstraelen</b> .....	p. 175
Relation between the presence of fungal species and insect pests in cultural heritage institutions - <b>Bartlomiej Pankowski, Jaroslaw Pawlowicz, Aleksandra Wojcik</b> .....	p. 179
Biodétecteur d'un développement fongique précoce ou caché dédié au patrimoine - <b>Stéphane Moularat, Rukshala Anton, Faisl Boust, Enric Robine</b> .....	p. 183
Modelling the mortality of <i>Hylotrupes bajulus</i> (L.) larvae exposed to anoxic treatment for disinfestation of wooden art objects - <b>Géraud de Streel, Jean-Marc Henin, Patrick Bogaert, Emmanuelle Mercier, Erika Rabelo, Caroline Vincke, Benoît Jourez</b> .....	p. 187
Utilisation des textiles préimprégnés de pyrèthrinoïdes pour la protection des biens culturels - <b>Grazia Nicosia, Fabien Fohrer, Yoanna Dechezleprêtre</b> .....	p. 189
Impact of oxygen reduced atmospheres on the survival of museum pest insects – The “Anoxia-Project” of the National Museums in Berlin - <b>Harro Frauendorf, Bill Landsberger</b> .....	p. 192
A Trail to control <i>Tineola bisselliella</i> using synthetic pheromones as part of an IPM program - <b>Suzanne Ryder, Armando Mendez, Claire Kelly</b> .....	p. 194
Conservation of a large acrylic canvas painting including the eradication of a <i>Nicobium castaneum</i> infestation - <b>Nikolaus Wilke, David Lainé</b> .....	p. 196
Mega Pest Prevention: Low-Temperature Treatment of Contemporary Art at the Museum of Fine Arts, Boston - <b>Cara Kuball</b> .....	p. 200
Outil clé pour la cartographie des zones à risque de développement biologique - <b>Jacques Pages</b> .....	p. 204

Innovation technologique: des pièges lumineux spécifiques pour détecter et surveiller les populations d'insectes nuisibles pour le patrimoine - <b>Mathieu Sachoux</b> .....	p. 206
L'analyse des vermoulures de bois: une aide à l'identification de quelques espèces d'insectes Ptinidae (Coleoptera) - <b>Magali Toriti, Aline Durand, Fabien Fohrer</b> .....	p. 208
ATAX: analyse des traces acoustiques de xylophages - <b>Sandie Le Conte, Stéphane Vaiedelich, Eleonore Kissel</b> .....	p. 210
Les enjeux de conservation du patrimoine végétal des jardins historiques face aux nouveaux ravageurs: impacts et contraintes de lutte - <b>Anne Marchand</b> .....	p. 212
Do you also have the grey Silverfish ( <i>Ctenolepisma longicaudata</i> )? Distribution and first damage to objects in museums in Austria - <b>Pascal Querner, Doris Hassler</b> .....	p. 214
What is eating your collection? - <b>Jane Thompson Webb, David Pinniger</b> .....	p. 216

## POSTERS

p 218

Integrated Pest Management in Italian museums, archives and libraries - <b>Alessia Berzolla, Elisabetta Chiappini, Roberto Nelli, Claudia Sotgia</b> .....	p. 219
Preventive conservation and IPM: their sustainability for cultural properties protection - <b>Alessia Berzolla, Gabriele Canali, Elisabetta Chiappini, Giulia Pezzini, Maria Cristina Reguzzi, Claudia Sotgia</b> .....	p. 220
Know Thine Enemy - <b>Jacqueline Chapman-Gray</b> .....	p. 221
Integrated Pest Management at a glance - <b>Amy Crossman, David Pinniger</b> .....	p. 222
L'environnement complexe des églises et contamination biologique: présentation de plusieurs études de cas - <b>Virginia Gisel de Billerbeck, Jacques Pages</b> .....	p. 223
Understanding of termites helps preserve cultural heritage - <b>Simon Dupont, Elfie Perdereau, Guillaume Baudouin, Anne-Geneviève Bagnères</b> .....	p. 224
The use of UV-C treatment: effect on prehistoric paintings - <b>Olympe Einhorn</b> .....	p. 225
Moths and Eagle Feathers: Cultural Consideration in Infestation Treatment - <b>Katie Fisher</b> .....	p. 226
Project risk control and eradication by biological contamination in the Argentina Navy Archive - <b>Susana Gonzalez</b> .....	p. 227
The attractive qualities of frass, food and pheromones to the biscuit beetle, <i>Stegobium paniceum</i> - <b>Patrick Kelley, Dr Pascal Querner</b> .....	p. 228
There is more to the <i>Zygentoma</i> - <b>Loes Knoop</b> .....	p. 229
The paperfish <i>Ctenolepisma longicaudata</i> Escherich 1905 (giant or grey silverfish) – recent invasive pest to archives and libraries in Berlin - <b>Bill Landsberger</b> .....	p. 230
Using monitoring in English Heritage historic houses to identify insect pest problems and target solutions - <b>Dee Lauder, David Pinniger</b> .....	p. 231
La décontamination des tapisseries de la collégiale de Saint-Martin de Montpezat-de-Quercy par la méthode Warmair de Thermo Lignum International - <b>Pierre Maes, Peter Taeymans</b> .....	p. 232

Challenging choices in a multi-site estate: Pest Management at National Museums Scotland - <b>Tatiana Marasco, Catherine Haworth</b> .....	p. 233
The use quarantine facilities as part of an IPM program - <b>Armando Mendez, Suzanne Ryder</b> .....	p. 234
Maîtrise des populations de rats dans les jardins des Tuileries, établissement public musée du Louvre, Paris - <b>Jean-Michel Michaux</b> .....	p. 235
Historic New England's Controlled Atmosphere Treatment Facility Using Carbon Dioxide - <b>Adam Osgood</b> ....	p. 236
35000 objets à traiter: le cas des collections de la conservation départementale de l'Aveyron - <b>Aline Pelletier</b> .....	p. 237
A new silverfish threat in the UK and Europe, <i>Ctenolepisma longicaudata</i> , the brown silverfish - <b>David Pinniger, Darren Mann</b> .....	p. 238
A pest treatment methodology for a large-scale collections move at the British Museum - <b>Fabiana Portoni, Philip Baxter</b> .....	p. 239
Assessment of Pest control methods in Iranian museums: IPM investigation at the Malek National Library and Museum - <b>Maryam Delgosha, Pascal Querner</b> .....	p. 240
Optimising data collection and documentation with the new Zpest Tracker for portable devices - <b>Leon Zak, Pascal Querner</b> .....	p. 241
Aqua Fumigator-Cyphenothrin 72% against insect pests of library books in Sri Lanka - <b>Udaya Cabral, L.D. Amarasinghe, K.D.G. Wimalaratne, Arjuna Thanthikage, Pascal Querner</b> .....	p. 242
Food Management in Museums & Historic Houses as part of an effective IPM programme - <b>Suzanne Ryder</b> .....	p. 243
Agents responsables de la biodétérioration du bois dans les monuments historiques : détection, viabilité et traitement dans le pavillon de la Muette - <b>Amani Sliman, Faisl Bousta, Stéphane Moularat, Agnès Mihajlovski, Patrick Di-Martino</b> .....	p. 244
25 years of implementation and development of IPM at the National Museum of Ethnology, Japan - <b>Naoko Sonoda, Shingo Hidaka, Kaoru Suemori</b> .....	p. 245
Non-destructive vitality monitoring of pest infestations by low-power radio waves in museum-exhibition objects - <b>Johannes Zender, Jürgen Sachs, Bill Landsberger</b> .....	p. 246
Methodology to detect Invisible Risk; application of simulation by building physics and aerobiocontamination analysis for the preventive conservation of collections - <b>Yashiho Kikkawa</b> .....	p. 247

<b>REPÈRES</b>	<b>p 248</b>
En français.....	p. 249
<i>In English</i> .....	p. 252
<i>Public partners - Sponsors and Exhibitors / Partenaires publics - Sponsors et exposants</i> .....	p. 256

# IPM – Une nouvelle norme européenne pour la conservation du patrimoine culturel – Contexte

---

## **Jean-Claude Hesling**

Chef de projet Normalisation, AFNOR  
*jeanclaude.hesling@afnor.org*

## **Résumé**

Les normes européennes (EN) résultent des consensus, reflétant les intérêts des professionnels, établis par les 33 pays membres du CEN via leurs organismes nationaux de normalisation.

Une norme sur la gestion intégrée des nuisibles (IPM), l'EN 16790: 2016, a été mise au point suivant les règles du CEN conformément à la stratégie et au programme de normalisation définis par le comité technique CEN/TC 346 dans le domaine de la conservation du patrimoine culturel.

Plus de 25 normes européennes ont déjà été adoptées dans le domaine de la conservation du patrimoine culturel et plus de 20 sont en cours de préparation. Toutes les parties intéressées ont la possibilité de faire entendre leur voix tout au long du processus de préparation des normes.

## **Mots clefs**

norme, référence, profession, CEN/TC 346, IPM



# Integrated pest management (IPM) for protection of cultural heritage – Context of the preparation of a new European standard

---

**Jean-Claude Hesling**

Chef de projet Normalisation, AFNOR

*jeanclaude.hesling@afnor.org*

## Abstract

European Standards (ENs) are based on a consensus which reflects the interests of professionals from 33 CEN member countries channelled through their National Standards Organisations. A standard for integrated pest management (IPM), EN 16790:2016, was prepared in the context of the CEN rules and of a specific strategy and work program of standardisation in the field of conservation of cultural heritage in technical committee CEN/TC 346.

25 European Standards have already been published in the field of conservation of cultural heritage and more than 20 are being prepared. All interested parties have the opportunity to express their views.

## Key words

standard, CEN/TC 346, IPM

# 1. Qu'est-ce qu'une norme ?

La norme européenne (EN) est le document de référence produit par le Comité européen de normalisation (CEN).

Il s'agit d'un document d'application volontaire, élaboré par les acteurs concernés du champ couvert par la norme, dans le cadre d'un organisme de normalisation reconnu. Ce type de document est donc d'une nature très différente des textes d'application obligatoire élaborés par les pouvoirs publics, même si certaines normes peuvent venir en appui à des réglementations.

Le besoin de normaliser, le contenu du document et son approbation aux différentes étapes de son développement et de son adoption résultent du consensus des acteurs concernés.

Le projet de norme, généralement préparé en anglais, est disponible dans les trois langues officielles du CEN, l'allemand, l'anglais et le français, aux étapes de vote puis lors de son adoption.

Le CEN ne publie pas de normes. Toute norme européenne adoptée par le CEN doit être reprise dans la collection nationale des normes de chacun des 33 pays membres du CEN. Ceci en supprimant les éventuelles normes nationales préexistantes de même domaine d'application.

## 2. La préparation d'une norme européenne

Les normes sont préparées par les acteurs concernés par le champ couvert par la norme, via les comités nationaux des instituts de normalisation en interface avec les structures de travail européennes qui sont :

- **le comité technique** : responsable de la normalisation dans un domaine d'activité particulier, il a en charge le pilotage de la progression des projets dans le cadre du programme de travail. Ses membres sont les représentants des 33 membres nationaux du CEN et des organisations professionnelles européennes ou internationales en liaison ;

- **le groupe de travail** : établi par le comité technique pour développer un ou (des) projet(s) spécifique(s) dans le cadre de son programme de travail. Ses membres sont les experts nommés par les membres nationaux du CEN et les organisations professionnelles européennes ou internationales en liaison du comité technique volontaires pour participer aux travaux.

Un ensemble de règles garantit le respect des principes de la normalisation (transparence, ouverture, impartialité, consensus, cohérence...) durant toute la préparation et tout le cycle de vie d'une norme. Après la préparation du projet au sein du groupe de travail, les deux grandes étapes d'adoption de la norme sont l'enquête CEN (enquête publique) puis le vote formel.

La validité d'une norme est contrôlée systématiquement par le CEN tous les 5 ans, mais si nécessaire, une révision peut être entamée à tout moment, sur la base du consensus des acteurs concernés.

## 3. Des normes européennes dans le domaine de la « Conservation du patrimoine culturel »

Le comité technique CEN/TC 346 « Conservation du patrimoine culturel », sous la responsabilité du comité membre italien du CEN (l'UNI) et la présidence de M. Vasco Fassina, a commencé ses travaux en 2004.

Son domaine d'activité couvre les processus, pratiques, méthodologies, applicables à la conservation de tous les types de biens culturels, mobiliers et immobiliers, et de matériaux constitutifs des biens culturels.

Ses membres sont les représentants des comités nationaux dans le domaine de la conservation du patrimoine culturel des 33 membres du CEN et d'organisations européennes ou internationales ayant établi une liaison spécifique (ECCO, ICOM-CC, ICOMOS, IFLA, IIC, UIA).

Les groupes de travail suivants étaient actifs fin 2016 :

- CEN/TC 346/**WG 1**, Méthodologies générales et terminologie – Animateur: Lorenzo Appolonia (Italie);
- CEN/TC 346/**WG 2**, Caractérisation et analyse des matériaux inorganiques poreux constitutifs du patrimoine culturel – Animateur: Tom Yates (Royaume-Uni);
- CEN/TC 346/**WG 3**, Evaluation de méthodes et produits pour les travaux de conservation sur les matériaux inorganiques poreux constitutifs du patrimoine culturel – Animateur: Vasco Fassina (Italie);
- CEN/TC 346/**WG 4**, Protection des collections – Animateur: Jesper Stub Johnsen (Danemark) – Secrétaire: Erling Trudsoe (DS);
- CEN/TC 346/**WG 7**, Spécification et mesure des climats intérieur et extérieur – Animateur: Dario Camuffo (Italie);
- CEN/TC 346/**WG 8**, Performance énergétique des bâtiments anciens – Animatrice: Marte Boro (Norvège) – Secrétaire: Rof Duus (SN);
- CEN/TC 346/**WG 9**, Bois gorgés d'eau – Animateur: Marco Fioravanti (Italie);
- CEN/TC 346/**WG 10**, Structures en bois du patrimoine - Animateur: Nicola Macchioni (Italie);
- CEN/TC 346/**WG 11**, Processus de conservation – Animateur: Kornelius Goetz (Allemagne) – Secrétaire: Steffen Jenkel (DIN);
- CEN/TC 346/**WG 12**, Vitrines – Animateur: Stefan Röhrs (Allemagne) – Secrétaire: Jean-Claude Hesling (AFNOR);
- CEN/TC 346/**WG 13**, Etude des surfaces architecturales – Animatrice: Kathrin Hinrichs Degerblad (Suède) – Secrétaire: Mia Lindberg (SIS).

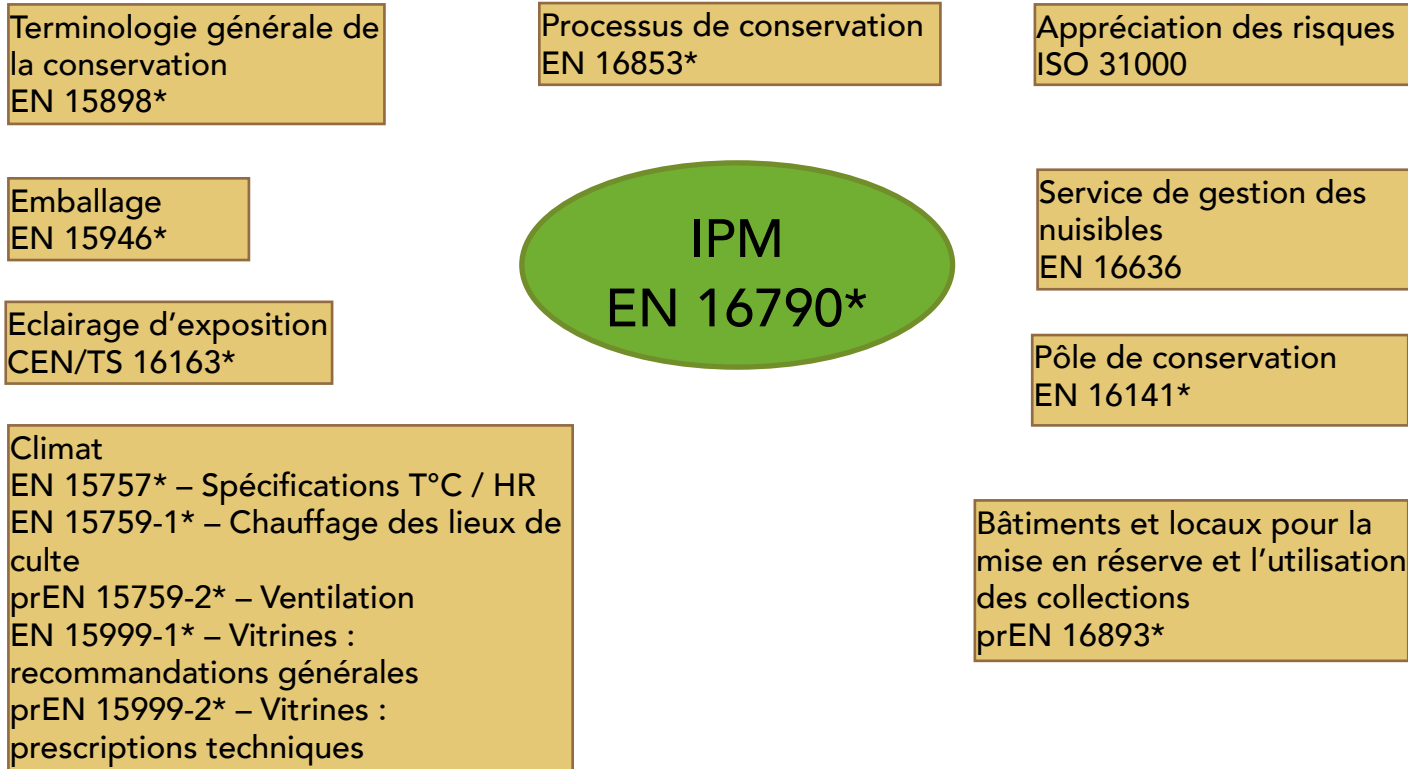
En août 2016, 25 normes européennes avaient été adoptées dans ce domaine et 21 autres étaient en cours de préparation.

Normes et informations sur ces normes et les programmes de travail sont disponibles dans chaque pays membre du CEN auprès de son institut de normalisation (coordonnées sur le site du CEN <https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=CENWEB:5>).

## 4 Une norme IPM est parue en 2016

La norme européenne EN 16790: 2016 « Conservation du patrimoine culturel - Gestion intégrée des nuisibles (IPM) pour la protection du patrimoine culturel » a été mise à disposition des 33 membres du CEN le 22 juin 2016, pour publication.

Cette norme a été préparée par le groupe de travail CEN/TC 346/WG 4, sous le pilotage de Lisa Nilsen, dans le cadre de l'environnement normatif présenté dans la Figure 1.



\* Norme ou projet du CEN/TC 346

**Figure 1** – L'EN 16790 « IPM » et son environnement normatif.

# Integrated Pest Management (IPM) for protection of cultural heritage – presentation of a new European standard

**Lisa Nilsen**

Swedish National Heritage Board

*lisa.nilsen@raa.se*

## Abstract

Ongoing work for creating a standard in integrated pest management was presented at the IPM conference in Vienna in 2013. The final draft of the standard, Conservation of cultural heritage — Integrated Pest Management (IPM) for protection of cultural heritage — was very recently approved by vote. Experts from several European countries contributed to the creation of the standard, and at the conference in Paris we will hopefully have a printed version of the standard to show participants. The focus of the standard is on preventive measures for avoiding infestation and contamination of collections in museums, archives, libraries, and other similar institutions or historic buildings housing collections and materials of cultural significance. This presentation will introduce the standard and give a broad outline of its contents, including details about the scope of the standard, IPM strategy and policy, the role of the IPM coordinator, and different IPM procedures such as material vulnerability, inspection, assessment of pest activity and post-treatment. The normative text of the standard is followed by informative annexes with an example of IPM policy, risk zones, IPM inspection list, and different treatment methods. There is also a more substantial annex with facts regarding insects, rodents, fungi, photosynthetic organisms, and bacteria.

In order to inspire delegates at the conference, this presentation will also inform about how to disseminate and implement standards. This task is high on the agenda at the Swedish National Heritage Board, where several measures are in place for disseminating and implementing standards within the technical committee CEN/TC 346 Conservation of cultural heritage. This is approached through information and communication, translation of standards, case studies and best practice, access to standards for cultural heritage organisations, and even a museum test group for a selection of standards. In addition, the Swedish National Heritage Board is working closely together with the Swedish Standards Institute (SIS), trying to lower costs for purchasing standards, or even making them free for museums and similar organisations. Another measure is bundling standards thematically and offering them for a lower cost.

All the above are important measures for the Swedish National Heritage Board in order to improve the quality within our cultural heritage institutions. In this, we hope to share information with other European countries relevant to their work about implementing standards in general, and in the present case, about Integrated Pest Management (IPM) for the protection of cultural heritage, a useful tool for cultural heritage institutions all across Europe.

## Key words

CEN/TC 346, standard, IPM

# La gestion intégrée des contaminants biologiques (IPM) pour la protection de notre patrimoine – présentation d’une nouvelle norme européenne

**Lisa Nilsen**

Swedish National Heritage Board

*lisa.nilsen@raa.se*

## Résumé

Un travail continu, dont l’objectif est de créer une norme de la gestion intégrée des contaminants biologiques, a été présenté à la 2<sup>e</sup> Conférence internationale IPM à Vienne en 2013. La version finale de la norme, « Conservation du patrimoine culturel — une gestion intégrée des contaminants biologiques (IPM) pour la protection du patrimoine culturel », a été très récemment approuvée par vote. Des experts de plusieurs pays européens ont contribué à la création de la norme, et, à la conférence de Paris, nous espérons avoir une version imprimée de celle-ci afin de la présenter aux participants. L’accent de la norme est mis sur les mesures préventives qui visent à éviter l’infestation et la contamination de collections dans les musées, les archives, les bibliothèques, et d’autres instituts similaires ou dans les bâtiments historiques hébergeant des collections et des matériaux d’importance culturelle.

Cette présentation introduira la norme et donnera les grandes lignes de son contenu. Elle fournira aussi des détails relatifs à son étendue, à la stratégie et à la politique de l’IPM, au rôle du coordinateur IPM, et aux différentes procédures IPM telles que la vulnérabilité matérielle, l’inspection, l’évaluation de l’activité des contaminants biologiques et le post-traitement. La présentation de la norme est suivie par des annexes informatives avec un exemple de la politique IPM, les zones à risque, la liste d’inspection, et les différentes méthodes de traitement. Son annexe, qui est plus importante, traite les insectes, les rongeurs, les champignons, les organismes photosynthétiques et les bactéries.

Afin d’inspirer les délégués présents à la conférence, cette communication propose aussi des méthodes de diffusion et de mise en œuvre des normes. Cette tâche est prioritaire à l’Office du patrimoine national suédois, où plusieurs mesures sont en place afin de diffuser et mettre en œuvre les normes au sein du « comité technique CEN/TC 346 de la Conservation du patrimoine national », à travers : l’information et la communication, la traduction des normes, les études de cas, les exemples de bonnes pratiques, l’accès aux normes pour les organismes de patrimoine culturel, et même un groupe d’essai en musée pour tester une sélection de normes. De plus, l’Office du patrimoine national suédois travaille étroitement avec l’Institut suédois des normes (SIS) dont le but est de baisser le coût d’achat des normes, voire de les offrir aux musées et aux organismes similaires. Un autre objectif est de regrouper les normes par thème et de les proposer à un tarif réduit.

Toutes les mesures citées ci-dessus sont importantes pour l’Office du patrimoine national suédois, afin d’améliorer la qualité de nos instituts de patrimoine culturel. Par la démarche présente, nous espérons partager des informations avec d’autres pays européens au sujet de leur travail de mise en œuvre pour permettre aux normes en général, et dans le cas présent aux normes concernant « la gestion intégrée des contaminants biologiques (IPM) du patrimoine culturel », de devenir un outil utile pour les instituts de patrimoine culturel à travers l’Europe.

## Mots clefs

CEN/TC 346, norme, IPM

Work with creating a standard for integrated pest management was presented at the 2<sup>nd</sup> International IPM Conference in Vienna, 2013. The final draft of the standard, *Conservation of cultural heritage — Integrated pest management (IPM) for protection of cultural heritage*, was approved by vote in 2016. Experts from several European countries have contributed to its creation. The focus of the standard is on preventive measures for avoiding infestation and contamination of collections in museums, archives, libraries, historic buildings housing collections and materials of cultural significance, and similar cultural heritage institutions.

This article will introduce the standard and give a broad outline to its contents. It will also give a few examples on how the Swedish National Heritage Board is starting with the implementation of standards.

## European standards – background

Work on creating European standards for the protection of cultural heritage started in 2004 with the establishment of the *Technical Committee 346 Conservation of Cultural Heritage* within the European standardization body, Centre Européen de Normalisation (CEN). The aim was to establish standards in the field of "...processes, practices, methodologies and documentation of conservation of tangible cultural heritage to support its preservation, protection and maintenance and to enhance its significance" (Fassina 2015). Since then, almost 30 standards have been published (Table 1). They span from standards on test methods for laboratory work, standards regarding indoor climate, and standards on storage, light and other museum and archive related topics. A standard on improving energy performance in historic houses (EN 16883) is currently generating a lot of interest in the building conservation community. There is also a new standard on the conservation process and its decision making, planning and implementation (EN 16853), which may help commissioners and practitioners to better communicate specific cultural heritage requirements, for example, when procuring services.

See **Table 1** for standards published within CEN/TC 346 until present.

## Why do we need standards?

These are the two most common ways to describe what a standard is:

- a) a solution to a repeated problem,
- b) a recommended way of doing something.

It was through trade that standards were originally introduced. Different sizes and weights made trading between areas and countries difficult. In 1875 the Metric system and control of the standards relating to mass and length were introduced and are part of a system we do not question today.

Many of our day-to-day activities have been affected by standards, though we may not be aware of it. The use of the A4-format for paper, safety standards for automobile brakes and the durability of a toothbrush (they have to pass the 'fatigue resistance' test) are just a few examples. The standardization business itself defines standards as a technical document designed to be used as a rule, guideline or definition. It is a consensus-built, repeatable way of doing something. Standards can deal with technical details such as defining how electric installations are to be carried out, but there are also interesting examples of other areas where standardization has been implemented: in 2010 a new ISO standard for Corporate Social Responsibility (CSR) was introduced in order to define how companies and organisations should deal with topics such as the environment, minimum wages, and workers rights.

There are three different levels of standards: the national level, the European level (CEN) and the global level (ISO). The end result is always a publication that provides rules and guidelines for a specific action and/or occurrence. In our particular case, we are trying to provide guidelines for implementing IPM.

All standards begin in the same way, with an introduction and scope, followed by a citation of other standards that are necessary for the use of the particular standard. The standard then includes a list of terms and definitions, followed by the normative text.

## Creating a standard for integrated pest management

Work on a standard for IPM began as early as 2009, and a so called *new work item* was adopted in 2010. Thanks to international conferences on the subject, for example the IPM conference in Piacenza in 2011 and the 2011 Pest Odyssey in London, more countries became involved and the requirement for the provision of experts from at least five European countries could be realized. Experts from Austria, Denmark, France, Germany, the Netherlands, Sweden and the UK were present at all or most meetings, with experts from other countries being present on a more irregular basis. English was the working language. The experts included professionals from the fields of entomology, biology, and conservation. One of the main discussions was if fungi were to be included as an example of pests. After many discussions and expert opinions, it was decided that the definition of pests, for the purpose of the standard, was to be defined as a “living organism that is able to disfigure, damage, and destroy cultural heritage”, and as examples were given: insects, rodents, fungi and bacteria.

During the process, it became evident that methods for limiting pests in collections and historic houses can look quite different in different countries. The species also vary depending on where you are. It was therefore crucial to focus on procedures and not on specific methods preferred by different users.

## A short presentation of the IPM standard

The standard *Integrated pest management (IPM) for protection of cultural heritage* was published in 2016. Every new CEN standard is always translated into French and German directly. The normative text is actually not more than 14 pages long, followed by five informative annexes (another 13 pages) and a bibliography. Here follows a short presentation of some major themes in the normative text.

### Defining roles and responsibilities

It was deemed necessary for an institution to have an IPM policy as a way to put IPM on the agenda on a continuous basis and firmly establish the concept at senior management level. Having an IPM policy can also make it more difficult to neglect IPM when there is a need, for instance, to save money, especially since any policy should be authorized and signed by the senior management. Equally important was the role of IPM coordinator. Such a position may be a full time job for one person in a big museum or archive, whereas in a smaller workplace, the position could be held by someone responsible for the collections or other similar functions. The workload of the IPM coordinator will vary depending on the size and type of collection, but some tasks will probably be very similar: training other staff, creating and maintaining procedures for inspection, dealing with external pest companies, etc. The IPM coordinator will report back to management and suggest improvements for reducing risks.

### Risk reduction

Preventive conservation today is focused more and more towards risk assessment. The same goes for IPM, as it is an integral part of risk management within an organisation. For example, during exhibitions, transport, functions and other activities, IPM must be a part in the planning process, as well as when building or constructing new storage.

### Preventive measures – IPM procedures

As the reader will know, prevention rather than cure is the goal for any IPM. There are many cost-effective and easily managed tasks that will effectively diminish risks and subsequent outbreaks, and they have been listed in the standard. The concept of the ten agents of deterioration, as developed by the Canadian Conservation Institute, with the control methods avoid, block, detect, respond, and recover (Michalski 1994), were very suitable to the purpose. It is, though, important to emphasize here that a standard is not a handbook, but handbooks can complement standards.



## Annexes with further information

At times, information that is not normative, but still deemed necessary by the experts creating a standard, can be put in an annex. The annexes in the IPM standard give examples on what an IPM policy may look like, what so called risk zones are, and how a checklist for inspection can be put together. There is also an annex listing treatments for pest infestations. Finally, the longest annex is quite descriptive, shortly listing general characteristics, prevention, detection and diagnosis, response and treatment for five different kind of pests: insects, rodents, fungi, photosynthetic organisms, and bacteria.

## Implementation of the IPM standards – the Swedish example

When a standard has been published, a new line of work starts, namely implementing them and putting them to use. The task of implementing cultural heritage standards is high on the agenda at the Swedish National Heritage Board. Several measures are in place for implementation and spreading of the standards within the technical committee *CEN/TC 346 Conservation of cultural heritage* through information and communication, translation of standards, case studies and best practice, access to standards for cultural heritage organisations, and even a museum test group trying out a selection of standards. In addition, the Swedish National Heritage Board is working closely together with the Swedish Standards Institute (SIS), trying to lower costs by subsidizing the purchase of standards, or even making them free for museums and similar organisations (Nilsen 2017).

All the above are important measures for the Swedish National Heritage Board in order to improve the quality in our cultural heritage institutions. In this, we hope to share information with other European countries on their work with implementation to make standards in general, and in this case, *Integrated pest management (IPM) for protection of cultural heritage* specifically, a useful tool for cultural heritage institutions all across Europe.

## Bibliography

Fassina, V. 2015. CEN TC 346 Conservation of Cultural Heritage – Update of the Activity After a Height Year Period. In *Engineering Geology for Society and Territory*, Volume 8, eds. G. Lollino, D. Giordan, C. Marunteanu, B. Christaras, I. Yoshinori, C. Margottini. Springer, Cham.

Michalski, S. 1994. A systematic approach to preservation: description and integration with other museum activities. In *Preventive conservation: practice, theory and research. Preprints of the contributions to the Ottawa Congress, 12-16 September 1994*. London: The International Institute for Conservation.

Nilsen, L. 2017. Implementing European standards for conservation of cultural heritage in Sweden. In *ICOM-CC 18<sup>th</sup> Triennial Conference Preprints, Copenhagen, 4-8 September 2017*, ed. J. Bridgland, art. 0702. Paris: International Council of Museums.

# CEN/TC 346 Conservation of Cultural Heritage

## All published standards as by 2017-09-27

Title - Conservation of Cultural Heritage -	Reference	Date of first publication
Guidelines for improving the energy performance of historic buildings	EN 16883:2017	2017-05-17
Conservation process - Decision making, planning and implementation	EN 16853:2017	2017-04-26
Methods of measurement of moisture content, or water content, in materials constituting immovable cultural heritage	EN 16682:2017	2017-03-01
Guidelines for the management of waterlogged wood on archaeological terrestrial sites	EN 16873:2016	2016-11-09
Integrated pest management (IPM) for protection of cultural heritage	EN 16790:2016	2016-06-22
Cleaning of porous inorganic materials - Laser cleaning techniques for cultural heritage	EN 16782:2016	2016-05-04
Transport methods	EN 16648:2015	2015-08-19
Glossary of technical terms concerning mortars for masonry, renders and plasters used in cultural heritage	EN 16572:2015	2015-07-29
Guidelines to characterize natural stone used in cultural heritage	EN 16515:2015	2015-04-01
Surface protection for porous inorganic materials - Laboratory test methods for the evaluation of the performance of water repellent products	EN 16581:2014	2014-12-17
Extraction and determination of soluble salts in natural stone and related materials used in and from cultural heritage	EN 16455:2014	2014-09-10
Guidelines and procedures for choosing appropriate lighting for indoor exhibitions	CEN/TS 16163:2014	2014-04-30
Guidelines for design of showcases for exhibition and preservation of objects - Part 1: General requirements	EN 15999-1:2014	2014-03-05
Test methods - Determination of drying properties	EN 16322:2013	2013-10-02
Test methods - Measurement of water absorption by pipe method	EN 16302:2013	2013-02-06
Guidelines for management of environmental conditions - Open storage facilities: definitions and characteristics of collection centres dedicated to the preservation and management of cultural heritage	EN 16141:2012	2012-11-14
Procedures and instruments for measuring humidity in the air and moisture exchanges between air and cultural property	EN 16242:2012	2012-11-14
Condition recording for movable cultural heritage	EN 16095:2012	2012-08-01
Condition survey and report of built cultural heritage	EN 16096:2012	2012-08-01
Methodology for sampling from materials of cultural property - General rules	EN 16085:2012	2012-08-01
Indoor climate - Part 1: Guidelines for heating churches, chapels and other places of worship	EN 15759-1:2011	2011-11-23
Main general terms and definitions	EN 15898:2011	2011-10-05
Packing principles for transport	EN 15946:2011	2011-08-31
Test methods - Colour measurement of surfaces	EN 15886:2010	2010-09-15
Specifications for temperature and relative humidity to limit climate-induced mechanical damage in organic hygroscopic materials	EN 15757:2010	2010-09-01
Procedures and instruments for measuring temperatures of the air and the surfaces of objects	EN 15758:2010	2010-09-01
Test methods - Determination of water absorption by capillarity	EN 15801:2009	2009-12-09
Test methods - Determination of static contact angle	EN 15802:2009	2009-12-09
Test methods - Determination of water vapour permeability ( $\delta p$ )	EN 15803:2009	2009-12-09

# La diffusion des huiles essentielles pour l'assainissement de l'air et la conservation du patrimoine culturel

---

## **Virginia Gisel de Billerbeck**

Docteur en microbiologie

ELIOS Cabinet conseil, 21 rue des 4 frères Peignot, 75015 Paris, France

[labo.elios@free.fr](mailto:labo.elios@free.fr)

## **Laurent Dejasmin**

Parfumeur d'espaces

9, chemin de la Garrigue, 30500 Saint-Julien de Cassagnas, France

[laurent.dejasmin@wanadoo.fr](mailto:laurent.dejasmin@wanadoo.fr)

Correspondance : [labo.elios@free.fr](mailto:labo.elios@free.fr)

## Résumé

Les moisissures se développent sur des matériaux organiques sensibles, par exemple sur les documents graphiques et les toiles peintes, lorsque les conditions environnementales sont favorables. Les premières mesures préventives consistent donc à contrôler le climat (température et humidité relative) et entretenir les collections et les locaux (dépoussiérage). En parallèle, la diffusion d'huiles essentielles permet d'assainir l'air et de limiter la propagation des spores de moisissures. Cette étude présente les tests *in vitro* et *in situ* qui ont permis de formuler et de valider un mélange d'huiles essentielles, à la fois antifongique et non toxique par inhalation, pouvant être utilisé pour le traitement préventif de l'air intérieur.

Le suivi de l'aérobiocontamination dans un magasin d'archives (École des Mines d'Alès) et dans un atelier de restauration (Musée du quai Branly) a montré que la diffusion d'huiles essentielles dans des conditions de confort olfactif, permet de maintenir une très bonne qualité de l'air intérieur du point de vue microbiologique.

## Mots clefs

huiles essentielles, moisissures, traitement préventif, assainissement de l'air, essais *in vitro*, essais *in situ*

# Conservation of cultural heritage and the use of essential oils for air purification

---

## **Virginia Gisel de Billerbeck**

Docteur en Microbiologie

ELIOS Cabinet conseil, 21 rue des 4 frères Peignot, 75015 Paris, France

[labo.elios@free.fr](mailto:labo.elios@free.fr)

## **Laurent Dejasmin**

Parfumeur d'espaces

9, chemin de la Garrigue, 30500 Saint-Julien de Cassagnas, France

[laurent.dejasmin@wanadoo.fr](mailto:laurent.dejasmin@wanadoo.fr)

Corresponding author: [labo.elios@free.fr](mailto:labo.elios@free.fr)

## **Abstract**

Mold grows on sensitive organic materials, such as paper documents or canvas paintings, when environmental conditions are favorable. The first preventive measures are thus to control the climate (temperature and relative humidity) and keep both collections and premises clean by removing dust. Simultaneously, the diffusion of essential oils helps purify the air and limit the propagation of mold spores. This study presents the *in vitro* and *in situ* tests that allowed us to formulate and validate a mixture of essential oils. The mixture is both antifungal and non-toxic by inhalation and can be used for preventive treatment of indoor air. Monitoring of aero biocontamination in an archive storage facility (Ecole des Mines d'Alès) and in an art restoration studio (Musée du quai Branly) showed that the airborne diffusion of essential oils at levels that ensure olfactory comfort provides very good indoor air quality from a microbiological point of view.

## **Key words**

essential oils, mold, preventive treatment, air purification, *in vitro* tests, *in situ* tests

# 1. Introduction

## 1.1 Les huiles essentielles : substances antimicrobiennes volatiles

Les huiles essentielles sont des substances extraites de plantes aromatiques par distillation à la vapeur d'eau ou par expression à froid (huiles de Citrus). Dans la littérature, les huiles essentielles les plus étudiées par leurs propriétés antibactériennes et antifongiques appartiennent aux Lamiaceae: Thym, Origan, Sarriette, Lavande, Menthe, Romarin, Sauge, Hysope. L'essence de Thym est souvent rapportée comme étant parmi les huiles essentielles les plus actives (Panizzi 1993, Agnihotri 1996). Son composé majoritaire, le carvacrol, possède également une forte activité antimicrobienne. Les huiles essentielles du genre *Eucalyptus*, sont particulièrement indiquées contre les maladies respiratoires. Parmi 21 espèces d'*Eucalyptus* étudiées, les composés volatils d'*Eucalyptus citriodora* se sont révélés les plus efficaces, aussi bien vis-à-vis des bactéries que des levures et des moisissures (Hajji, 1993). L'huile essentielle de Géranium « Bourbon » inhibe également les moisissures des habitations (Chau-mont et Léger, 1992).

Du fait de leurs propriétés antimicrobiennes à large spectre, les huiles essentielles peuvent aider à lutter contre les infections en collectivité (lieux publics, bureaux, écoles, crèches) et dans le domaine de la santé (de Billerbeck *et al.*, 2002a, Tonneau, 2007). L'intérêt des huiles essentielles est leur volatilité. Cette propriété est fondamentale pour une application dans l'assainissement de l'air des locaux ou via le système de ventilation (Pibiri, 2005). Elles peuvent également être utilisées pour protéger les biens culturels, en limitant la propagation des spores de moisissures dans l'atmosphère des réserves de musées, bibliothèques ou magasins d'archives en traitement préventif de l'air (de Billerbeck, 2002b).

## 2. Matériel et méthodes

### 2.2 Les tests *in vitro*

À la suite de tests de *screening* vis-à-vis de moisissures cellulolytiques (Delespaul, 2000, De Billerbeck, 2000) et des bactéries responsables de maladies nosocomiales (De Billerbeck, 2007), trois formulations d'huiles essentielles ont été mises au point: ELIOS1 (Lemongrass, Lavande, Géranium, Thym à bornéol), ELIOS2 (*Eucalyptus citronné*, *Eucalyptus globuleux*, Géranium, Térébenthine) et ELIOS3 (Romarin à cinéole, Lavande, Géranium). Ces trois compositions d'huiles essentielles ont été testées par la méthode de l'aromatogramme (Belaiche, 1979). L'aromatogramme est une méthode qualitative qui permet de comparer l'activité inhibitrice de la croissance de différentes huiles essentielles par la mesure du diamètre d'inhibition D autour d'un disque en papier (6 mm de diamètre) préalablement imprégné d'huile essentielle et déposé sur le milieu de culture avec la souche-test. La lecture du diamètre d'inhibition se fait après 48 h d'incubation à 30 °C (Figure 1). Les résultats sont exprimés en trois niveaux d'activité: résistant ( $D < 6$  mm), intermédiaire ( $13 \text{ mm} > D > 6$  mm) et sensible ( $D > 13$  mm). Les souches-test sont des moisissures souvent responsables de bio détériorations, isolées dans l'environnement de lieux patrimoniaux: *Aspergillus niger* et *Penicillium* sp proviennent de l'air d'un magasin d'archives, *Cladosporium* sp et *Scopulariopsis* sp ont été isolés sur la pierre à l'intérieur d'un château et *Fusarium moniliforme*, sur les substrats d'une grotte ornée.

### 2.3 Les tests *in situ*

Pour la diffusion d'huiles essentielles, un diffuseur électrique Neolys Pro, réglable et autonome a été utilisé (Figure 2). Ce diffuseur fonctionne à froid, sans ajout d'eau et sur le principe de l'effet venturi qui transforme l'huile essentielle en fin brouillard chargé de millions de microparticules. Aujourd'hui, les diffuseurs Neolys ont été remplacés par des diffuseurs muraux (Figure 2). Ils présentent les mêmes technologies de diffusion et de paramétrage que les modèles précédents. Pour plus d'informations sur les diffuseurs, consulter le site internet: <http://www.diffuseur-huiles-essentielles.fr>.

L'évaluation de la bio contamination de l'air dans les locaux a été réalisée avec un aérobiocollecteur MAS-100 (Merck). C'est un appareil qui permet l'aspiration de l'air au travers d'une surface criblée avec projection ou impaction des microorganismes contaminants sur une boîte contenant le milieu de culture. Les boîtes sont placées en incubation à 28°C et les colonies formées sont dénombrées après 2 et 7 jours d'incubation. Les résultats sont rendus en Unités Formant Colonies /m<sup>3</sup> d'air (UFC/m<sup>3</sup>) après correction statistique selon la loi de Feller. La

température et l'humidité relative de la pièce sont contrôlées au moment du prélèvement avec un thermo-hygromètre. Les points de prélèvement d'air ont été choisis de façon à cartographier l'air de la pièce autour du diffuseur.

Les COV (Composés Organiques Volatils) totaux ont été mesurés avec un détecteur de COV à photo ionisation portable (PID ppB, RAE Systems) dans un espace-test qui correspond à des conditions réelles d'utilisation : bureau de 30 m<sup>3</sup>, occupé par une personne, pendant la diffusion d'huile essentielle de Lavande. Le diffuseur a été paramétré pour fonctionner 17 sec toutes les 10 min, de jour seulement, avec arrêt automatique du diffuseur dès qu'il n'y a plus de lumière grâce à une photodiode intégrée.

Des tests préliminaires d'une durée de 2 semaines ont été conduits :

- Dans un premier temps, dans un local vide de 100 m<sup>3</sup>, pendant la diffusion d'huile essentielle de Lavande. Le diffuseur a été paramétré pour fonctionner 15 sec toutes les 15 min pendant le jour seulement (photodiode active). L'aérobiocontamination a été mesurée à différentes hauteurs : 0,20 m, 1,20 m et 2,50 m du sol et à 1 m du diffuseur, placé au centre de la pièce.
- Ensuite, dans un magasin d'archives de 600 m<sup>3</sup>, pendant la diffusion de la composition d'huiles essentielles ELIOS3. Le diffuseur a été paramétré pour fonctionner 30 sec toutes les 4 min, pendant le jour et la nuit (photodiode désactivée). L'aérobiocontamination a été mesurée au niveau de 6 points placés à des distances croissantes par rapport au diffuseur : 1 m, 3 m, 7 m et 14 m.
- En parallèle, nous avons fait des mesures d'olfactométrie selon une méthode d'équivalence olfactive avec une gamme étalon de n-butanol (Norme NF 43-103).

Par la suite, l'effet assainissant de la composition d'huiles essentielles ELIOS3 a été suivi pendant 2 mois de diffusion dans un atelier de restauration de 100 m<sup>3</sup> en activité au Musée du quai Branly à Paris, pendant le dépoussiérage d'objets moisissés (Figure 3). Le diffuseur a été paramétré pour fonctionner jour et nuit : 10 sec toutes les 15 min du lundi au vendredi et 10 sec toutes les 8 min les week-ends. Le test a été conduit en présence humaine, deux personnes travaillaient dans l'atelier au quotidien. Le plan de la salle avec la situation des prélèvements d'air est représenté en Figure 4.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1 Les tests *in vitro*

D'après les résultats des aromagrammes réalisés sur des souches de moisissures isolées de l'environnement de lieux patrimoniaux (archive, grotte ou château), les trois compositions d'huiles essentielles présentent un effet inhibiteur de la croissance de niveau sensible ( $D > 13$  mm) sur les différentes souches de moisissures testées ( $D = 20$  à 35 mm) et peuvent donc être utilisées pour l'assainissement de l'air de ces locaux (magasins d'archives, réserves de musées, bibliothèques, ateliers de restauration). La composition ELIOS1 inhibe également les bactéries résistantes aux antibiotiques (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*), elle est donc plus adaptée pour le secteur de la santé (centres de soins, hôpitaux).

### 3.2 Les tests *in situ*

Les essais préliminaires réalisés dans l'espace-test vide de 100 m<sup>3</sup> montrent une diminution de la concentration des spores dans l'air de 5 fois en présence d'huile essentielle de Lavande, avec en moyenne  $50 \pm 8$  UFC/m<sup>3</sup> avant diffusion et  $9 \pm 3$  UFC/m<sup>3</sup> après deux semaines de diffusion. Les résultats ne varient pas significativement en fonction de la hauteur à laquelle est effectué le prélèvement. Les mesures d'olfactométrie selon la norme NF 43-103 ont révélé une intensité olfactive agréable dans ces conditions de diffusion (mesure des COV totaux  $< 30$  µg/m<sup>3</sup>).

Les résultats du suivi de la biocontamination de l'air dans le magasin d'archives de 600 m<sup>3</sup> pendant la diffusion de la composition d'huiles essentielles ELIOS3, révèlent une diminution significative du nombre des spores dans l'air après 2 semaines de diffusion, mais seulement à 1 m du diffuseur (131 UFC/m<sup>3</sup> avant diffusion et 30 UFC/m<sup>3</sup> après diffusion). Par contre, dès que la distance du prélèvement par rapport au diffuseur dépasse 3 m, on n'observe plus une diminution significative du nombre de spores dans l'air. D'où la nécessité de placer plusieurs diffuseurs pour des pièces ayant une surface supérieure à 100 m<sup>2</sup>. L'intensité olfactive dans ces conditions de diffusion est agréable (mesure des COV totaux  $< 3$  µg/m<sup>3</sup>).

Les résultats des dénombrements des moisissures dans l'air réalisés pendant la diffusion de la composition d'huiles essentielles ELIOS3 dans l'atelier de restauration au Musée du quai Branly sont regroupés dans le Tableau 1.

Le nombre de moisissures dans l'air après une semaine de diffusion est en moyenne  $536 \pm 22$  UFC/m<sup>3</sup> avec un pic de 1204 UFC/m<sup>3</sup> au niveau de la table de travail (point A1). C'est à partir de la deuxième semaine de diffusion d'huile essentielle, que l'on commence à observer une diminution du nombre des moisissures dans l'air de manière significative, avec une moyenne de  $115 \pm 34$  UFC/m<sup>3</sup>, c'est-à-dire une réduction d'environ 5 fois par rapport aux dénombrements de la semaine précédente. Ce niveau diminue encore après 3 semaines de diffusion, avec une moyenne de  $84 \pm 25$  UFC/m<sup>3</sup> et se maintient par la suite en dessous de 100 UFC/m<sup>3</sup>, avec une moyenne de  $49 \pm 9$  UFC/m<sup>3</sup> après un mois de diffusion et  $75 \pm 24$  UFC/m<sup>3</sup> après 2 mois de diffusion.

### 3.3 Les mesure des COV totaux et la visualisation du nuage d'huile essentielle

Les résultats de la mesure des COV (Composés Organiques Volatils) totaux pendant la diffusion d'huile essentielle de Lavande sont regroupés dans la Figure 5.

Les mesures ont été réalisées en continu toutes les 137 secondes en 2 temps :

- avant la diffusion de l'huile essentielle pendant 15 heures (courbe bleue),
- pendant la diffusion de l'huile essentielle pendant 28 heures (courbe verte).

Ces mesures permettent de constater que pendant la diffusion d'huile essentielle de Lavande le niveau de COV est stable et faible, environ 150 ppb (parties par billion). Ce niveau est atteint 1h30 environ après le démarrage du diffuseur (6h38) et chute après son arrêt (20h52) pour atteindre la nuit un niveau très légèrement supérieur (90 ppb) au niveau mesuré avant diffusion (70 ppb).

La qualité du nuage d'huile essentielle diffusée est également un élément important. Il permet de garantir un fonctionnement de l'appareil propre, efficace et économique.

Une série d'images en lumière artificielle ont été prises pour visualiser l'évolution du nuage d'huile essentielle de Sapin Baumier produit par le diffuseur Neolys Pro pendant les 10 sec de diffusion, quasiment invisible à l'œil nu (Figure 6). On constate que l'huile essentielle s'élève en formant une colonne de microgouttelettes au-dessus du diffuseur et se transforme en gaz sans retomber sur l'appareil ni sur son environnement.

## 4. Conclusion et perspectives

Ces premiers résultats de terrain sont prometteurs, ils montrent que la diffusion des huiles essentielles, dans des conditions de confort olfactif, permet de se rapprocher du niveau cible de très bonne qualité de l'air intérieur (< 100 UFC/m<sup>3</sup>), d'après les niveaux empiriques de qualité microbiologique de l'air intérieur (Tableau 2).

Le niveau cible est le niveau de qualité qui vise à assurer et à maintenir un environnement maîtrisé. Le niveau d'alerte est le niveau qui détermine une première alerte lorsqu'une augmentation des taux de contamination est détectée. Il implique des investigations et des corrections afin que l'environnement soit toujours maîtrisé. Le niveau d'action est le niveau devant impérativement déclencher une action immédiate (analyse des causes du dysfonctionnement et mise en œuvre d'actions correctives). Ces mesures sont suivies d'un contrôle exceptionnel afin de garantir un retour à des conditions saines.

Dans une étude précédente concernant l'activité biologique de certaines huiles essentielles et de leurs composés sur les insectes (Nicosia *et al.*, 2013), la variation colorimétrique après exposition des différents matériaux constitutifs des biens culturels et matériaux d'emballage à la lumière naturelle et aux substances testées a été mesurée après 8 mois d'exposition dans des petites boîtes fermées. Lors de ces essais, on observe une variation chromatique même pour les échantillons témoins, non exposés aux huiles essentielles, puisqu'ils ont été conduits en présence de lumière. Par ailleurs, ces essais de laboratoire ont démontré qu'il faut éviter d'utiliser des huiles essentielles qui sont colorées, par exemple l'huile essentielle de Girofle et son composé majoritaire, l'eugénol, qui provoque la variation colorimétrique la plus forte. C'est pour cette raison que, suite à ces essais, l'huile essentielle de Girofle a été enlevée de la composition ELIOS2 (appelé M2 dans Nicosia *et al.*, 2013), qui contenait initialement cette huile essentielle. Cependant, ces premiers essais ne sont pas comparables aux conditions réelles de diffusion des huiles essentielles dans les locaux, puisqu'ils ont été conduits dans des très petits volumes d'air, sans aucune aération (petites boîtes-tests fermées de 10 litres, soit 0,010 m<sup>3</sup> d'air).

C'est pourquoi, des essais complémentaires *in situ*, dans les conditions d'utilisation des huiles essentielles, sont prévus pour garantir aussi bien leur innocuité vis-à-vis de la santé humaine que sur les matériaux des œuvres à protéger.

## 5. Références bibliographiques

AFNOR. NF X43-103 (juin 1996). Qualité de l'air - Mesurage olfactométriques - Mesurage de l'odeur d'un effluent gazeux - Méthodes supraliminaires. AFNOR Ed. Paris.

Agnihotri, S. et Vaidya, A.D.B., 1996. A novel approach to study antibacterial properties of volatile components of selected Indian medicinal herbs. *Indian J. of Exp. Biol.* 34, 712-715.

Belaiche, P. 1979. *Traité de Phytothérapie et Aromathérapie*. Tome 1 : L'aromatogramme. Maloine Ed., Paris.

Chaumont, J.P et Léger, D., 1992. Lutte contre les moisissures allergisantes des habitations. Propriétés inhibitrices de l'huile essentielle de géranium « Bourbon », du citronellol, du géranol et du citral. *Ann. Pharm. Fr.* 50, 156-166.

De Billerbeck, V. G., 2000. Activité antifongique de l'huile essentielle de *Cymbopogon nardus* (L.) W. Watson sur *Aspergillus niger*. Evaluation d'un bioréacteur pour l'étude de l'effet inhibiteur des substances volatiles en phase vapeur. Thèse de Doctorat. INP, Toulouse.

De Billerbeck, V.G., Roques, C.G., Vanière, P., Marquier, P. 2002a. Activité antibactérienne et antifongique de produits à base d'huiles essentielles. *Hygiènes.* 10, 248-251.

De Billerbeck, V.G., 2002b. Essais d'utilisation d'huiles essentielles en traitement de l'air, in: Roquebert, M-F. (Eds.), *La contamination biologique des biens culturels*, Elsevier Ed., Paris, pp. 345-361.

De Billerbeck, V. G., 2007. Huiles essentielles et bactéries résistantes aux antibiotiques. *Phytothérapie.* 5, 249-253.

Delespaul, Q., De Billerbeck, V. G., Roques C.G., et al. 2000. The antifungal activity of essential oils as determined by different screening methods. *J. Essent. Oil. Res.* 12, 256-266.

Hajji, F., Fkih-Tetouani, S., Tetouani-Elarki, A., 1993. Antimicrobial activity of 21 Eucalyptus essential oils. *Fitoterapia*, 64,71-77.

Nicosia, G., Fohrer, F., Dechezleprêtre, Y., De Billerbeck, V.G., 2013. Étude comparative de substances bioactives pour la protection des biens patrimoniaux contre les insectes ravageurs, *CeROArt* [Online], connection on 7 Sept. 2017. URL: <http://ceroart.revues.org/3361>

Panizzi, L., Flamini, G., Cloni P.L., Morelli, I., 1993. Composition and antimicrobial properties of essential oils of four Mediterranean Lamiaceae. *J. Ethnopharmacol.* 39, 167-170.

Pibiri, M.C., 2005. Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de climatisation au moyen d'huiles essentielles, Thèse de Doctorat, EPFL, Lausanne.

Tonneau, M. 2007. Des huiles essentielles en prévention. *Santé Magazine.* 375, 92-93.

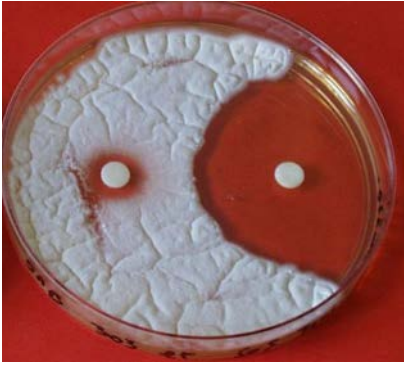


Point de prélèvement	Dénombrements des moisissures des prélèvements d'air pendant la diffusion de la composition ELIOS3 (UFC/m <sup>3</sup> )				
	1 semaine de diffusion	2 semaines de diffusion	3 semaines de diffusion	4 semaines de diffusion	5 semaines de diffusion
A1	<b>1204</b>	80	72	48	60
A2	540	168	64	64	92
A3	532	116	124	48	104
A4	508	92	80	36	80
A5	532	140	104	44	80
A6	568	92	60	52	36
<b>Moyenne ± écart-type</b>	<b>536 ± 22</b>	<b>115 ± 34</b>	<b>84 ± 25</b>	<b>49 ± 9</b>	<b>75 ± 24</b>

**Tableau 1.** Résultats des dénombrements des prélèvements d'air réalisés dans un atelier de restauration au Musée du quai Branly pendant la diffusion de la composition d'huiles essentielles ELIOS3. Les résultats sont rendus en Unités Formant Colonies/m<sup>3</sup> d'air (UFC/m<sup>3</sup>).

Niveaux empiriques de qualité de l'air intérieur	Dénombrements de microorganismes (UFC/m <sup>3</sup> )	Qualité microbiologique de l'air
<b>Cible</b>	0-100	Très bonne
	100-300	Bonne
<b>Alerte</b>	300-1000	Médiocre
<b>Action</b>	> 1000	Mauvaise

**Tableau 2.** Niveaux empiriques de qualité microbiologique de l'air intérieur dans le secteur tertiaire (bureaux, établissements patrimoniaux...). Ces niveaux sont donnés à titre indicatif, mais sont à définir en interne pour chaque établissement (locaux climatisés ou non, air filtré ou non, sensibilité des collections à protéger, etc.).

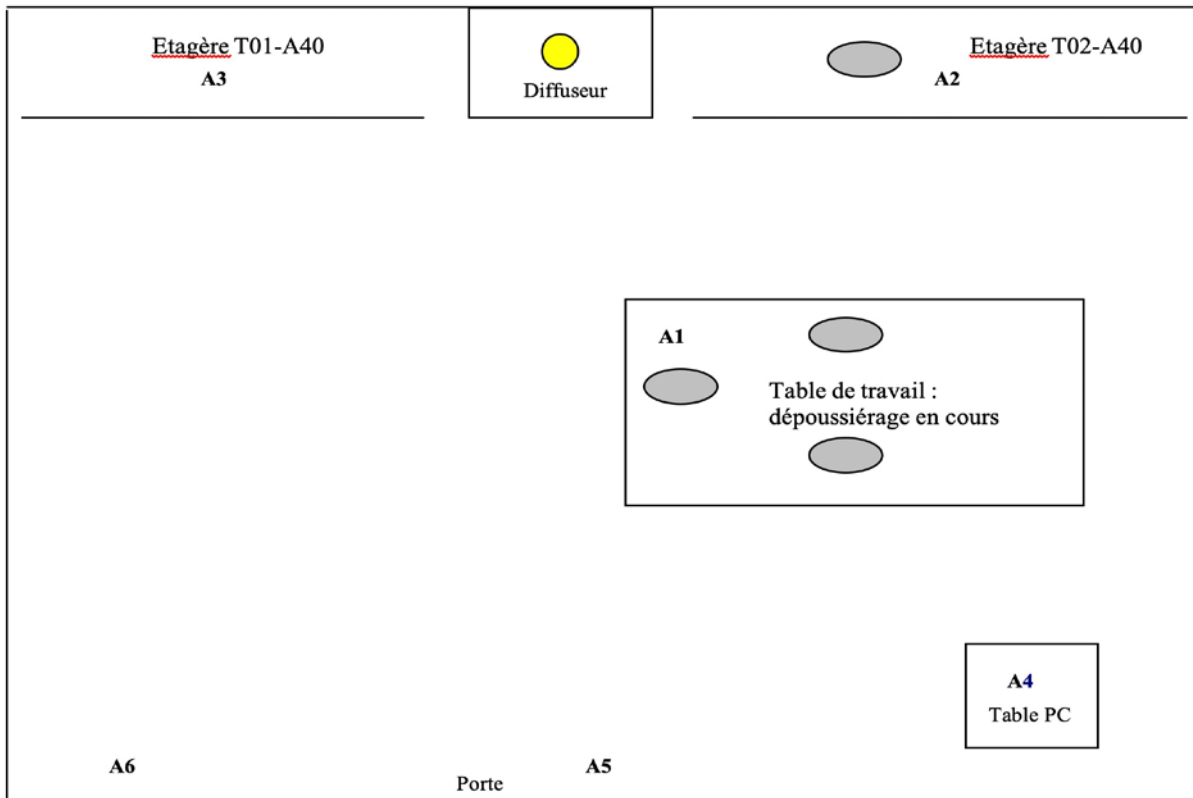


**Figure 1.** L'aromatogramme permet la mesure du diamètre d'inhibition D autour du disque en papier imprégné d'huile essentielle. Niveaux d'activité: résistant ( $D < 6\text{mm}$ ), intermédiaire ( $13\text{mm} > D > 6\text{mm}$ ) et sensible ( $D > 13\text{mm}$ ).

**Figure 2.** Diffuseur d'huiles essentielles à froid et à effet venturi: modèle Neolys Pro à gauche utilisé lors de nos expériences et modèle mural nouvelle génération à droite produit et commercialisé aujourd'hui par Laurent Dejasmin.

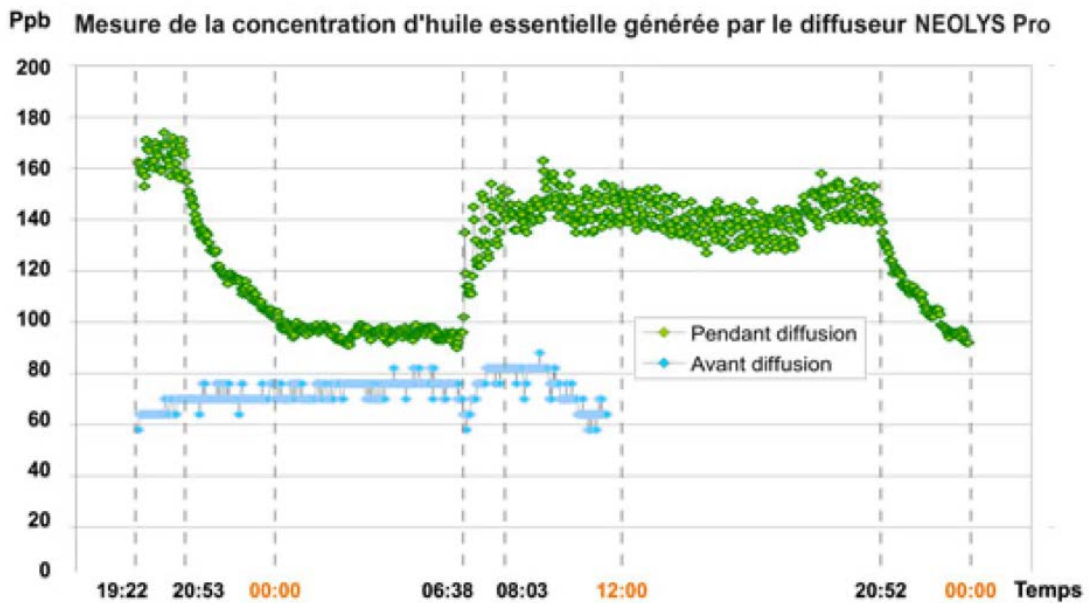


**Figure 3.** Vue d'ensemble de l'atelier de restauration au Musée du quai Branly où le traitement préventif de l'air par diffusion de la composition d'huiles essentielles ELIOS3 a été mis en place pendant 2 mois. Le diffuseur d'huiles essentielles a été placé au fond de la pièce face à la porte d'entrée (flèche).

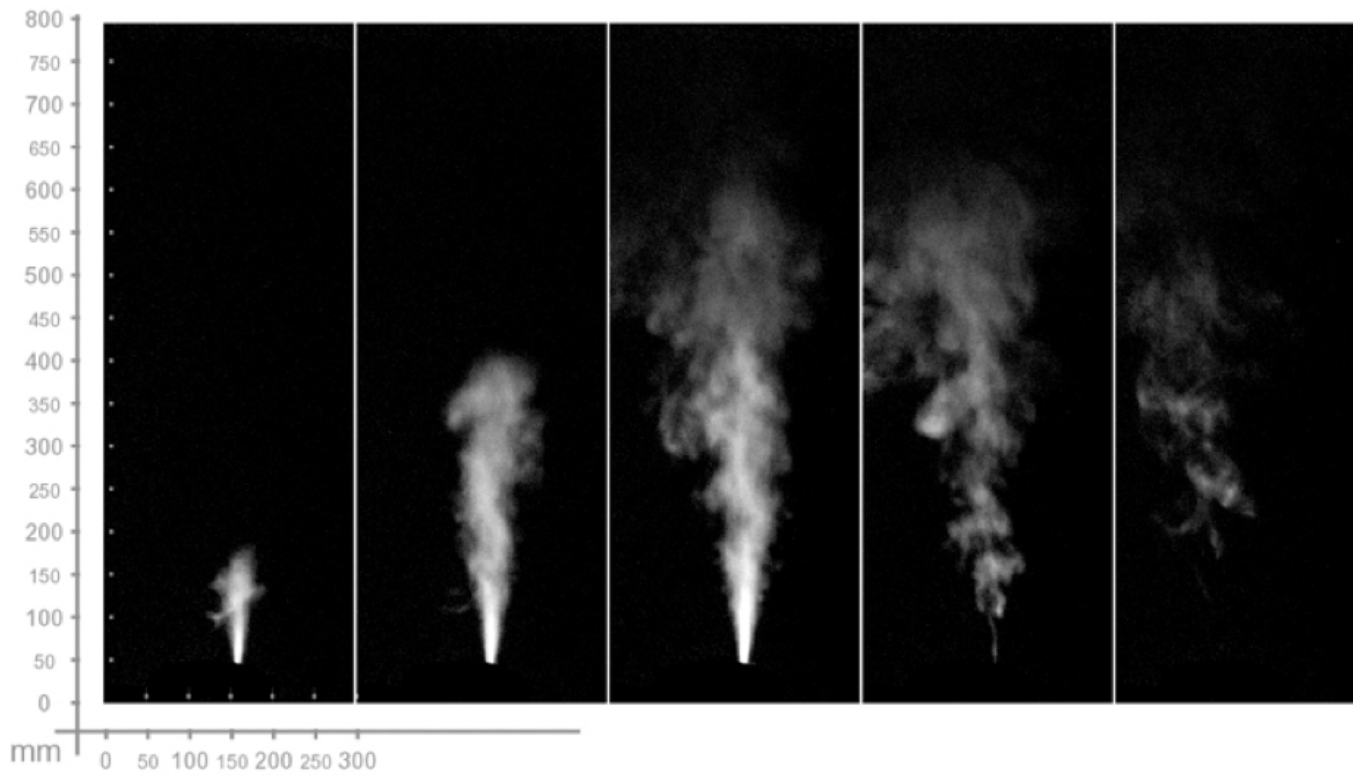


**Figure 4.** Situation des prélèvements d'air dans l'atelier de restauration du Musée du quai Branly pendant la diffusion de la composition d'huiles essentielles ELIOS3 :

A1 : sur table à 1 m du sol et 1 m diffuseur, A2 : sur étagère à 1,20 m du sol et 1 m diffuseur, A3 : sur étagère à 1,50 m du sol et 1 m diffuseur, A4 : sur table PC à 1,30 m du sol et 4 m diffuseur, A5 : sur charriot à 0,95 m du sol et 3 m diffuseur, A6 : sur charriot à 0,95 m du sol et 4 m diffuseur. PC : poste informatique. Ellipses en gris : objets moisis.



**Figure 5.** Mesure des COV (Composés Organiques Volatils) dans l'air d'un bureau de 30 m<sup>3</sup> avant et pendant la diffusion d'huile essentielle de Lavande. Programmation de la diffusion : 17 sec toutes les 10 min, de jour seulement (photodiode active).



**Figure 6.** Changement de phase liquide-gaz des huiles essentielles avec le dispositif de diffusion à froid Neolys Pro de Laurent Dejasmin.

# Retour d'expériences, l'IPM dans les services d'archives français - Le rôle de l'État

**Marie-Dominique Parchas**

Conservation, Service interministériel des Archives de France, Paris, France

## Résumé

De nombreux services d'archives en France font face à la prolifération de moisissures plus ou moins importantes et à moindre échelle à des infestations d'insectes. En une dizaine d'années, plus de cent services ont ainsi sollicité les Archives de France dont le rôle est de conseiller, faire des audits, mettre en place des politiques, créer des outils de management, et former.

Suite à ces demandes incessantes, les Archives de France ont mis en place une gestion intégrée des nuisibles. Pour ce faire, dans un premier temps, deux conventions ont été signées, dont la première avec des biologistes du Centre hospitalier universitaire de Besançon, spécialisés dans les questions de maladies professionnelles ou individuelles dans des logements insalubres dues à la présence de moisissures. Une étude a été financée par le ministère de la Culture pour analyser l'impact de la présence des moisissures sur la santé du personnel des Archives, et des protocoles d'analyses des contaminants mis en place.

La deuxième convention a été signée avec un spécialiste des installations de traitement d'air dans des établissements patrimoniaux afin qu'il effectue des audits lors des infestations liées au dysfonctionnement de ces installations.

Dans un second temps, grâce à ces expériences d'aide sur le terrain, des *vade-mecum* ont été diffusés sur le site des Archives de France et diverses formations mises en place afin d'améliorer la préservation des archives impactées par les nuisibles dont la présence est due à diverses causes.

Entre 2010 et 2012, la France a connu plusieurs catastrophes naturelles qui ont eu un impact sur des services d'archives et chez des notaires. Ce fut l'occasion de nourrir un dialogue difficile mais constructif avec des entreprises spécialisées dans l'après sinistre afin de faire évoluer leurs pratiques et traiter le patrimoine écrit de manière plus appropriée.

En France, l'oxyde d'éthylène était considéré comme le seul traitement possible pour les documents d'archives moisies. Une réflexion sur cette question a permis de faire évoluer progressivement les pratiques vers des actions préventives systémiques et vers d'autres alternatives d'éradication.

Lors des audits dans les différents services, les responsables du bâtiment et du traitement de l'air des services dont dépendaient les Archives, conseils généraux ou municipalités, voire médecine du travail, ont été instamment invités aux réunions afin de dialoguer et trouver des solutions. Les coûts financiers des contaminations massives et les éventuels problèmes de santé ont influé pour trouver des solutions à long terme.

Ainsi depuis trois ans, grâce aux outils et formations mis en place, le nombre de services qui a sollicité les Archives de France est en forte baisse. Le problème n'est certes pas éradiqué mais la vigilance et les actions préventives ont diminué son impact sur le patrimoine écrit.

## Mots clefs

moisissures, IPM, conservation préventive, politique de l'État

# Sharing experiences, IPM in French archive services – the role of the State

**Marie-Dominique Parchas**

Conservation, Service interministériel des Archives de France, Paris, France

## Abstract

Quite a few archives in France are faced with mold proliferation to a greater or lesser extent as well as insect infestations on a smaller scale. In a decade, more than 100 archive services contacted the Archives de France whose role is to advise, audit, set up policy, create management tools, train and so forth.

To improve the situation, the Archives de France set up a system for integrated pest management requiring the signature of two agreements. The first was signed with biologists from the Centre hospitalier universitaire de Besançon, specialized in diseases in unsanitary housing caused by mold. This allowed a study financed by the Ministry of culture to be conducted, to analyze the impact of mold on the health of the Archives personnel and examine the existing protocols for contaminant analysis.

The second agreement was signed with a specialist of air treatment systems in institutions for cultural heritage, so that he could conduct audits in case of infestations caused by shortcomings in such installations.

Thanks to the cooperation in the field, vade-mecums were distributed within the Archives de France, and different training programs were set up to improve the preservation of archives infested by pests of various origins.

Between 2010 and 2012, France was faced with several natural catastrophes and their impact on archive services and notaries. This provided the opportunity to foster a difficult but constructive dialogue with companies specialized in damage recovery, so they could adapt their practices in order to manage written heritage in a more appropriate manner.

In France, ethylene oxide was once considered to be the only possible treatment for moldy archive documents. Reflection on this question has enabled practices to evolve progressively towards systematic preventive actions and various elimination alternatives.

During the audits in the different structures, the managers from the building and air treatment departments the Archives belong to (general councils, cities and also occupational physicians) were immediately invited to the meetings in order to engage in dialogue and find solutions. The financial cost of massive contamination and potential health problems was taken into consideration during the search for long-term solutions. Subsequently, thanks to the tools and training set up, these past three years have seen a sharp drop in the number of requests the Archives de France has received from archival services faced with mold proliferation. The problem has certainly not been eliminated, but vigilance and preventive actions have decreased its impact on written patrimony.

## Key words

mold, IPM, preventive conservation, State policy

# Évaluation des risques de biocontamination dans les liasses et boîtes d'archives

**Alain Roche**

**Sébastien Gilot**

LACROA

Laboratoire d'analyses et de recherches pour la conservation et la restauration d'œuvres d'art  
9 rue d'Alésia 75014 Paris

Téléphone : 01 45 65 36 91 - Mobile 06 18 41 45 49

Correspondance : [ra.roche@larcroa.fr](mailto:ra.roche@larcroa.fr)

## Résumé

Il est inexact de croire qu'une mesure de l'humidité relative extérieure à une boîte d'archives ou à une liasse de documents suffit à évaluer les risques de contamination biologique.

Les papiers, les cuirs, les textiles sont des matériaux hydrophiles qui absorbent et désorbent l'eau de manière à se maintenir en équilibre par rapport à leur environnement immédiat. Ce faisant ils suivent des courbes de sorption / désorption qui leur sont propres.

Le matériau dominant en milieu d'archives et de bibliothèque est le papier et c'est donc sur ce matériau que nos réflexions se sont portées. À partir des études de biocontamination que nous avons menées dans différents magasins d'archives départementales, nous avons mis au point une méthode qui permet de déterminer l'impact du climat sur le développement des microorganismes à l'intérieur d'une boîte d'archives, d'une liasse de documents ou d'un livre.

C'est en partant des mesures d'humidité relative et de température à l'extérieur et à l'intérieur d'un document que nous pouvons déterminer la teneur en eau dans le document. Quand la teneur en eau est égale ou supérieure à l'activité en eau d'une espèce donnée, nous nous attendons que celle-ci se développe. L'humidité relative ambiante n'est pas un paramètre suffisant pour estimer la teneur en eau d'un matériau. Des décalages et des lissages peuvent avoir lieu en fonction de l'absorptivité des matériaux et de leur confinement / concentration. Dans le cadre d'une gestion intégrée, il est donc important de comprendre et de prendre en compte le facteur essentiel d'identification et de contrôle des risques microbiologiques qu'est le contenu en eau du matériau.

## Mots clefs

biocontamination, climat, activité en eau, matériaux hydrophiles

# Microbiological contamination risk assessment in stacks of paper and archive boxes

---

**Alain Roche**

**Sébastien Gilot**

LACROA

Laboratoire d'analyses et de recherches pour la conservation et la restauration d'œuvres d'art  
9 rue d'Alésia 75014 Paris

Téléphone : 01 45 65 36 91 - Mobile 06 18 41 45 49

Corresponding author: [a.roche@larcroa.fr](mailto:a.roche@larcroa.fr)

## Abstract

It is inaccurate to believe that a measurement of relative humidity outside an archival box or a stack of documents is enough to assess the risks of biological contamination.

Paper, leather and textiles are hydrophilic materials that absorb and desorb water to stay in equilibrium with their immediate environment. While doing so, they follow their own sorption / desorption curves.

The dominant material in archive and library environments is paper; thus this particular material was the focus of our reflections. Based on the bio-contamination studies we carried out in various departmental archive facilities, we developed a method to determine the impact of climate on the development of microorganisms inside an archive box, a stack of documents or a book.

By measuring the relative humidity and temperature outside and inside a document, we can determine its water content. When the water content is equal to or greater than the water activity of a given species, we expect the former to develop. Ambient relative humidity alone is not enough to estimate the water content of a material. Discrepancies may occur, depending on the absorptivity of the materials and of their confinement / concentration. As part of integrated management, it is thus important to understand and take into account the main factor in identifying and monitoring microbiological risks, and that is the water content of the material.

## Key words

biocontamination, climate, water activity, hydrophilic materials



## Introduction

Depuis plus de 10 ans le LARCROA propose des missions d'évaluation de biocontamination dans des magasins d'archives, bibliothèques, médiathèques, réserves de musées et monuments historiques.

Dans la plupart des missions qui nous ont été confiées, notre objectif a été dans un premier temps d'identifier les causes de la contamination biologique avant d'en évaluer l'importance et de préconiser des solutions de décontamination et de conservation.

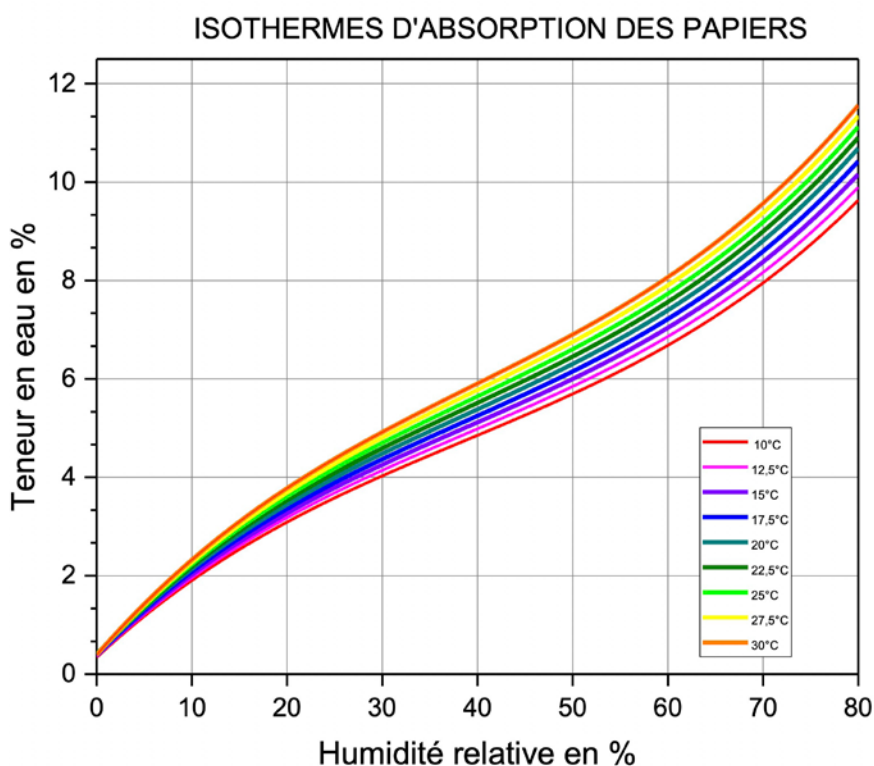
Pour identifier les causes de contamination nous proposons selon les cas de figure, une étude du climat environnemental sur plusieurs mois, des mesures ponctuelles de l'hygrométrie et de la température, des mesures de débit d'air et représentation aéraulique dans le cas où les magasins ou réserves sont équipés de CTA. Nous évaluons aussi l'état sanitaire du bâtiment par thermographie et des mesures de teneur en eau dans les murs, sols et plafond.

En ce qui concerne l'évaluation de la contamination microbiologique sur les documents nous faisons une cartographie basée sur une observation visuelle et un tirage aléatoire selon la norme NF Z40-011. Sur chaque site, les prélèvements sur écouillons, languettes et prises d'air sont répartis en fonction des observations réalisées lors de la phase de cartographie, dans le but d'évaluer au mieux les différents types de biocontamination. Afin de modéliser au mieux les conditions de reviviscence des échantillons, ils sont mis en culture sur différents milieux.

Les observations que nous avons faites au cours de ces missions nous ont menés à nous poser un certain nombre de questions et inciter à mettre en place cette étude.

## Propriétés des papiers

*Teneur en eau ( $T_w$ )*: Quand un papier est immergé dans un milieu humide il absorbe de l'eau selon l'humidité relative<sup>1</sup> ambiante et en milieu sec il désorbe. La teneur en eau caractérise la quantité d'eau absorbée par le papier. Elle s'exprime en %. La teneur en eau s'obtient à partir d'une courbe isotherme de sorption d'eau du papier, fig. 1. Elle dépend de la température.



**Figure 1** : Isothermes d'absorption en eau d'un papier.

<sup>1</sup> L'humidité relative correspond au rapport de la quantité de vapeur d'eau ou HA pour un volume sur la quantité de vapeur d'eau à saturation pour un même volume.

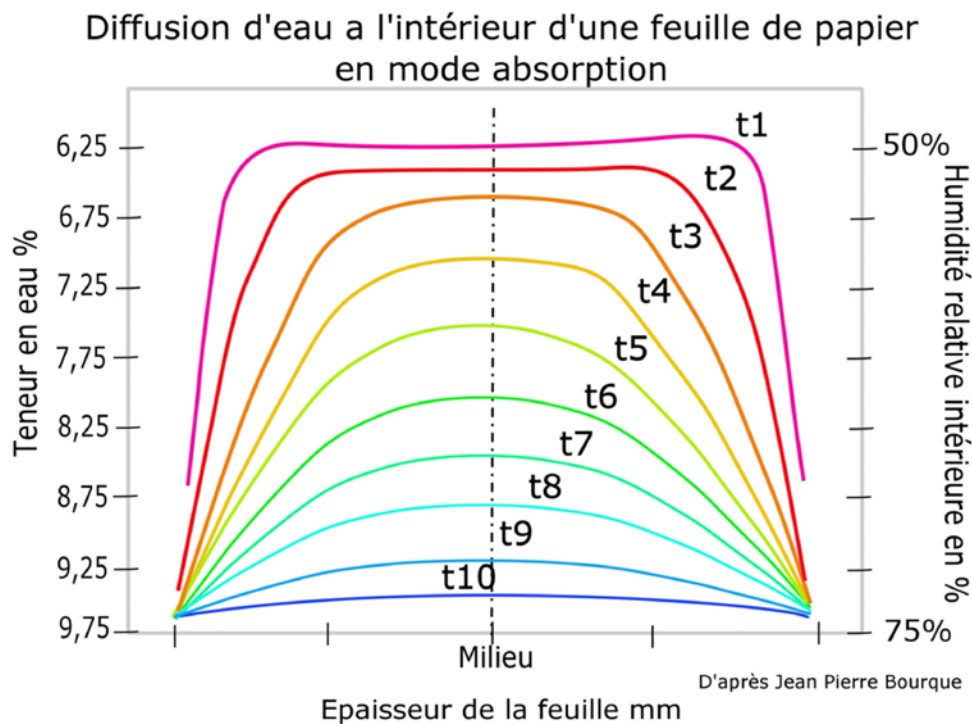
La teneur en eau s'obtient aussi par l'expression suivante :

$m_w$  : masse du papier humide  
 $m_{anh}$  : masse du papier anhydre.

$$T_w = \frac{m_w - m_{anhydre}}{m_{anhydre}} \times 100$$

Diffusion de l'eau. Le processus de diffusion transitoire de l'humidité<sup>2</sup> dans le papier est considéré comme linéaire, unidimensionnel et homogène et répond à la loi de Fick.

$$\frac{\partial^2 \theta_i}{\partial z^2} = \frac{1}{D_i} \frac{\partial \theta_i}{\partial t}, z \in [z_i, z_{i+1} \dots] (i = 1, 2, \dots, M)$$



**Figure 2** : Courbes de diffusion de l'eau dans l'épaisseur du papier

Quand une feuille de papier passe rapidement d'une humidité de 50 % de HR ( $T_w = 6,25$  %) à 75 % HR ( $T_w = 9,75$  %) on remarque que la teneur en humidité au centre de la feuille ( $z = 0$ ) est inférieure à la teneur en humidité aux surfaces externes et ce, pour tout le processus de diffusion précédent l'état stationnaire ( $t = 10$ ).

On considérera que cette loi est valable pour un ensemble de feuillets réunis en ramette ou en liasse et qu'il se comportera comme une feuille très épaisse.

<sup>2</sup> Hypothèses : Pas de génération d'humidité à l'intérieur de la feuille, coefficient de diffusion et masse volumique indépendant de  $T_w$ , l'humidité extérieure maintenue constante, coefficients de transfert convectifs sont uniformes et constants.

## Dispositif expérimental

*Corps d'éprouvette.* Il est composé d'une boîte d'archives A + B standard de dimensions: 10/34/24,5 cm. Le poids de la boîte vide est de 143 g.

Le contenu de la boîte d'archives est:

- Enveloppe contenant des documents papier 1: poids 685 g
- Enveloppe contenant des documents papier 2: poids 371 g
- Ramette de papier A4 blanc 80 g/m<sup>2</sup> instrumentée: poids sans le capteur 934 g.
- Enveloppe contenant des documents papier 3: poids 378 g
- Enveloppe contenant des documents papier 4: poids 394 g

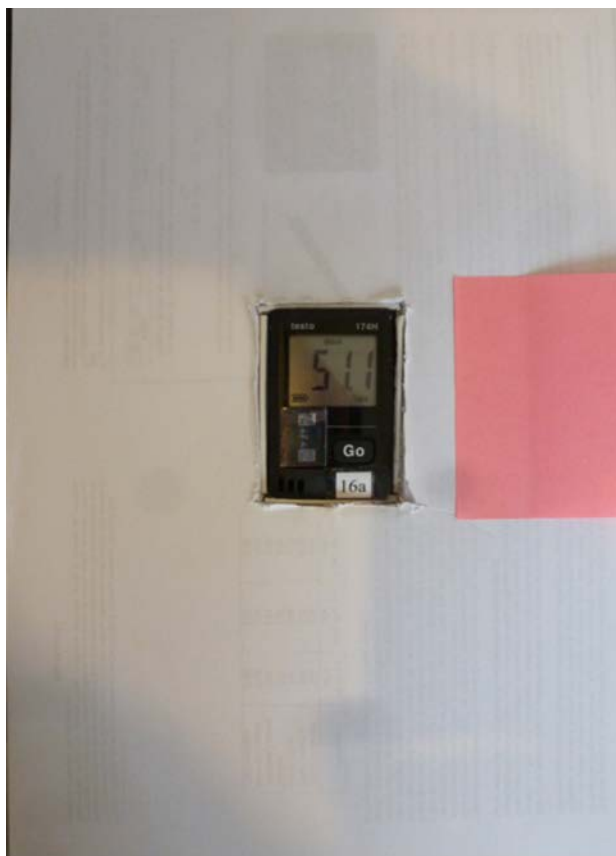
Masse totale de papier: 2762 g et 2905 g avec la boîte d'archives.

*Tests fongiques.* Des papiers tests ont été introduits dans la boîte d'archives.

- Papier A: vergé, pâte chiffon, empoussiéré, sans traces de développements fongiques.
- Papier B: vergé, pâte chiffon, non empoussiéré, nombreuses piqûres de type foxing, sans traces de développements fongiques.
- Papiers modernes 27, 45, vélin 80 g/m<sup>2</sup>, artificiellement contaminé par remise en suspension d'espèces fongiques en culture au laboratoire et issues d'une étude en cours. Le protocole de contamination est le suivant: inondation des milieux par 100 ml d'une solution osmotique de NaCl 0,09 %. Homogénéisation au vortex et pulvérisation sur les papiers tests.

*Contrôle de l'humidité et de la température.* Trois enregistreurs TESTO174 sont installés dans le dispositif expérimental:

- 16a à l'intérieur de la ramette de papier, fig. 3.
- 17a à l'intérieur de la boîte d'archives, fig.4
- 18a dans l'étuve ventilée servant de chambre humide.



**Figure 3** : insertion mini capteur HR/T dans ramette papier



**Figure 4** : Mini capteur HR/T dans boîte d'archives

L'enregistreur thermo hygrométrique TESTO 174 16a est inséré dans une cavité creusée dans la ramette de papier située au centre du dispositif.

*Chambre humide.* Dans une étuve ventilée Memmert l'humidité relative de 85 % est obtenue grâce à la présence de quatre bacs remplis d'eau, fig. 5. Nous avons choisi de régler la température à 25 °C car c'est la température imposée pendant la mise en culture sur milieu des prélèvements de microorganismes.



**Figure 5** : Chambre humide et mini capteur HR/T

## Protocole expérimental.

*Absorption du papier:* Le corps de mesure ou boîte d'archives a été soumis à une humidité de 85 % + 2 % HR pendant 800 heures. La température est maintenue constante. La cadence de mesures étant de 10 minutes on a au total 9600 valeurs d'hygrométrie pour chaque enregistreur. Comme la température est constante et maintenue à 25 °C nous n'en tiendrons pas compte.

Pour l'évaluation de la teneur en eau dans les papiers contenus dans les boîtes d'archives, on prend comme référence une feuille de papier A4 répondant à la norme ISO 16245. Dans tous les cas de figure on considère que les dimensions des papiers ou feuillets contenus dans les boîtes d'archives sont constantes.

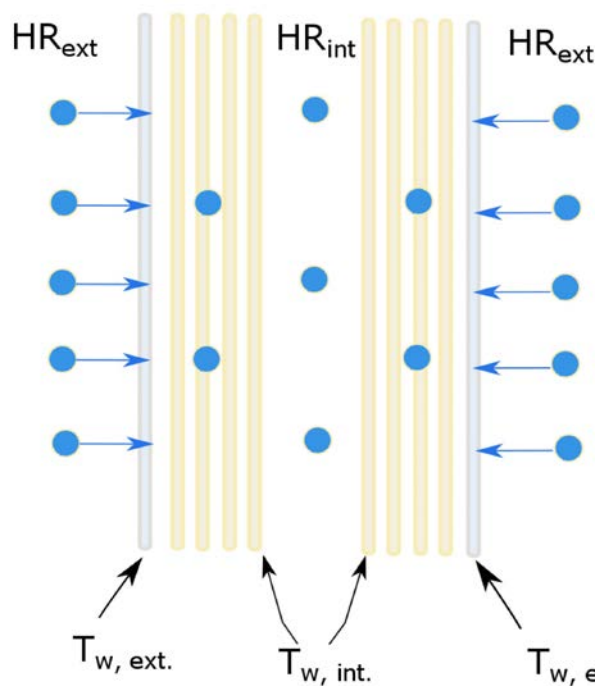
La masse de ce papier anhydre est de 4,75 g ce qui correspond à une masse surfacique de 80 g/m<sup>2</sup>. Ce même papier immergé dans une humidité ambiante de 50 % HR à 20 °C a une teneur en eau de 5,25 %.

La masse d'une feuille A4 ISO 16245 dans les conditions normales de conservation à 50 % et 20 °C est de :

$$m_w = m_{anh} + \frac{T_w \times m_{anh}}{100} = 4,75 + \frac{5,75 \times 4,75}{100} = 4,999 \approx 5g$$

Dans une boîte d'archives composée de plusieurs feuillets l'humidité traverse le papier peu à peu par absorption et vient imprégner chaque feuillet. Quand on prend une mesure entre deux feuillets de papier les valeurs d'humidité relative à l'extérieur et à l'intérieur sont différentes ce qui confirme le processus de diffusion de l'eau dans le papier selon Fick.

Si l'humidité à l'extérieur de la ramette est supérieure à l'humidité à l'intérieur, on est en mode d'absorption et si  $HR_{ext} < HR_{int}$  on est en mode désorption, fig. 6.



**Figure 6** : Schéma du transfert d'humidité dans une liasse de papier

Si  $HR_{ext} = HR_{int}$  on est dans un état d'équilibre ou stationnaire qui ne peut se produire que si les conditions climatiques (HR et T) sont parfaitement stables et au bout d'un temps suffisamment long.

Un essai complémentaire d'absorption d'eau a été mené par pesées des papiers A1, B1, A2, B2, 27, 45.

*Tests de contamination biologique*: Chaque papier est coupé en deux moitiés réparties dans la boîte d'archives :

- A1, B1 sont insérés en début de pile, à proximité de la paroi intérieure de la boîte.
- A2, B2 sont insérées au centre de la pile, au contact de la sonde 16a.
- 27, 45 sont insérées au centre de la pile, au contact de la sonde 16a (les échantillons sont doublés).

Des languettes de papier sont régulièrement découpées et réservées pour mise en culture après pesée. Les prélèvements ont lieu à :

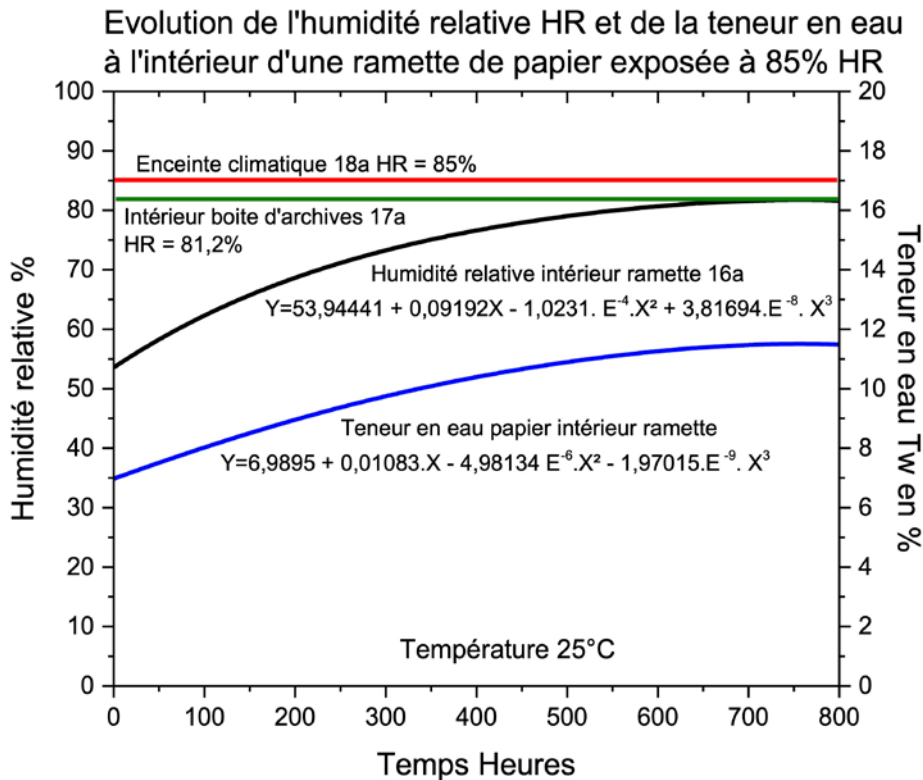
- J0 et J27 pour les papiers A et B
- J0; J9; J13, J17 et J27 pour les papiers 27 et 45.

La surface des languettes tests est fixée à 5 cm<sup>2</sup> (5x1cm) pour les papiers A et B et à 8 cm<sup>2</sup> (4x2cm) pour les papiers 27, 45.

Les mises en culture sont réalisées par prise d'empreinte sur lames contact DRBC (*Dichloran Rose Bengale Chloramphénicol*) et mises en culture 14 jours en enceinte thermo régulée à 25 °C. Le milieu utilisé permet d'inhiber le développement des bactéries et de limiter la prolifération des moisissures envahissantes. Il est adapté aux espèces nécessitant une activité en eau  $A_w$  minimale de croissance de 0,95.

## Interprétation des résultats.

*Absorption en eau des papiers:* Nous avons regroupé les valeurs de HR enregistrées par les trois capteurs sous forme d'un graphique regroupant les courbes d'humidité relative lissées et de teneur en eau dans le papier. La température constante est de 25 °C, fig. 7.



**Figure 7 :** Courbes d'humidité et de teneur en eau.

La courbe d'absorption en eau du papier est décrite par une fonction polynomiale du troisième ordre. Elle tend vers la valeur d'humidité à l'intérieur de la boîte d'archives: 81,2 % HR.

Au temps  $t = 0$  l'humidité dans la ramette est de 54,1 % HR et la teneur en eau dans le papier est de 7,03 %. Les courbes augmentent régulièrement pour atteindre les valeurs critiques de germination et de croissance des espèces fongiques xérotolérantes :

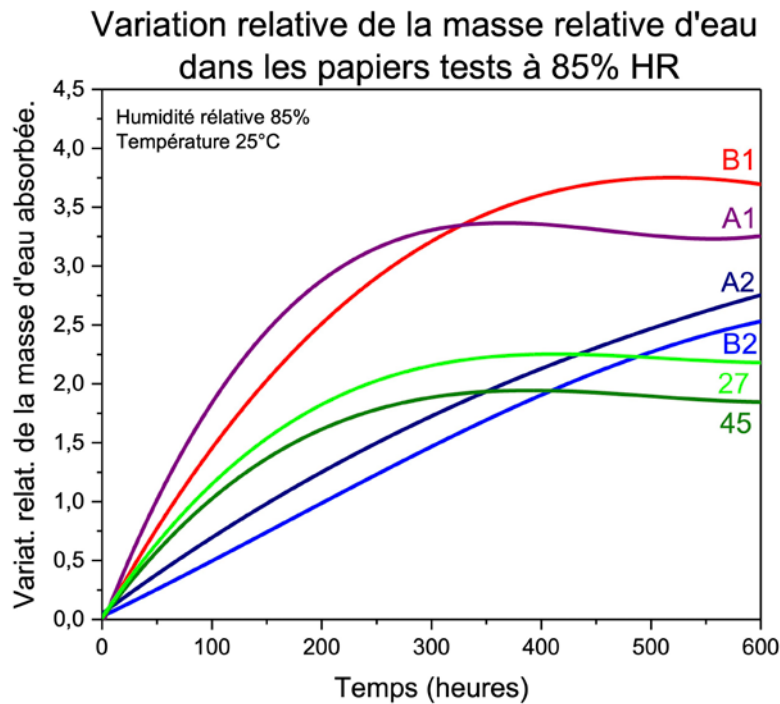
- à 225 heures 70 % HR ou 9,45 % de teneur en eau
- à 345 heures 75 % HR ou 9,98 % de teneur en eau
- à 555 heures 80 % HR ou 10,95 % de teneur en eau.

Entre 555 heures et 800 heures la fin de l'expérience l'humidité dans la ramette n'augmente que de 1,5 % HR.

Le cœur de la ramette a été maintenu :

- à plus de 70 % HR et 25 °C pendant 575 heures (23j)
- à plus de 75 % HR et 25 °C pendant 455 heures (18j)
- à plus de 80 % HR et 25 °C pendant 245 heures (10j)

La variation de la masse des papiers tests en fonction du temps dans un milieu à 85 % HR est donnée pour A1, B1, A2, B2 27, 45 par rapport à la masse à  $t_0$  par les courbes suivantes, fig. 8.

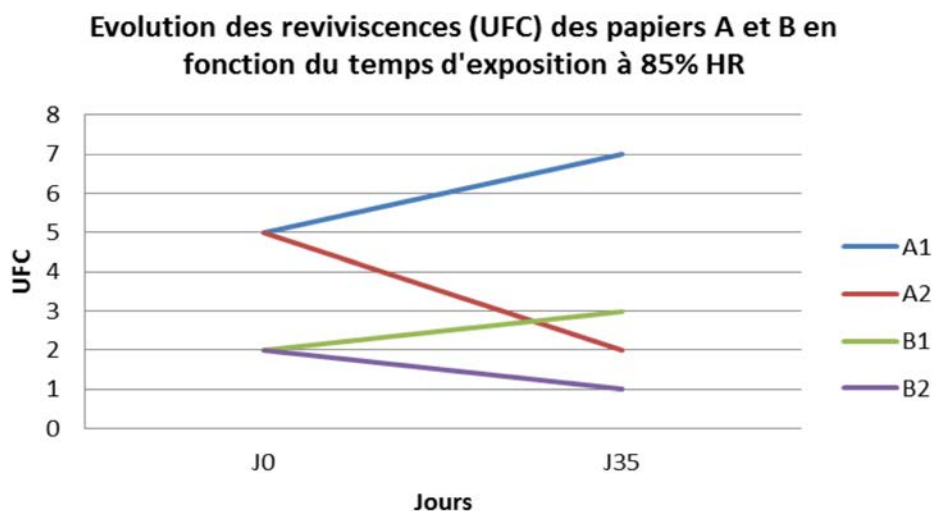


**Figure 8** : Variation relative de la masse des échantillons papier.

On voit qu'en fonction de l'emplacement des échantillons dans la boîte, la vitesse d'absorption en eau et la quantité d'eau absorbée sont différentes. Les échantillons A1, B1 positionnés à proximité de la paroi de la boîte atteignent un seuil d'absorption entre 300 et 400 heures. Les échantillons A2, B2 continuent d'absorber de l'eau après 600 heures, et les masses sont bien corrélées à l'augmentation de la teneur en eau dans la ramette. Les échantillons 27, 45 par contre semblent atteindre leurs seuils vers 200 heures avec une quantité d'eau absorbée plus faible.

*Biocontamination.* Du point de vue fongique, l'ensemble des conditions environnementales nécessaires à la germination et à la croissance des espèces semblent réunies. On constate néanmoins avec étonnement qu'après 35 jours d'expérience, dont (10) jours au-dessus de 80 % à l'intérieur de la ramette, aucune colonie n'est identifiable visuellement sur les papiers tests. Le dépouillement de l'ensemble des comptages après mise en culture peut nous aider à mieux comprendre la situation.

Le comptage des échantillons A et B, fig. 9, montre une faible influence de la position des papiers tests dans la boîte. Il semble que la reviviscence des espèces fongiques soit défavorisée au milieu de la ramette (échantillons A2, B2) et favorisée en périphérie de la pile de papier (échantillons A1, B1).

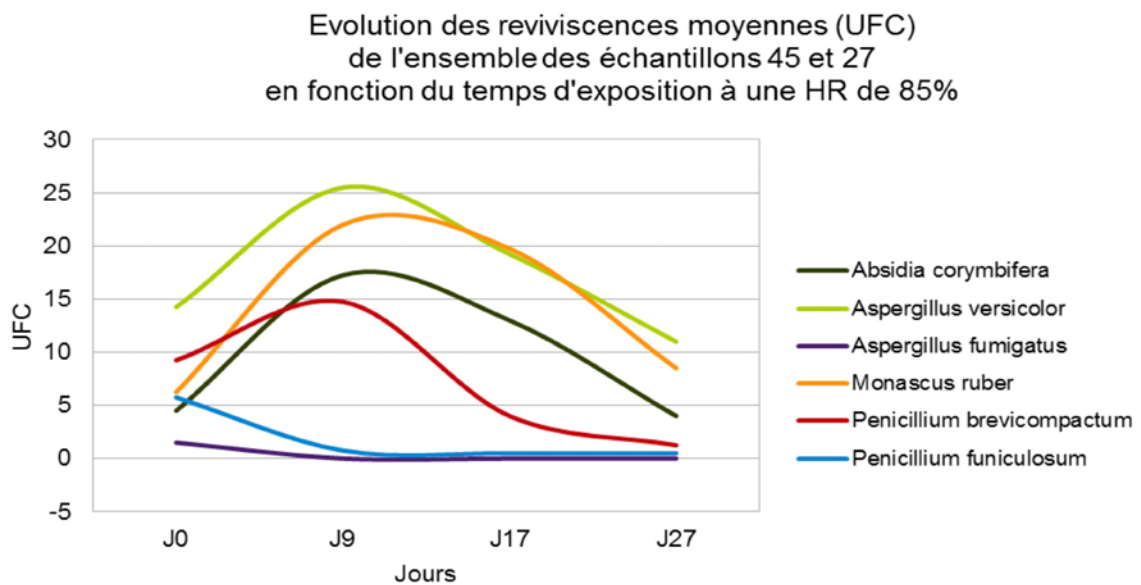


**Figure 9** : Reviviscences des papiers A et B.

La facilité d'accès de l'eau dans le papier semble donc avoir une influence sur la germination des espèces fongiques. Cependant la faiblesse des comptages et des échantillons conduit à rester prudent.

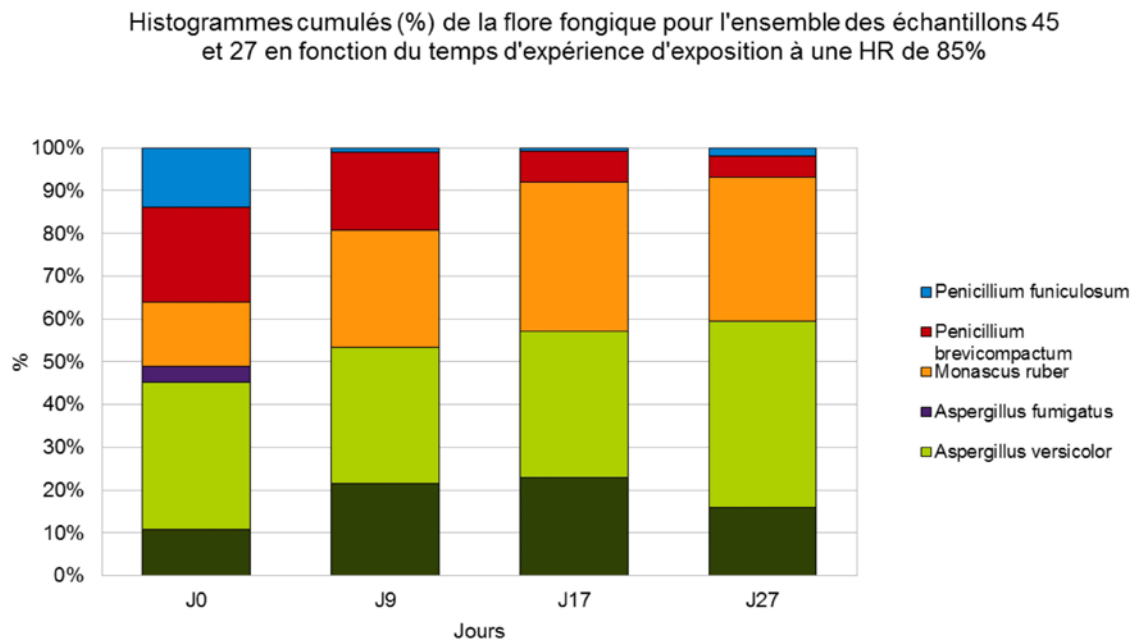
En ce qui concerne les échantillons 45 et 27, la fig. 10 montre que deux profils de reviviscence sont identifiables :

- Profil 1: les espèces fongiques ne sont pas affectées par l'expérience et leurs taux de reviviscence décroît avec le temps. C'est le cas de *Penicillium funiculosum* et *Aspergillus fumigatus*.
- Profil 2: après une première période de forte augmentation de la reviviscence à J9, cette dernière s'effondre à J27. C'est le cas, par ordre croissant de *Penicillium brevicompactum*, *Absidia corymbifera*, *Monascus ruber* et *Aspergillus versicolor*.



**Figure 10** : Reviviscences des échantillons 27 et 45.

Les histogrammes cumulés, fig. 11, montrent quant à eux une autre tendance qui consiste en une meilleure conservation dans le temps de deux espèces : *Monascus ruber* et *Aspergillus versicolor*.



**Figure 11** : Représentation de la flore des échantillons 27 et 45 en fonction du temps



On voit au travers de ces deux figures que 2 espèces seulement sur les 6 identifiées ont été favorisées lors de l'expérience d'humidification menée : *Aspergillus versicolor* et *Monascus ruber*. *Absidia corymbifera*. Elles ont également connu un pic de développement pour retomber ensuite à sa proportion d'origine. On peut donc considérer le bilan nul pour cette espèce. Les proportions relatives de *Penicillium* (tant *brevicompactum* que *funiculosum*) ont été divisées par quatre et *Aspergillus fumigatus* n'a été identifié dans les échantillons qu'avant expérience.

Or, les espèces isolées sont caractérisées, par un besoin minimal en eau libre dans les supports. Cette eau libre est nécessaire à leur germination et à leur croissance. Elle est, pour chaque espèce de :

- *Penicillium funiculosum*:  $A_w = 0,9$
- *Aspergillus fumigatus*:  $A_w = 0,85-0,94$
- *Absidia corymbifera*:  $A_w = 0,88$
- *Monascus ruber*:  $A_w = 0,85$
- *Penicillium brevicompactum*:  $A_w = 0,78$
- *Aspergillus versicolor*:  $A_w = 0,78$ .

On voit clairement ici s'établir un lien entre  $A_w$  minimale nécessaire à la croissance et taux de reviviscence observés : les espèces dont la conservation est favorisée par les conditions expérimentales sont : *Aspergillus versicolor*, *Monascus ruber* et (dans une moindre mesure) *Absidia corymbifera*.

À l'inverse, les espèces à fort besoin en contenu en eau libre sont clairement peu représentées après mise en culture. Il semble donc que 33 jours d'exposition dans un environnement fixé à 85 % HR et 25 °C, correspondant à une humidité au sein de la liasse test de plus de 80 % sur une période de 10 jours (soit une teneur en eau des supports de 10,95) **ne soient pas suffisants pour provoquer une contamination fongique visuellement identifiable des papiers tests.**

Plusieurs facteurs peuvent expliquer le pic de reviviscence observé : l'entrée d'eau plus importante dans les papiers en début d'expérience, qu'ensuite. Mais aussi le protocole de récolte et de contamination des papiers tests. En effet, la récolte par inondation des boîtes de Pétri et le séchage des papiers vaporisés a pu entraîner un stress hydrique, l'accumulation de solutés osmoprotecteurs et une plus grande réponse à l'augmentation d'HR en début d'expérience.

De ce fait ; les temps de développement sont sans doute plus longs que ce que nous avons prévu. En effet, Cahagnier (1984) rapporte que la production de mycélium par *Aspergillus candidus* après 60 jours de culture est 4 fois moindre à  $A_w$  de 0,85 qu'à  $A_w$  de 0,96.

En outre, Abellena et al. (1999) ont montré que la production de mycélium est plus rapidement affectée par une diminution de l' $A_w$  que la germination.

Dans notre cas, les conditions créées semblent tout juste suffisantes à amener la germination d'*Aspergillus versicolor* malgré une  $A_w$  théorique de 0,8. En principe l' $A_w$  est, pratiquement, considérée égale à l'HR à l'équilibre ( $HR_{\text{éq.}}$ ).

En outre plusieurs études ont montré que l' $A_w$  minimale nécessaire à la croissance fongique est influencée par la composition du milieu. Il se peut que les charges et encollages du papier augmentent les valeurs d' $A_w$  théoriques mentionnées.

De plus, les niveaux d'alerte à établir lors de mises en culture sont à définir. En effet, les niveaux relevés sur les milieux (jusque 24 UFC/cm<sup>2</sup>) n'ont jamais été mis en relation avec des développements visuellement identifiables. Il apparaît également qu'au sein de liasses, le principal facteur inconnu est le temps de développement des contaminants fongiques.

## Conclusion

Les résultats de notre étude montrent qu'une forte humidité environnementale n'est pas un facteur suffisant pour provoquer le développement d'espèces fongiques visible à l'œil nu malgré une température maintenue à 25 °C. Toutefois nous avons vérifié que ces espèces existent bien, puisque, mises en culture elles se sont développées avec une prédominance de certaines d'entre elles.

Dans nos conditions expérimentales l'eau dans le papier, même si la teneur est élevée, se trouve certainement à l'état de vapeur et surtout elle est liée aux fibres de cellulose. Pour que l'eau soit active vis-à-vis des microorganismes il faut qu'elle soit libre. Cette dernière remarque implique soit :

- que les conditions d'équilibre ne sont pas atteintes et qu'après 10 jours d' $HR$  mesurée à 80 % dans la ramette, le contenu en eau disponible des papiers est inférieure à 0.78 ;
- que l'approximation  $A_w = HR_{\text{éq}}$  est à revoir pour les papiers.

Par conséquent dans les cas de contamination de magasins, réserves, sites protégés, il faut que d'autres paramètres ou événements interviennent pour qu'il y ait un apport d'eau libre. Une brusque chute de température peut-être à l'origine d'un phénomène de condensation d'eau au niveau des fibres et alimenté les micro-organismes. Un apport d'eau libre extérieur peut-être occasionné par des infiltrations, des inondations, des fuites d'un conduit d'eau, une perte d'étanchéité des baies, une porosité des murs, des phénomènes de condensation, etc.

Du point de vue de notre expérience sur site, il est vrai que dans la plupart des cas, l'apparition d'une contamination fongique a été liée :

- Un mauvais état sanitaire des bâtiments – manque d'étanchéité, d'isolation.
- Des dysfonctionnements des CTA ou un mauvais entretien des équipements
- Mauvaise conception du bâtiment.
- Des accidents extérieurs au bâtiment ou des conditions climatiques extrêmes.

## Bibliographie

Abellena M. et al., "Water activity and temperature effects on germination and growth of *Eurotium amstelodami*, *E. chevalieri* and *E. herbariorum* isolates from bakery products", in : *Journal of Applied Microbiology*, n°87, 1999.

Blackburn C., "Food spoilage microorganisms", 2006.

Cahagnier B., "Contribution à l'étude de la sporulation, de la croissance mycélienne et de la biosynthèse de l'ergostérol chez les moisissures de grains au cours de la conservation", 1984.

Corry J.E.L., "Relationships of water activity to fungal growth, in : *Food & Beverage Mycology*, 1987.

Padfield T., "The interaction of watervapour with paper", 2006.

Padfield et al., "The climate controle of the Arnamagnum Archive", 2014.

# Techniques d'irradiation gamma pour le traitement biocide des collections patrimoniales

## **Laurent Cortella**

Ingénieur chercheur  
*laurent.cortella@cea.fr*

## **Claudia Salvan**

Ingénieur  
*claudia.salvan@cea.fr*

## **Christophe Albino**

Technicien  
*christophe.albino@cea.fr*

## **Quoc Khoi Tran**

Ingénieur chercheur  
*quoc-khoi.tran@cea.fr*

ARC-Nucléart, CEA Grenoble, 17, rue des Martyrs, 38054 Grenoble cedex 9, France

Correspondance : Laurent Cortella

## Résumé

Le traitement biocide par irradiation au rayonnement gamma est un procédé particulièrement adapté à la conservation curative du patrimoine culturel. L'efficacité et la fiabilité dues à son pouvoir pénétrant et à la facilité de s'assurer que les conditions biocides sont atteintes dans le volume de l'objet traité ne sont pas ses seules qualités. La possibilité d'une part de traiter en masse, même à travers le conditionnement des objets, et l'absence, d'autre part, d'effet thermique associé, de contact avec tout produit chimique, et donc de toute espèce de résidu dans les matériaux traités, sont aussi des atouts majeurs.

Cependant, comme toute technique, ces traitements peuvent induire des effets secondaires et il est fondamental d'en apprécier l'ampleur. Ceux-ci sont essentiellement liés à la dose appliquée. Elle doit être de 500 Gy minimum pour un traitement insecticide et jusqu'à 10 kGy pour un traitement fongicide.

Cette méthode, utilisée depuis plus de 45 ans à ARC-Nucléart à Grenoble, est de plus en plus utilisée de par le monde dans le domaine patrimonial. Nous proposons de donner un aperçu des derniers développements de cette technique, tant dans son utilisation effective que dans les études qui se poursuivent pour en quantifier les effets secondaires.

L'expérience montre que les effets secondaires restent faibles, à part sur la teinte des matériaux transparents.

## Mots clefs

traitement biocide, désinsectisation, irradiation gamma, matériaux organiques, patrimoine culturel

# New developments in gamma irradiation techniques for biocide treatment of heritage collections

---

## **Laurent Cortella**

Ingénieur chercheur  
*laurent.cortella@cea.fr*

## **Claudia Salvan**

Ingénieur  
*claudia.salvan@cea.fr*

## **Christophe Albino**

Technicien  
*christophe.albino@cea.fr*

## **Quoc Khoi Tran**

Ingénieur chercheur  
*quoc-khoi.tran@cea.fr*

ARC-Nucléart, CEA Grenoble, 17, rue des Martyrs, 38054 Grenoble cedex 9, France

Corresponding author: Laurent Cortella

## **Abstract**

Biocide treatment with gamma ray irradiation is a process especially well suited to the curative conservation of cultural heritage. Its advantages include effectiveness and reliability due to its strong penetrating power and capacity to ensure biocidal conditions throughout the treated object. In addition, objects can be treated in mass quantities, even through their packaging materials. Other major assets include the absence of thermic effects, of contact with other chemical products, and thus of any kind of residue in the treated materials.

However, as with any technique, these treatments can cause side effects, and it is essential to assess their extent. Side effects are essentially related to the dose applied, at least 500 Gy for an insecticide treatment and up to 10 kGy for a fungicide treatment.

This method, used for more than 45 years by the company ARC-Nucléart in Grenoble, France, is being used more and more worldwide in the field of heritage. We propose a look into the latest developments of this technique, both in its actual use and in the studies being carried out to quantify the side effects.

Experience demonstrates that aside from the coloration of transparent materials, the side effects remain slight.

## **Key words**

biocide treatment , disinsectisation, gamma irradiation, organic materials, cultural heritag

# 1. Introduction

L'irradiation par des rayonnements ionisants est un outil original utilisé pour de nombreuses applications (Ferry *et al.*, 2016). Parmi elles, l'irradiation gamma à des fins biocides est une technique bien connue des services sanitaires en général. Sa fiabilité, encore plus que son efficacité, l'a désigné comme technique de référence entre autres pour les domaines de la stérilisation médicale et pharmaceutique (ISO, 2013). Cette technique sans contact possède aussi de nombreux atouts qui en font un procédé tout à fait adapté au concept d'intervention minimum (ECCO, 1993) en conservation curative du patrimoine culturel. L'exigence d'efficacité que cela implique, en d'autres mots la fiabilité requise, est assurée par le pouvoir pénétrant de ce rayonnement et la facilité à s'assurer que les conditions biocides sont atteintes dans l'ensemble du volume de l'objet à traiter. Mais ce ne sont pas là ses seules qualités. La possibilité d'une part de traiter en masse, le cas échéant à travers même le conditionnement des objets, et l'absence d'autre part d'effet thermique associé – l'irradiation est parfois appelée stérilisation à froid (Gluszewski *et al.*, 2011) – ni de résidu dans les matériaux traités sont deux atouts majeurs. Pour autant, comme pour tout procédé à qui l'on demande d'être actif – en l'occurrence sur des espèces vivantes –, il est impossible de prétendre à l'innocuité absolue – ce qui porterait à croire qu'il est complètement inactif sur l'ensemble des propriétés de la matière. Les effets de l'irradiation, largement étudiés dans de nombreux domaines comme l'industrie nucléaire (Audouin *et al.*, 2012), le spatial (NASA, 2015), ou la stérilisation médicale (AAMI, 2008), etc... le sont aussi dans le domaine du patrimoine (IAEA, 2017). Il convient de les apprécier en fonction de l'enjeu de conservation et de la dose que celui-ci nécessite.

Nous proposons de donner un aperçu des derniers développements de cette technique, tant dans son utilisation effective à travers le monde, que dans les études qui se poursuivent pour en quantifier l'effet.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Irradiateur

Le rayonnement gamma est un rayonnement photonique, ionisant, d'origine nucléaire, accompagnant par exemple des désintégrations radioactives. Pour ses applications biocides, on utilise principalement des sources radioactives de haute activité composées de  $^{60}\text{Co}$  dont la désintégration bêta s'accompagne de deux photons gamma.

L'irradiateur d'ARC-Nucléart, d'une capacité de 3700 TBq de  $^{60}\text{Co}$ , est un irradiateur de type piscine. Actuellement, nous détenons 20 sources radioactives de  $^{60}\text{Co}$  répondant au standard des sources dites industrielles, sous doubles enveloppes scellées, pour un total de 1500 TBq. Hors utilisation, les sources sont stockées dans une piscine dont la hauteur d'eau assure un écran suffisant pour protéger les opérateurs. Les sources, de forme cylindrique (11 mm de diamètre et 45 cm de haut), sont réparties sur un panneau porte-sources, sur deux étages (90 cm de haut) et sur 160 cm de large, de manière à générer un rayonnement d'intensité homogène en face de celui-ci. La piscine est reliée par un canal à la cellule d'irradiation, sorte de casemate dont les murs en béton font 1,5 m d'épaisseur. Lorsqu'aucune source n'est à l'intérieur, l'accès dans la cellule est autorisé par une porte d'elle aussi 1,5 m d'épaisseur. Le personnel peut donc y déposer les matériels ou objets à irradier. Une fois la porte fermée (les opérateurs étant sortis), on peut faire remonter le panneau porte-sources jusque dans la cellule, le long d'un rail qui suit le canal. Les sources émergent alors et irradient les matériels ou objets disposés en cellule (figure 1).

### 2.2. Effet biocide

L'effet biocide dépend de la dose. Celle-ci se comptabilise en Gray (Gy), 1 Gy étant la dose que représente l'absorption d'une énergie de 1 J dans 1 kg de matière.

500 Gy suffisent à éradiquer toutes les espèces d'insectes, quel que soit leur stade de développement (Bakri *et al.*, 2005). Ces effets sont dits déterministes, c'est-à-dire qu'au-delà de ce seuil, les effets apparaissent de façon certaine et l'importance et la gravité de l'effet augmente en fonction de la dose reçue, ce qui se traduit par un temps de survie de l'insecte de plus en plus court. Il est typiquement de l'ordre d'une vingtaine de jours après irradiation à 500 Gy des coléoptères adultes, moins pour les autres stades. À noter aussi que pendant ce temps de survie, l'insecte est incapable de se reproduire ou de réussir une transformation d'un stade à l'autre de son développement.

Pour les micro-organismes et les spores, en particulier celles des espèces fongiques (leur forme la plus résistante), on décrit les effets de manière statistique. On définit pour cela la dose létale dite «  $D_{10}$  », dose diminuant la population initiale de l'espèce considérée par un facteur 10 (Aquino *et al.*, 2012). Le nombre de micro-organismes survivants suivra donc une loi en exponentielle décroissante, 10 % pour une dose  $D_{10}$ , 1 % pour deux fois la dose  $D_{10}$ , 0,1 % pour trois fois cette dose, et ainsi de suite. D'un point de vue théorique, l'irradiation ne permet donc pas d'éradiquer complètement les micro-organismes, mais seulement d'en réduire la population, donc de l'assainir (Michaelsen *et al.*, 2013). Il est à noter que pour les espèces fongiques, l'éradication absolue n'a pas de sens pour un traitement de décontamination de collections patrimoniales qui sont, quoiqu'il arrive, exposées à la présence de spores dans l'air. Les  $D_{10}$  de la plupart des espèces fongiques comme par exemple les *Penicillium* ou les *Aspergillus* sont typiquement de l'ordre de quelques centaines de Gy, mais il existe des espèces comme *Cladosporium* ou *Alternaria* dont certaines souches peuvent avoisiner 2,5 kGy. De fait, irradier à des doses de l'ordre de 5 à 10 kGy permet donc d'assainir très significativement les collections, au minimum d'un facteur 100, mais plus généralement de plus de 5 à 10 décades. Cela devra concerner par exemple des collections pour lesquelles des développements de pourritures ou de moisissures auraient conduit à une charge fongique dangereuse, difficile à maîtriser par le seul contrôle des conditions climatiques (ce contrôle reste quoi qu'il en soit nécessaire même après traitement, sauf à maintenir un environnement stérile).

### 2.3. Procédure

Après leur introduction en cellule, les objets, dans leur conditionnement ou non, sont irradiés le temps nécessaire pour obtenir la dose de référence dans l'ensemble du volume de ceux-ci. Ce temps, de l'ordre de quelques heures jusqu'à 2-3 jours dans les cas de traitement fongicides les plus compliqués, dépend de l'intensité du rayonnement. La position de l'objet par rapport aux sources, et donc sa géométrie, ainsi que l'atténuation que celui-ci occasionne suivant sa densité, sont les principaux paramètres à prendre en compte. Les objets sont généralement retournés à mi-irradiation pour homogénéiser la dose. Il est néanmoins courant que les parties les plus irradiées le soient à des doses deux fois plus fortes que la partie la moins irradiée. Le rapport entre ces deux doses est appelé coefficient de surdosage, ou DUR (pour *Dose Uniformity Ratio*).

Après traitement, les sources réintègrent la piscine de stockage, et le personnel peut récupérer immédiatement les objets et les restituer.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Effets secondaires

Si les effets biocides recherchés sont bien maîtrisés, il convient d'évaluer l'ampleur des effets secondaires afin de vérifier que le niveau d'innocuité est compatible avec les enjeux de conservation associés au traitement.

En termes d'énergie, les doses employées peuvent paraître négligeables : avec 1 kGy, soit une énergie absorbée de 1 kJ dans 1 kg de matière irradiée, impossible de réchauffer la matière organique, ne serait-ce de 1 °C, même en conditions adiabatiques ! Mais ces doses ne sont pas toujours insignifiantes d'un point de vue de l'organisation électronique de la matière. Ainsi doit-on s'attendre à un nombre plus ou moins grand d'ionisations et d'excitations électroniques, qui, même si elles donnent lieu à des recombinaisons rapides dans l'immense majorité des cas, peuvent conduire à des modifications physico-chimiques plus ou moins substantielles de la matière irradiée.

Bien que les énergies de liaisons soient typiquement de l'ordre de 10 à 15 eV dans la matière organique, il faut compter de l'ordre de deux à trois ionisations seulement pour 100 eV d'énergie absorbée (le reste de l'énergie étant absorbée par excitation électronique) (Ferry *et al.*, 2016). Les ionisations concernent donc un nombre très faible d'atomes, de l'ordre de 1 atome pour 100 000 à 1 kGy. Après recombinaison des espèces primaires ainsi créées, ces ionisations sont aussi à l'origine de trois types de phénomènes qui peuvent influencer en particulier sur la nature chimique de la matière organique : d'une part les cassures de chaînes et les réticulations, qui sont en compétition entre elles aux faibles doses, avant que les cassures ne prennent généralement définitivement l'avantage à forte dose, et la radio-oxydation d'autre part.

Les cassures de chaînes touchent les molécules les plus longues, polymères et autres macromolécules. Ce phénomène est rarement très significatif aux doses de l'ordre du kGy ou de la dizaine de kGy qui nous intéressent. Il est bien connu cependant depuis plus de 50 ans que la cellulose constitue un des polymères naturels les plus radiosensibles à ces cassures de chaînes (Charlesby, 1955). C'est cette sensibilité qui est à l'origine des effets observés à très forte dose sur le papier comme l'avait déjà noté Marie Sklodowska Curie (1904) dans sa thèse. Il

convient néanmoins de relativiser ce comportement à plus faible dose : une division par 2 du degré de polymérisation de la cellulose, comme on peut parfois l'observer pour une dose de la dizaine de kGy, ne se traduit pas par une perte de tenue mécanique mesurable dans les matériaux cellulosiques, papier ou textile. Pour le papier, on peut par exemple se référer à quelques-uns des nombreux travaux publiés par les équipes italiennes de l'ENEA (Adamo *et al.*, 2002 ; Magaudda, 2004). Cette relative stabilité s'explique certainement par le fait que les liaisons hydrogènes intra et inter-moléculaires, prépondérantes dans les caractéristiques des fibres de celluloses, constituent un réseau très peu sensible à l'irradiation (Moise *et al.*, 2014), du moins tant que la chaîne polymère garde quand même une longueur suffisante. Pour ce qui concerne les autres matériaux organiques, en particulier d'origine naturelle à base soit cellulosique, mais en mélange, soit protidique, on attend des effets encore plus faibles (IAEA, 2017). On pourra par exemple se référer aux travaux réalisés par une équipe portugaise pluridisciplinaire qui conclue à l'absence de modification significative des principales propriétés du parchemin jusqu'à une dose de 30 kGy (Numes *et al.*, 2012).

Les réticulations quant à elles correspondent à de nouvelles liaisons covalentes qui se forment après recombinaisons des espèces ionisées. Ces nouvelles liaisons tendent généralement à stabiliser les matériaux, mécaniquement, thermiquement ou chimiquement, comme mis en évidence par Charlesby (1952). Il est extrêmement difficile de quantifier directement les taux de réticulation, en particulier dans les polymères très hétérogènes comme ceux d'origine naturelle, mais il n'est pas exclu que de tels phénomènes se produisent dans les domaines de nos doses d'intérêt. Ceux-ci pourraient expliquer une tendance parfois observée pour certains polymères naturels, comme le bois, dont la résistance mécanique pourrait s'améliorer très légèrement dans un domaine de dose autour de 10 kGy (Thomas *et al.*, 1993, Severiano *et al.*, 2010).

La radio-oxydation est due à la formation de radicaux libres très réactifs qui s'associent à l'oxygène présent lors de l'irradiation. À dose égale, cette radio-oxydation est moindre si le débit de dose est élevé, car ne laissant pas le temps à l'oxygène de diffuser dans le matériau au fur et à mesure de sa consommation pendant l'irradiation. Les jaunissements de surface que nous avons pu observer sur certains matériaux blancs organiques ou semi organiques comme l'os, l'ivoire, la nacre blanche, pour des doses supérieures à 10 kGy (Olivier et Cortella, 2006), s'expliquent certainement par ce type de phénomène.

Au final, l'effet le plus notable aux doses utilisées est la coloration des matériaux transparents, effet documenté dès la découverte des rayonnements ionisants (Curie et Curie, 1899). Cette coloration n'est pas induite par des ionisations mais par la formation de centres de couleurs, le plus souvent après piégeage d'états électroniques excités (et donc métastables) au voisinage d'impuretés, et dont la superposition dans les matériaux transparents suffisamment épais finit par colorer ceux-ci (Farah *et al.*, 2012). Ces effets sont difficiles à quantifier *a priori* car ils sont très liés aux taux d'impuretés dans les matériaux irradiés, mais il n'est pas rare d'observer des changements de couleur perceptibles dans certains matériaux transparents à partir de doses de l'ordre de quelques centaines de Gy (figure 2). Cela doit donc inciter à exclure de ces traitements tous les matériaux transparents ou translucides (en particulier quand ils sont clairs pour ces derniers, par exemple la porcelaine), qu'ils soient minéraux ou organiques, sous forme cristalline ou amorphe.

Ces deux derniers effets touchant à la couleur questionnent légitimement sur le devenir des polychromies qui devraient subir des traitements biocides par irradiation. Si, comme on pouvait s'y attendre, les pigments par nature opaques se montrent stables à l'irradiation (Negut *et al.*, 2008 ; Negut *et al.*, 2012), il faut noter que la fonction des liants et autres vernis est justement d'être transparents. L'expérience rejoint cependant la théorie, montrant que les faibles épaisseurs de matière transparentes mises en jeu ne permettent pas de discerner d'effet de superposition de centres de couleur (figure 3). Dans nos propres expérimentations, la seule exception constatée l'a été pour la gomme arabique pure, mais en forte épaisseur (100  $\mu\text{m}$ ), qui jaunit pour des fortes doses supérieures à 20 kGy, cette variation restant non discernable à 10 kGy (Olivier et Cortella, 2006). Il est à noter que pour ce liant, nous n'avons pas observé d'évolution par spectrométrie infrarouge (FTIR), au contraire de la gomme laque, pour laquelle on peut noter, par la même méthode, une oxydation déjà significative à 20 kGy (Labit et Cortella, 2014). Dans ce dernier cas, cette radio-oxydation s'accompagne d'une perte de dureté à 200 kGy, sans pour autant que, curieusement, cela ne se traduise à l'observation par une dégradation morphologique ou par un changement de couleur, même à des doses de 200 kGy. En conclusion, après près de 50 ans d'expérience sur les traitements de bois polychromés dans notre atelier, et après de nombreuses campagnes de mesures sur les éléments constitutifs de polychromie, ou sur des polychromies réelles ou reconstituées pour étude, nous n'avons pas, à ce jour, mis en évidence de problème manifeste lié au traitement par irradiation gamma sur des éléments de polychromie classiques et même orientaux (Nicoud et Cortella, 2014).

### 3.2. Utilisation

La méthode de désinsectisation et désinfection par rayonnement gamma est utilisée en Tchécoslovaquie et en France depuis les années 70 (Cornuet *et al.*, 1975 ; Urban *et al.*, 1978). C'est d'ailleurs dans ces deux pays que l'on trouve encore à ce jour les deux seules installations d'irradiation gamma dédiées à la conservation du patrimoine. Leur champ d'application est relativement large, mais concernent en premier lieu la désinsectisation des objets en bois et/ou composites à base organique. Depuis la statuaire religieuse en bois polychromé jusqu'à l'art moderne, en passant par le mobilier, les objets ethnologiques ou les instruments de musique, ce sont plusieurs centaines d'objets qui sont traités chaque année dans l'irradiateur d'ARC-Nucléart à Grenoble, soit des dizaines de milliers de m<sup>3</sup> depuis les années 70. Dans nos contrées, le contrôle effectif de l'humidité, condition nécessaire et le plus souvent suffisante pour empêcher les développements fongiques, réduit fortement le recours à l'irradiation en tant que traitement fongicide. De fait, les doses fongicides ne se justifient que s'il existe un risque sanitaire ou de reprise rapide après un développement incontrôlé occasionnant une forte sporulation. Le traitement le plus emblématique reste néanmoins le traitement fongicide de la momie de Ramsès II réalisé en 1977 sur le centre d'étude nucléaire de Saclay par la jeune équipe du programme Nucléart (Balout, 1985). Plus récemment, on peut citer aussi le traitement bactéricide d'un bébé mammouth congelé en 2010, à la base pour des raisons sanitaires, mais qui se faisant, a contribué à sa bonne conservation (Lacombat *et al.*, 2016).

De nombreux autres pays s'intéressent aussi à ces techniques. Parmi les plus actifs en Europe, il faut citer la Roumanie (Ponta, 2008) et la Croatie (Katusin-Razem *et al.*, 2009) qui réalisent en routine de nombreux traitements insecticides ou fongicides de biens culturels variés depuis plus de quinze ans, dans des irradiateurs polyvalents dédiés à la recherche et aux prestations dans différents domaines. Toujours en Europe, il faut citer le traitement des momies Inuits de Qilakitsoq dans l'irradiateur de Roskilde au Danemark (Svejgaard *et al.*, 1989), ou encore le traitement de 60 000 chaussures ayant appartenu à des déportés du camp de concentration de Majdanek, traitement réalisé en Pologne (Institute of Applied Radiation Chemistry, Lodz Technical University, (Olesiuk, 2008)).

Bien que cela fasse rarement l'objet de publicité, les livres et le matériel d'archive sont aussi traités par rayonnement gamma en Europe, comme ce fut le cas pour quelques milliers de livres de la bibliothèque centrale régionale de Berlin (Gerlach, 2006) ou les 21 km de rayonnage des collections précieuses de la bibliothèque du palais de la paix de La Haye (Kost *et al.*, 2007 ; Havermans, 2011). Pour ces derniers traitements, le conditionnement en palettes normalisées a permis le traitement en irradiateur industriel dont l'activité principale est la stérilisation médicale, et ce dans d'excellentes conditions de reproductibilité et de maîtrise de la dose. Ce fut aussi le cas en 2016 – 2017 pour la majeure partie des quelque 11 km linéaires (environ 1 000 m<sup>3</sup>!) de rayonnages du site des Archives Nationales de Fontainebleau, touchés par un important développement de moisissures après une infiltration due à un problème structurel sur le bâtiment. L'essentiel de ces documents a été traité par la société Steris, dans l'irradiateur de Marcoule, France, seuls les quelque 5 % de ces documents qui ne pouvaient pas être conditionnés pour passage dans cette installation ont été traités dans l'irradiateur d'ARC-Nucléart, à Grenoble.

C'est encore le problème des archives qui mobilise le plus les irradiateurs gamma pour les traitements biocides de collections patrimoniales dans le reste du monde. Par exemple, aux États-Unis, on retient le traitement en 1980 des ouvrages et archives abandonnés de la bibliothèque de W.H. Gantt, récupérés après cette opération par l'Université Johns Hopkins de Baltimore, et celui de 500 000 ouvrages de l'université du Colorado ayant subi une inondation sans précédent en 1997, pour ne citer que des opérations ayant fait l'objet d'une publicité (Sincio, 2000). En Amérique latine, l'Argentine (del Carmen Calvo *et al.*, 2017) et surtout le Brésil (IPEN, 2016) sont particulièrement engagés tant dans ces traitements d'archives (Auada *et al.*, 2014) que dans celui d'autres biens culturels et artistiques (Rizzo *et al.*, 2002).

Il ne s'agit bien sûr pas là d'un tour d'horizon exhaustif. D'autres traitements ont encore été rapportés en Corée du Sud, en Iran, au Pérou, au Bangladesh, en Égypte, en Tunisie, au Maroc, etc. Cette technique biocide, bien connue en tant que traitement sanitaire, est certainement utilisée à plus ou moins grande échelle dans de très nombreux irradiateurs parmi les centaines d'installations de par le monde.

## 4. Conclusion

Le traitement biocide par irradiation au rayonnement gamma est un procédé éprouvé tant dans le domaine de la conservation curative du patrimoine culturel que dans les nombreux domaines sanitaires où il fait aujourd'hui



office de traitement de référence. La réponse biologique dans ses effets déterministes sur les insectes, ou statistiques sur les microorganismes, lui assure une efficacité qui n'est plus à démontrer dès que l'on utilise les doses appropriées. La facilité à s'assurer que ces doses biocides sont bien atteintes dans le volume de l'objet traité lui confère au-delà de cette efficacité une fiabilité sans égale en comparaison avec les autres procédés impliquant un transport par diffusion au travers du matériau.

Pour autant, comme toute autre technique, ces traitements peuvent induire des effets secondaires dont l'ampleur doit être appréciée en fonction des doses utilisées. À ces doses, l'expérience montre que les effets restent faibles. Même le papier, dont la sensibilité aux rayonnements ionisants est connue pour être plus grande que pour les autres matériaux constitutifs de notre patrimoine, peut être traité sans dommage significatif eu égard aux enjeux de conservation. Au final, seuls les matériaux transparents ou translucides posent un vrai problème d'incompatibilité en se teintant sous l'action du rayonnement dès les doses qui nous intéressent.

De fait, cette méthode utilisée depuis plus de 45 ans à ARC-Nucléart à Grenoble est de plus en plus utilisée de par le monde dans le domaine patrimonial. Alors qu'en Europe, ce sont les insectes qui sont le plus souvent visés, c'est sans doute pour le traitement de masse des archives contaminées par des espèces fongiques que ces techniques sont le plus utilisées, en particulier dans les pays où les difficultés à contrôler le climat conduisent parfois à des contaminations particulièrement dangereuses pour les documents.

## Références

AAMI, 2008. AAMI TIR17: Compatibility of materials subject to sterilization.

Adamo, M., Brizzi, M., Magaouda, G., Martinelli, G., Plossi-Zappalà, M., Rocchetti, F., Savagnone, F., 2001. Gamma radiation of paper in different environmental conditions: chemical, physical and microbiological analysis. *Restaurator*, 22, 107-131.

Aquino, K.A.S., 2012. Sterilization by Gamma Irradiation, in: Adrovic, F. (Ed), *Gamma Radiation*, InTech, Rijeka, pp. 171-206.

Auada, F.M., Morais, C.S., Maganini, E., de Melo Bakiewicz, G., Martarelli de Cerqueira, D.S., Angueira, A., 2014. Salvage of Paper Materials from the Flooding of São Luiz do Paraitinga. *The Book and Paper Group Annual*, 33, 5-8.

Audouin, L., Colin, X., Fayolle, B., Richaud, E., Verdu, J., 2012. *Polymères en ambiance nucléaire – Comportement à long terme*, EDP Sciences, Les Ulis.

Bakri, A., Heather, N., Hendrichs, J., Ferris, I., 2005. Fifty Years of Radiation Biology in Entomology: Lessons Learned from IDIDAS. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 98, 1-12.

Balout, L., Roubet, C. (sous la direction de), 1985. *La momie de Ramsès II – Contribution scientifique à l'égyptologie*, Ed. Recherche sur les civilisations, Paris.

Charlesby, A., 1952. Cross-linking of polythene by pile radiation. *Proc. R. Soc. A*, 215, 187-214.

Charlesby, A., 1955. The Degradation of Cellulose by Ionizing Radiation. *J. Polym. Sci.*, 15, 263-270.

Cornuet, R., Ramière, R., de Tassigny, C., 1975, Application des techniques nucléaires à la conservation des œuvres d'art, *Cahier d'information du bureau Euristop*, 98, monographie 38, 114 pages.

Curie, P., Curie, M., 1899. Effets chimiques produits par les rayons de Becquerel. *Comptes rendus de l'académie des sciences*, 129, 823-825.

del Carmen Calvo, A.M., Docters, A., Miranda, M.V., Nazareno Sapparra, M.C., 2017. The Use of Gamma Radiation for the Treatment of Cultural Heritage in the Argentine National Atomic Energy Commission: Past, Present, and Future. *Top. Curr. Chem.*, 375, 227-247.

ECCO, 1993. Article 8. ECCO Professional guidelines.

Farah, K., Mejri, A., Hosni, F., Hamzaoui, A. H., Boizot, B., 2012. Formation and Decay of Colour Centres in a Silicate Glasses Exposed to Gamma Radiation: Application to High-Dose Dosimetry, in: Nenoï, M. (Ed), *Current Topics in Ionizing Radiation Research*, InTech, pp. 603-624.

- Ferry, M., Ngonon-Ravache, Y., Aymes-Chodur, C., Clochard, M.C., Coqueret, X., Cortella, L., Pellizzi, E., Rouif, S., Esnouf, S., 2016. Ionizing Radiation Effects in Polymers. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering.
- Gerlach, A., 2006. Paper deacidification and quality control at the Central and regional Library Berlin, in: Blüher, A., Grossenbacher, G. (Eds.), *Save paper! Mass deacidification – today's experience – tomorrow's perspectives*, Swiss National Library, Bern, pp. 21-36.
- Gluszewski, W., Zagorski, Z., Cortella, L., Tran, Q.K., 2011. Maria Skłodowska Curie - The precursor of radiation sterilization methods. *Anal. Bioanal. Chem.*, 400, 1577-1582.
- Havermans, J., 2011. Gamma disinfection of ligno cellulose historical collections, in: P. Engel, J. Schirò, R. Larsen, E. Moussakova, I. Kecskeméti (Eds.), *Approaches to Book and Paper Conservation-restoration*, Verlag Berger Horn/Wien, pp. 559-574.
- IAEA, 2017. Uses of Ionizing Radiation for Conservation for Tangible Cultural Heritage, IAEA Radiation Technology Series No. 6, in press (ISBN: 978-92-0-103316-1).
- IPEN, 2016. Preservando a memória e a cultura, in: Gerhardt R. (Ed.), *IPEN 60 anos – Irradiando qualidade de vida*, pp 40-41.
- ISO, 2013. ISO-11137: Sterilization of health care products – Radiation
- Katusin-Razem, B., Razem, D., Braun, M., 2009. Irradiation treatment for the protection and conservation of cultural heritage in Croatia. *Radiat. Phys. Chem.*, 78, 729-731.
- Kost, I., Vervliet, J., Havermans, J., Abdul Aziz, H., 2007. Kilometers schimmels verleden tijd: de behandeling van de boekencollectie. *CR: interdisciplinair vakblad voor conservering en restauratie*, 8, 16-18.
- Labit, J.M., Cortella, L., 2014, résultats non publiés obtenus lors du stage d'ingénieur de Jean-Marc Labit: Etude des effets des traitements biocides par irradiation gamma sur la tenue des liants utilisés sur les bois polychromés.
- Lacombat, F., Tikhonov, A.N., Cortella, L., Fisher, D. N., Buigues, B., Lazarev, P., 2016. *Khroma: Autopsy of a story*. *Bull. Mus. Anthropol. Préhis. Monaco*, suppl. N°6, 149-154.
- Magaudda, G., 2004. The recovery of biodeteriorated books and archive documents through gamma radiation: some considerations on the results achieved. *J. Cult. Herit.*, 5, 113-118.
- Michaelsen, A., Pinzari, F., Barbabietola, N., Piñar, G., 2013. Monitoring the effects of different conservation treatments on paper-infecting fungi. *Int. Biodeterior. Biodegradation*, 84, 333-341.
- Moise, I.V., Stanculescu, I., Meltzer, V., 2014. Thermogravimetric and calorimetric study of cellulose paper at low doses of gamma irradiation, *J. Therm. Anal. Calorim.*, 115, 1417-1425.
- NASA, 2015. *International Space Station Researcher's Guide: Space Environmental Effects*
- Negut, D., Bercu, V., Octavian-Gheorghe, D., 2012. Defects induced by gamma irradiation in historical pigments. *J. Cult. Herit.*, 13, 397-403.
- Negut, D., Cortella, L., Cutrubinis, M., Tran, Q.K., Ponta, C.C., 2008. Color Measurements Intercomparison of Disinfected by Radiation Polychromed Wooden Object, in: *Proc. Int. Conf. Wood Science Conserv. Cult. Heritage*, 230-235.
- Nicoud, S., Cortella, L., 2014, résultats non publiés obtenus lors du stage d'ingénieur de Sarah Nicoud: Etude du comportement des laques soumises à un traitement biocide par irradiation gamma.
- Nunes, I., Mesquita, N., Cabo Verde, S., Trigo, M.J., Ferreira, A., Carolino, M.M., Portugal, A., Botelho, M.L., 2012. Gamma radiation effects on physical properties of parchment documents: assessment of Dmax. *Radiat. Phys. Chem.* 81, 1943-1946.
- Olesiuk, D., 2008. Obuwie więźniarskie w zbiorach Państwowego Muzeum na Majdanku. *Zeszyty Majdanka*, 24, 235-262.
- Olivier, M., Cortella, L., 2006, résultats non publiés obtenus lors du stage d'ingénieur de Marie Olivier: Effet de l'irradiation sur la couleur.
- Ponta, C.C., 2008. Irradiation Conservation of Cultural Heritage. *Nuc. Phys. News*, 18, 22-24.
- Rizzo, M.M., Machado, L.D.B., Borrelly, S.I., Sampa, M.H.O., Rela, P.R., Farah, J.P.S., Schumacher, R.I., 2002. Effects of gamma rays on a restored painting from the XVII<sup>th</sup> century. *Radiat. Phys. and Chem.*, 63, 259-262.

Severiano, L.C., Lahr, A.R.F., Bardi, M.A.G., Santos, C., Machado, L.D.B., 2010. Influence of gamma radiation on properties of common Brazilian wood species. *Prog. Nucl. Ener.*, 52, 730-734.

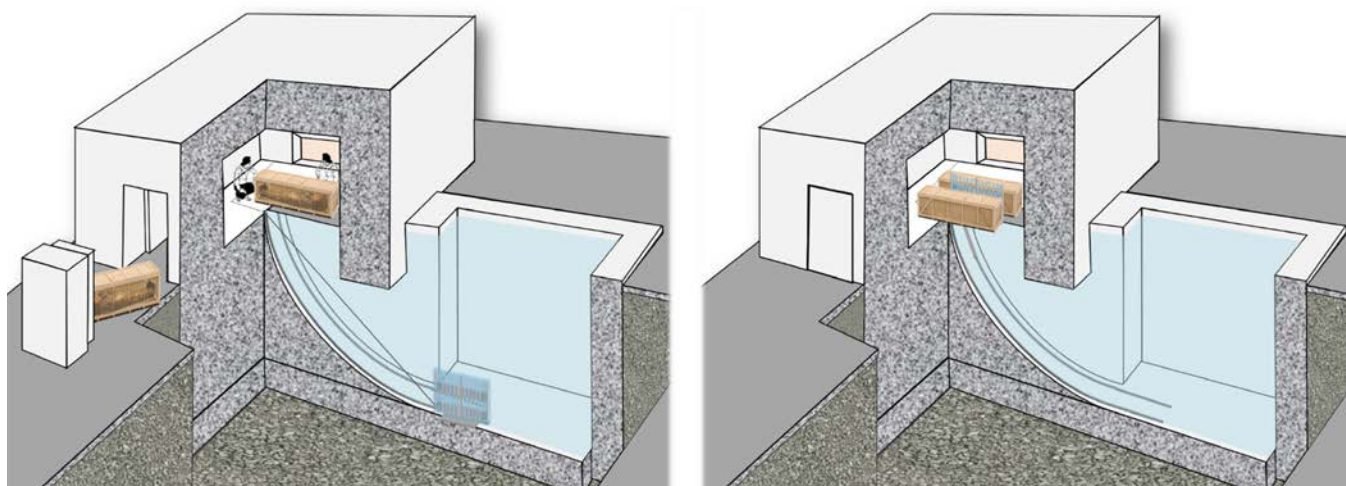
Sinco, P., 2000. The use of gamma rays in book conservation. *Nuclear News*, 24, 38-40.

Sklodowska Curie, M., 1904. *Recherches sur les substances radioactives: Thèse de doctorat en physique*, Paris.

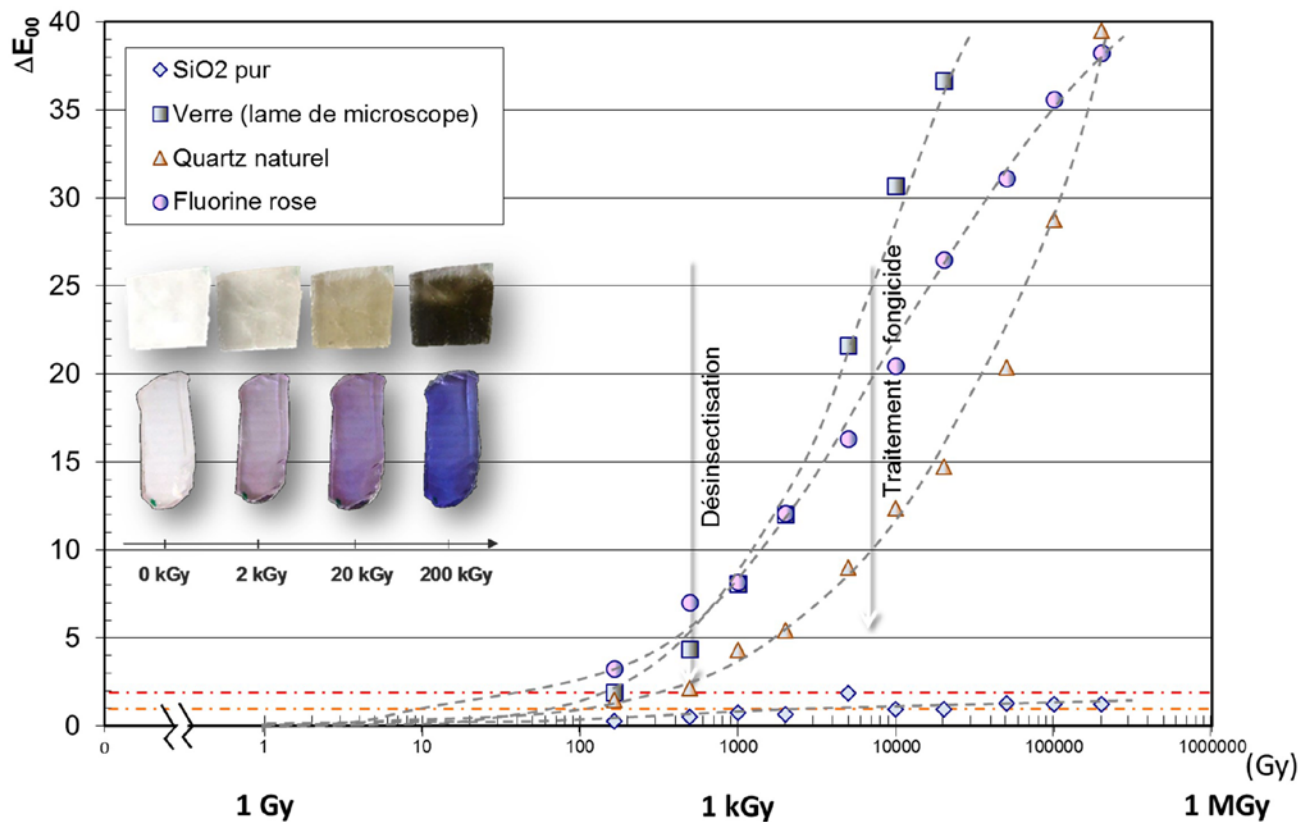
Svejgaard, E., Stenderup, A., Moller, G., 1989. Isolation and eradication of fungi contaminating the mummified corpses from Qilakistoq, , in: Hart Hansen, J.P., Gullov, H.C. (Eds.), *The mummies from Qilakitsok – Eskimos in the 15th century*, *Meddelelser om Gronland, Man and Society*, 12, pp. 131-133.

Thomas, P.T., Babu, B.S.B., Neelkandan, K., 1993. Studies on certain wood-plastic-composites prepared by gamma irradiation, *Bull. Mater. Sci.*, 16, 73-83.

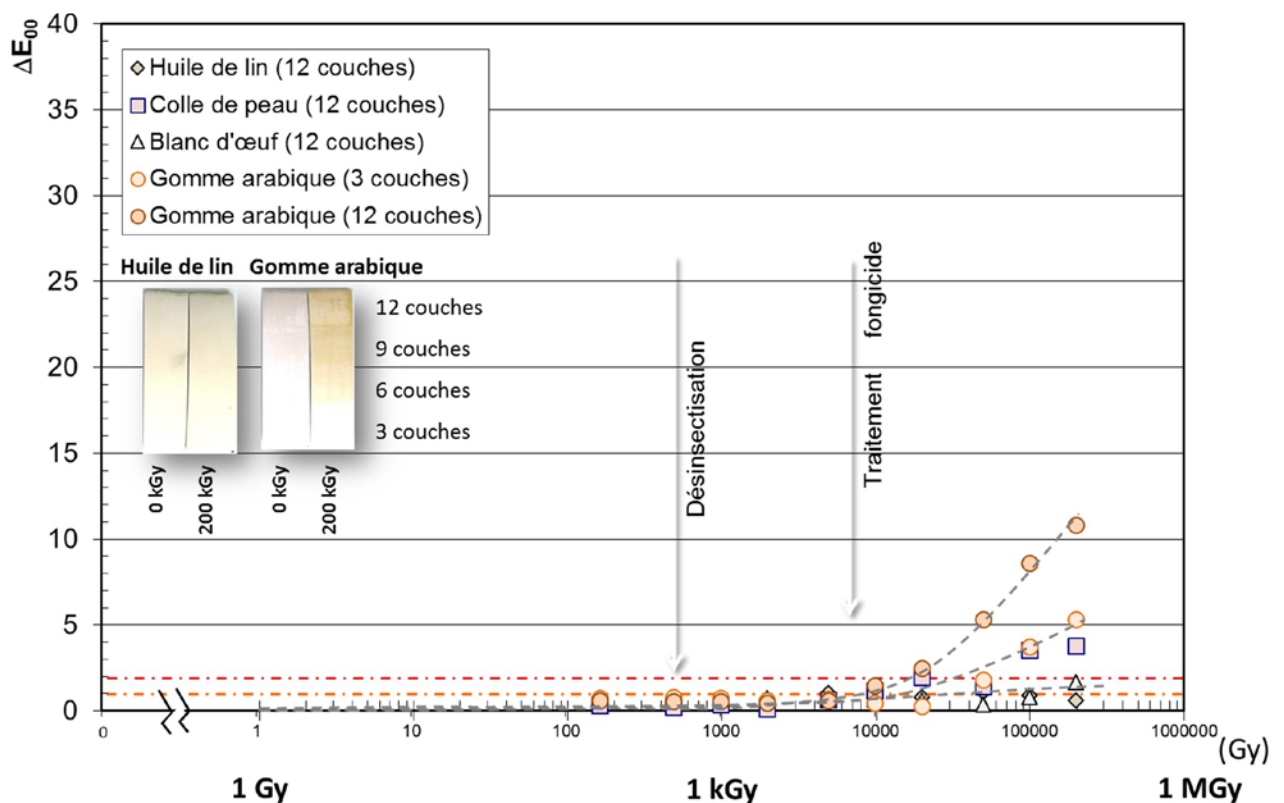
Urban, J., Santar, I., Sedlackova, J., Pipota, J., 1978, Use of gamma radiation for conservation purposes in Czechoslovakia, in *International Council of Museums (Ed), ICOM Committee for Conservation – 5th Triennial Meeting*, Zagreb, 1 - 8 Oct. 1978, preprints, 10 pages.



**Figure 1** : Schéma de principe de fonctionnement de l'irradiateur d'ARC-Nucléart.



**Figure 2** : Évolution de la couleur en fonction de la dose pour quelques matériaux transparents d'après Olivier et Cortella (2006). Les différences de couleur  $\Delta E_{00}$  sont exprimées dans l'espace CIELab. L'humain est capable au mieux de discerner un écart de couleur d'une à deux unités (pointillés jaunes et rouges).



**Figure 3** : Évolution de la couleur en fonction de la dose pour quelques liants et/ou vernis d'après Olivier et Cortella (2006). L'irradiation ne provoque des changements de couleur perceptibles  $\Delta E_{00}$  supérieurs à 2 que pour la gomme arabique appliquée en 9 ou 12 couches au-delà de 20 kGy.

# Biodétérioration fongique aux Archives françaises du film : diagnostics et recherche de traitement

---

**Malalanirina Sylvia Rakotonirainy**

**Bertrand Lavédrine**

Sorbonne Universités, Centre de recherche sur la conservation (CRC, USR 3224),  
Muséum national d'Histoire naturelle,  
Ministère de la Culture, CNRS - CP21,  
36 rue Geoffroy-Saint-Hilaire,  
75005 Paris, France

Correspondance : [malalanirina.rakotonirainy@mnhn.fr](mailto:malalanirina.rakotonirainy@mnhn.fr)

## Résumé

Les Archives françaises du film (AFF) du Centre national du cinéma et de l'image (CNC) conservent plus de 100.000 films, soit environ un million de bobines de film sur les sites de Saint-Cyr et Bois d'Arcy. Lors de l'ouverture des boîtes en fer ou en plastique dans lesquelles elles sont conservées, on constate des développements aléatoires de moisissures dans certains étuis. Cette étude a été menée en vue de réaliser un diagnostic complet sur les films, les surfaces et la qualité de l'air afin de comprendre l'origine de ces développements fongiques. Les taux de contamination de l'air, des surfaces et la nature des moisissures ont été déterminés. L'analyse des conditions climatiques dans les salles de stockage et dans différents contenants a permis de comprendre ces développements sporadiques. Différentes solutions de nettoyage, dont un fongicide, ont été évaluées et des préconisations ont été édictées.

## Mots clefs

moisissures, analyses microbiologiques, air intérieur, films cinématographiques, biocide, décontamination

# Biodeterioration by fungi in French film archives: diagnosis and search for a treatment

---

**Malalanirina Sylvia Rakotonirainy**

**Bertrand Lavédrine**

Sorbonne Universités, Centre de recherche sur la conservation (CRC, USR 3224),  
Muséum national d'Histoire naturelle,  
Ministère de la Culture, CNRS - CP21,  
36 rue Geoffroy-Saint-Hilaire,  
75005 Paris, France

Corresponding author: [malalanirina.rakotonirainy@mnhn.fr](mailto:malalanirina.rakotonirainy@mnhn.fr)

## Abstract

The Archives françaises du film ([AFF] French Film Archives) of the Centre national du cinéma et de l'image ([CNC] Center for Cinema and the Moving Image) conserve more than 100,000 film titles corresponding to millions of reels. Reels are kept in metal or plastic containers at the storage sites of Saint-Cyr and Bois d'Arcy. When the containers are opened, random mold development is sometimes observed inside. The aim of this study was to carry out a complete diagnosis of films, surfaces and air quality, in order to understand the origin of the fungal growth. This involved determining contamination rates of air and surfaces as well as the nature of the molds. Climatic conditions in the storage rooms and in different containers were also analyzed, enabling us to understand the sporadic development. Different cleaning solutions, including a fungicide, were also evaluated and recommendations were established.

## Key words

microfungi, microbiological analyses, indoor air, cinematographic films, biocide, decontamination

# Introduction

Les Archives françaises du film (AFF) ont été intégrées en 1969 au sein du Centre national du cinéma et de l'image animée (CNC) pour s'occuper de l'inventaire des vieux films en France et de leur conservation. Les AFF représentent l'une des plus importantes collections de productions cinématographiques. Un million de boîtes représentant près de 100 000 titres sont ainsi conservées sur deux sites en banlieue parisienne – au Fort de Saint-Cyr et dans l'ancienne batterie militaire de bois d'Arcy. Les deux sites sont entourés de large végétation, les bâtiments de conservation sont climatisés afin de stabiliser le climat intérieur. Cependant, régulièrement, à l'ouverture des boîtes, plusieurs bobines en triacétate de cellulose (TAC), rangées dans des boîtes métalliques ou plastiques, présentent des signes de contaminations fongiques, parfois très prononcés (Figure 1). Les films sur support en polyester, plus récents, semblent à ce jour, moins touchés. Ces développements de moisissures dégradent les supports et menacent la pérennité des films. Afin de comprendre l'origine de ces contaminations fongiques et de trouver une solution de traitement, le Centre de recherche sur la conservation (CRC) et le CNC ont mené ensemble une recherche finalisée de 18 mois qui a mobilisé les scientifiques du CRC et le personnel des Archives françaises du film.

Le Pôle biodétérioration et environnement du CRC est intervenu pour évaluer l'état sanitaire des locaux et identifier les espèces fongiques dans l'air, sur les surfaces et dans les boîtes afin de déterminer les relations entre ces trois éléments. Nous avons ensuite testé l'action d'un fongicide (Fonginet A20), sélectionné par le CNC, pour éventuellement traiter les films moisis. Son protocole d'utilisation a été mis au point au cours de l'étude. Enfin, ayant constaté qu'aucun film atteint du syndrome du vinaigre, n'était contaminé, nous avons testé l'influence de l'acide acétique dans la croissance des moisissures. À l'issue de ces analyses, des préconisations ont été émises pour empêcher la prolifération des moisissures et prévenir des futures contaminations.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1 Analyses microbiologiques

Les analyses *in situ* ont été effectuées en mars (température extérieure 3-6 °C) et en mai (température extérieure 12-14 °C) 2013, dans les bâtiments B de Bois d'Arcy et Z1 et Z2 de Saint-Cyr, sur 6 magasins au total (Figure 2). Ces magasins abritent des films sur support en polyester et en triacétate de cellulose. Ils sont climatisés en continu, avec un contrôle permanent de la température et de l'hygrométrie dans chaque magasin. Néanmoins, lors de chaque série de prélèvements, nous avons relevé les valeurs de la température et du taux d'humidité relative dans chaque magasin et à l'extérieur des bâtiments, à l'aide de thermo-hygromètres numériques. Le jour des visites, la température dans les magasins était comprise entre 9 et 13,2 °C en mars, et 10 et 13,8 °C en mai, avec une humidité relative respectivement entre 45 et 71 % et entre 59,4 et 73 %. Des prélèvements ont également été réalisés à l'extérieur des bâtiments (Tableau 1).

Durant cette étude, deux milieux de culture ont été principalement utilisés pour faire développer les souches fongiques collectées :

- milieu malt-agar (MA) non spécifique,
- milieu dichloran-glycérol (DG18) favorable au développement des espèces xérophiles (activité en eau faible).

L'identification des souches de moisissures développées est effectuée par une observation morphologique et par les techniques de biologie moléculaire (extraction de l'ADN génomique, Amplification des régions ITS et séquençage de l'ADNr) (Rakotonirainy et al., 2016).

Les échantillons d'air sont prélevés par impaction, à l'aide du collecteur MAS-100, calibré à un débit de 100 L d'air par min. Les prélèvements ont été réalisés en deux points de chaque magasin, ainsi que sur le palier du premier étage du bâtiment Z2 et à l'extérieur des bâtiments. À chaque point, deux prises d'air de 250 litres ont été effectuées à 80 cm du sol, pour chaque milieu. Les boîtes de prélèvements sont mises en incubation à 26 °C pendant 3 jours. Les résultats sont exprimés en nombre d'Unité Formant Colonie par mètre cube d'air (UFC/m<sup>3</sup>). Comme il n'existe pas de norme en matière de contamination microbiologique des locaux de conservation, les valeurs limites retenues sont celles définies dans le domaine de la santé (Reboux et al., 2009) :

- niveau 1 : faibles < 170 UFC/m<sup>3</sup>;
- niveau 2 : 170 < modérées < 560 UFC/m<sup>3</sup>;
- niveau 3 : 560 < élevées < 1 000 UFC/m<sup>3</sup>;
- niveau 4 : très élevées > 1 000 UFC/m<sup>3</sup> (risque pour la santé).

Le niveau de contamination des surfaces est évalué par des prélèvements avec des boîtes de contact, aux mêmes endroits que les prélèvements d'air. Les colonies développées sont comptées et identifiées après 5 à 7 jours d'incubation à 26 °C. Les résultats sont exprimés en nombre d'Unité Formant Colonie par décimètre carré (UFC/dm<sup>2</sup>).

## 1.2 Action de l'acide acétique sur le développement fongique

L'un des phénomènes liés à la dégradation des films cinématographiques en TAC est le syndrome du vinaigre (libération d'acide acétique) (Figure 3). Il semble que les films atteints de ce syndrome ne sont pas touchés par des développements de moisissures. On peut donc supposer que l'acide acétique et/ou ses vapeurs ont un effet antifongique. Pour le vérifier, nous avons réalisé trois types de test :

- suivi de la croissance des moisissures d'un film moisi sur un milieu MA dans un environnement saturé, ou pas, en acide acétique,
- croissance des souches *P. corylophilum* et *A. versicolor* étalées sur un milieu MA dans un environnement saturé, ou pas, en acide acétique,
- croissance des souches *P. corylophilum* et *A. versicolor* étalées sur un milieu MA, en présence d'un film atteint du syndrome du vinaigre.

## 1.3 Évaluation de l'action du fongicide Fonginet A20 sur les principales espèces de moisissures identifiées

Le Fonginet A20 est un fongicide à base de carbamate de 3-iodo-2propynylbutyle (IPBC) et 2-(méthoxyméthylethoxy) propanol. Il est préconisé dans la désinfection des liquides à une concentration de 0,4 %. Le CNC a proposé ce fongicide pour traiter les films moisissés. Dans un premier temps, nous avons réalisé des antibiogrammes sur 3 des principales espèces identifiées, pour déterminer à quelle concentration ce fongicide est le plus efficace. Trois concentrations sont testées : 0,3 %, 0,4 % et 0,45 %. La concentration minimale efficace est retenue pour réaliser des tests par immersion afin de valider un protocole d'utilisation. En effet, les films très moisissés devront être traités dans des « développeuses » comportant différents compartiments. Notre objectif est de déterminer les conditions de mise en œuvre et l'enchaînement des étapes, afin d'assurer la plus grande efficacité possible. Six types séquences de traitements (T1 à T6) et un traitement témoin (T0) sont réalisés sur des morceaux de film moisissés qui sont ensuite déposés sur des milieux de culture, puis incubés 21 jours à 26 °C (Tableau 2).

# 2. Résultats

## 2.1 Niveau de contamination aérienne

Malgré un niveau d'humidité relative élevé et la présence de poussière sur les rayonnages, les mesures réalisées dans l'air ambiant des magasins de stockage des 2 sites, ont révélé des concentrations moyennes en spores aéroportées relativement basses : près de trois fois inférieures à la limite (<170 UFC/m<sup>3</sup>) défini comme seuil de concentration faible dans les ambiances intérieures. Les valeurs se situent entre 7 et 51 UFC/m<sup>3</sup> en mars et entre 5 et 66 UFC/m<sup>3</sup> en mai (Figure 4). Les concentrations fongiques à l'extérieur des bâtiments sont près de 5 fois supérieures à celles de l'intérieur, mais peu élevées au mois de mars, principalement dû au fait que c'est encore une période hivernale relativement sèche et froide avec de la végétation en dormance. Au printemps, la concentration extérieure augmente fortement mais celle des magasins ne semble pas évoluer. Les bâtiments sont donc relativement bien isolés d'une contamination venant de l'extérieur, la concentration fongique intérieure restant faible quelle que soit la saison et n'étant pas perturbée par les variations extérieures en contaminants.

## 2.2 Niveau de contamination surfacique

En absence de norme française spécifique dans le domaine de la conservation, un niveau de 50 UFC/dm<sup>2</sup> est accepté généralement comme limite, valeur informelle en dessous de laquelle on estime que le risque biologique



est faible et qu'une surface n'est pas contaminée. Au Fort de Saint-Cyr, cette limite est largement dépassée dans les quatre magasins concernés où les taux de contamination moyens des surfaces peuvent atteindre 204,65 UFC/dm<sup>2</sup>, ce qui n'est pas surprenant en raison du niveau d'empoussièrement (Figure 5). La poussière véhiculée des éléments fongiques qui peuvent croître si les conditions leur sont favorables. Normalement, à l'intérieur des salles, les conditions climatiques et la ventilation ne favorisent pas leur développement, d'ailleurs aucun signe de moisissure n'a été constaté sur les rayonnages. Toutefois, des traces de moisissures sont visibles sur les murs, plus hygrosopiques et lieux de condensation. Ces phénomènes sont accentués au niveau des bouches de soufflage de la climatisation. À Bois d'Arcy, les concentrations sur les surfaces sont relativement faibles, aux alentours de 20 UFC/dm<sup>2</sup>.

## 2.3 Identification des souches

Aussi bien dans l'air que sur les surfaces, les mises en culture révèlent une diversité de souches (Rakotonirainy, Pauwels, 2013). Les espèces prédominantes dans l'air intérieur sur les deux sites sont *Cladosporium sp.*, *Penicillium chrysogenum* et *Trametes versicolor*, cette dernière étant en forte fréquence à l'extérieur des bâtiments. Les espèces identifiées sont les mêmes en hiver et au printemps. Sur les surfaces on retrouve principalement des *Cladosporium sp.* Peu d'espèces communes ont été identifiées sur les surfaces et dans l'air. Le brassage de l'air via la climatisation ne facilite pas le dépôt des moisissures aéroportées sur les rayonnages et n'est pas assez fort pour décoller la poussière et les moisissures qu'elle véhicule. En revanche, on constate que plusieurs espèces de l'air intérieur sont communes avec celles de l'air extérieur telles que *Botryotinia fuckeliana*, *Cladosporium sp.*, *Epicoccum nigrum*, *Penicillium brevicompactum* et *Trametes versicolor*.

Sur les films, l'identification s'est effectuée sur des prélèvements par écouvillonnage à la surface des bobines ou à partir de morceaux de films disposés directement à la surface des milieux de culture. Deux espèces xérophiles à forte capacité gélatinolytique, présentent une fréquence élevée : *Penicillium corylophilum* (62,5 %) et *Aspergillus versicolor* (18,75 %). Avec une moindre proportion, on a également identifié les espèces suivantes : *Alternaria brassicae*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Leptosphaerulina chartarum*, *Penicillium crustosum* et *Penicillium citreonigrum*.

Les espèces relevées sur les bobines sont très différentes de celles des surfaces et de l'air démontrant ainsi que les films ne se contaminent pas dans les magasins. La présence parfois importante de développement fongique à l'intérieur des boîtes suggère qu'ils étaient contaminés avant leur introduction. Les fluctuations des paramètres thermo-hygrométriques à l'intérieur des salles doivent modifier le climat à l'intérieur de la boîte et favoriser la croissance de moisissures qui trouvent tous les éléments nutritifs nécessaires, notamment dans la gélatine photographique. On constate que les espèces isolées des films sont des xérophiles, c'est-à-dire adaptées à des milieux peu hydratés. Il suffit donc que l'humidité augmente légèrement à l'intérieur des boîtes pour que ces espèces puissent se développer.

## 2.4 Action de l'acide acétique sur le développement fongique

Dans tous les cas, après 21 jours d'incubation à 26 °C, aucun développement fongique n'est observé. L'acide acétique, par contact direct ou sous forme vapeur, a donc un effet antifongique, ce qui explique pourquoi les films présentant le syndrome du vinaigre semblent épargnés d'une contamination fongique.

## 2.5 Évaluation de l'action du fongicide Fonginet A20 sur les principales espèces de moisissures identifiées

Au cours de cette étude, par des antibiogrammes, nous avons confirmé l'action fongicide du Fonginet A20 à partir de 0,4 % (Figure 6). Cette concentration est retenue pour réaliser des tests par immersion pour valider un protocole d'utilisation. Parmi les 6 types de tests effectués, une forte action inhibitrice est obtenue dès que les films sont plongés dans un bain de Fonginet A20 à 0,4 %, ce qui confirme le résultat des antibiogrammes. Cette action fongicide est produite avec ou sans immersion préliminaire dans un bain alcalin (destiné à faire gonfler la gélatine). Après le traitement fongicide, les films sont rincés pour enlever les restes de Fonginet. L'eau de rinçage doit être constamment renouvelée car elle peut contenir des restes d'éléments fongiques. Nous avons constaté qu'un lavage seul avec une solution alcaline ou de l'eau, permet d'éliminer des spores et réduit ainsi le risque de développement fongique. Plus qu'un effet antifongique, c'est la simple élimination des contaminants par le nettoyage qui permet de réduire les risques de développement. L'action du Fonginet A20 vient compléter ce nettoyage.

### 3. Conclusions

En conclusion, cette étude a montré que dans les magasins de stockage des films de l’AFF, aussi bien à Bois d’Arcy qu’à Saint-Cyr, les concentrations moyennes en spores aéroportées sont relativement basses, près de 3 fois moins que la limite du niveau 1 (<170 UFC/m<sup>3</sup>). Au niveau des surfaces, à Saint-Cyr, les niveaux de contamination sont élevés, 4 fois plus que la limite recommandée. Ces concentrations élevées ne sont pas surprenantes au vu de la présence importante de poussière. Malgré cela, aucune moisissure n’est visible sur les rayonnages. Par contre on a des développements fongiques parfois sur les murs, qui sont d’un matériau plus hygrosopique. Cependant les valeurs ne montrent aucune relation entre les niveaux de contamination aérienne et surfacique (Figure 7). Cette absence de relation entre l’air et les surfaces est confirmée par la nature des moisissures, qui est différente entre les 2 environnements.

Quant aux films, nous avons vu que les espèces identifiées sont différentes des espèces dans l’air et sur les surfaces. Les films ne se contaminent donc pas dans les magasins et le sont déjà lors de leur dépôt.

Nous avons vu que les espèces identifiées sur les films sont des espèces xérophiles adaptées aux environnements peu hydratés. Il suffit donc que l’humidité augmente légèrement à l’intérieur des boîtes pour que ces espèces puissent se développer. La présence d’une forte contamination dans les boîtes s’explique par le fait que les fluctuations des paramètres thermo-hygrométriques à l’intérieur des salles, agissent également à l’intérieur des boîtes qui ne sont pas étanches, permettant ainsi la croissance des moisissures présentes sur les bobines, qui ont tous les éléments nutritifs nécessaires à portée, grâce en premier à la gélatine.

Ayant constaté qu’aucun film atteint du syndrome du vinaigre, n’était contaminé, nous avons évalué l’influence de l’acide acétique sur la croissance des moisissures et nous avons montré que l’acide acétique empêche le développement des moisissures. Cependant, il est bien évident que pour traiter les films moisis, il ne faut pas utiliser l’acide acétique ou des produits contenant de l’acide acétique qui dégradent fortement les supports, provoquant ces dégradations du syndrome du vinaigre.

Pour éventuellement traiter les films très moisis, le CNC a sélectionné un fongicide, généralement utilisé pour la désinfection des fluides et dont nous avons établi le protocole d’utilisation. Lors de ces tests, nous avons constaté que les bains d’eau ou de carbonate de sodium, réduisent la contamination, par juste une action de nettoyage des surfaces. Intégrer de tels bains dans le *process* permet donc d’augmenter l’efficacité du traitement.

### 4. Préconisations

Au vu des résultats obtenus et de nos constats, et afin d’arrêter la dégradation des films par les moisissures, le traitement des films les plus moisis, est conseillé. Un dépoussiérage des rayonnages a été recommandé afin d’assainir les salles. Un maintien des paramètres thermo-hygrométriques doit être mis en place afin d’éviter les phénomènes de condensation sur les murs, et ceci doit être complété par la vérification des filtres dans les systèmes de climatisation, afin de limiter le développement des moisissures dans les gaines et leur dissémination d’une salle à l’autre. Par mesure de prévention, des précautions doivent être prises lorsque de nouveaux films entrent dans les collections, en nettoyant l’intérieur des boîtes et en dépoussiérant leur surface.

#### Remerciements

Ce projet a été financé par le CNC. Nous remercions les membres des AFF pour leur précieuse aide, en particulier Geneviève Gallois, Benoit Furdygiel, Daniel Borenstein, Patrick Khafif et Joseph Mouradian.

## Références

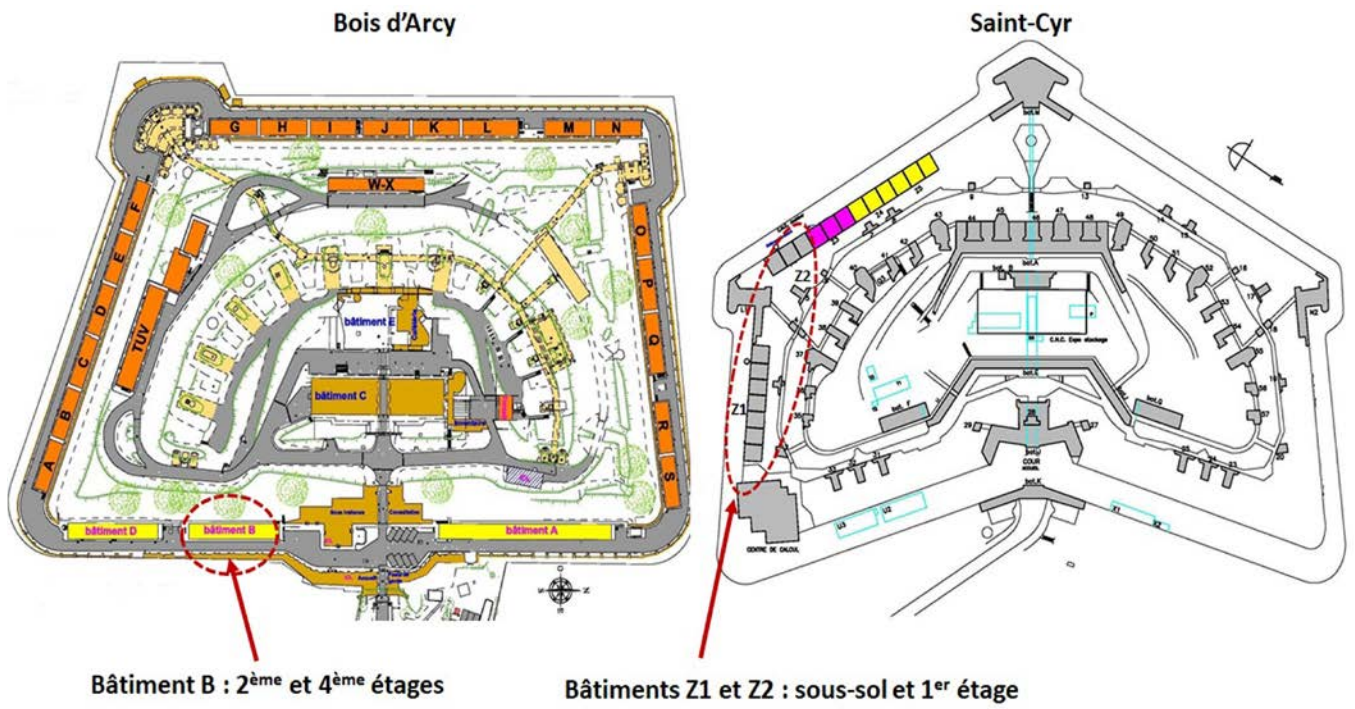
Rakotonirainy M. S., Vilmont L-B., Lavédrine B, 2016. A Methodology for Detecting the Level of Fungal Contamination in the French Film Archives Vaults, *Journal of Cultural Heritage* 19, 454-462.

Rakotonirainy M.S., Pauwels E., 2013. Analyses microbiologiques aux Archives Françaises du film. *Support Tracé* n° 13, 34-41.

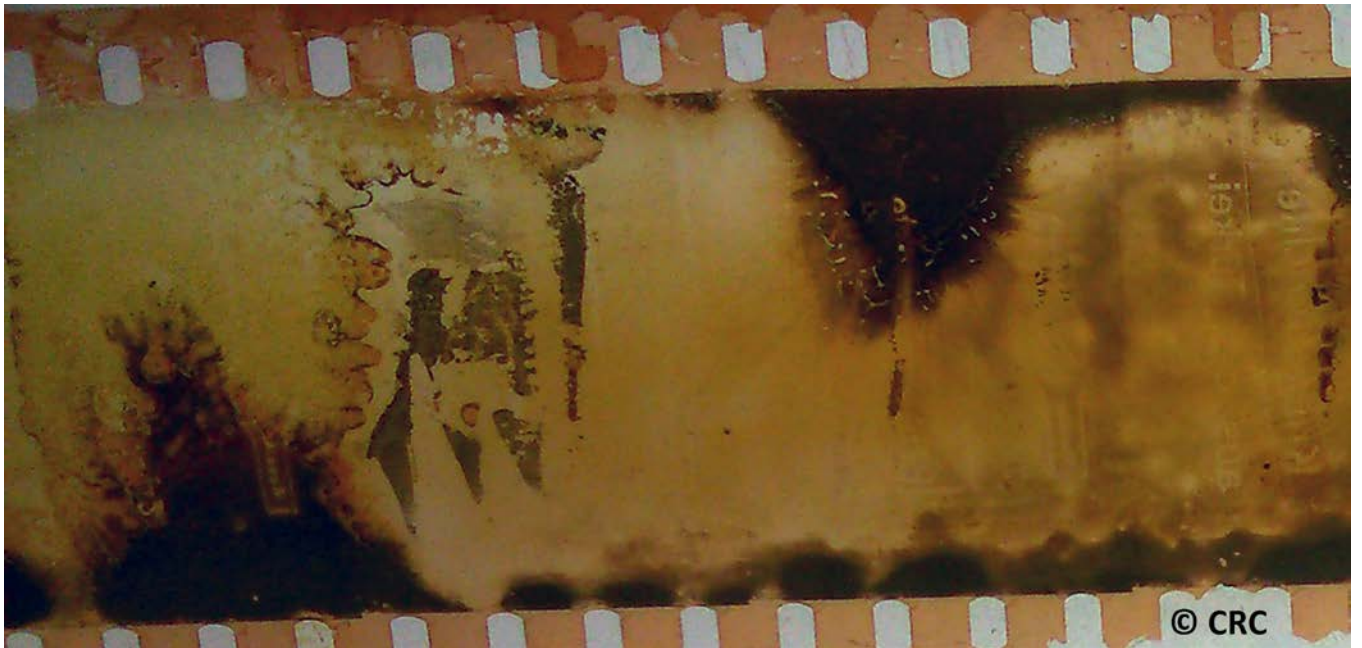
Reboux G., Bellanger A.P, Roussel S., Grenouiller F, Sornin S., Piarroux S., Dalphin R. Millon L., 2009. Indoor mold concentration in Eastern France, *Indoor air* 19, 446-453.



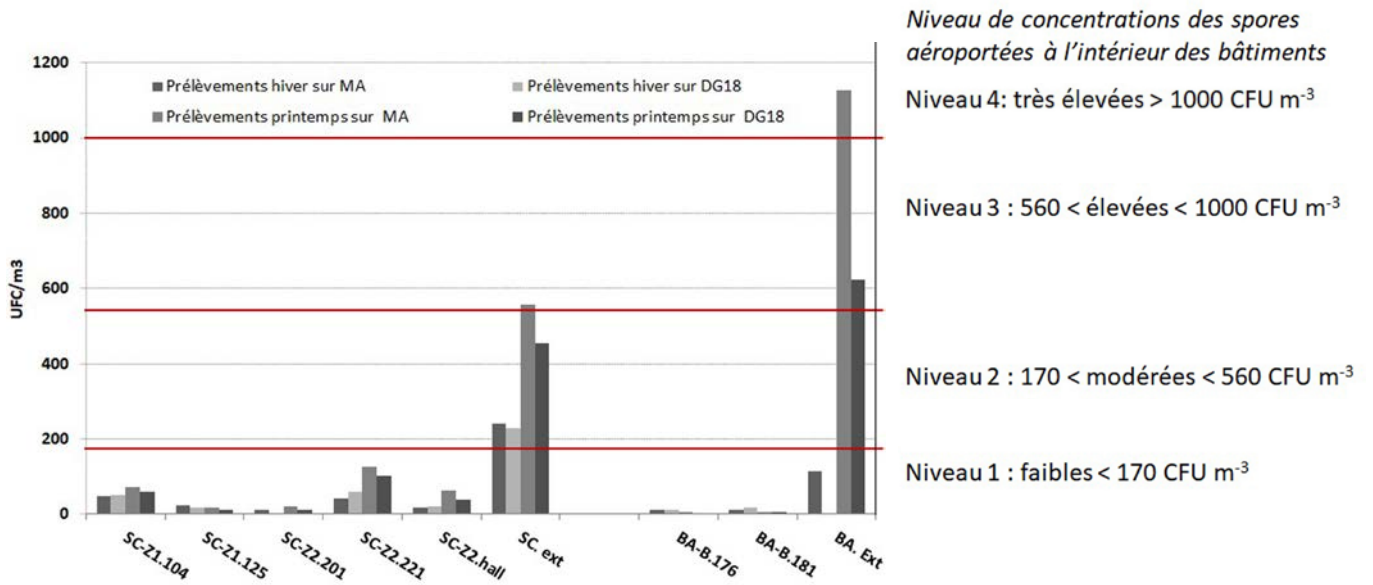
**Figure 1.** Bobine de film moisi aux Archives du film français.



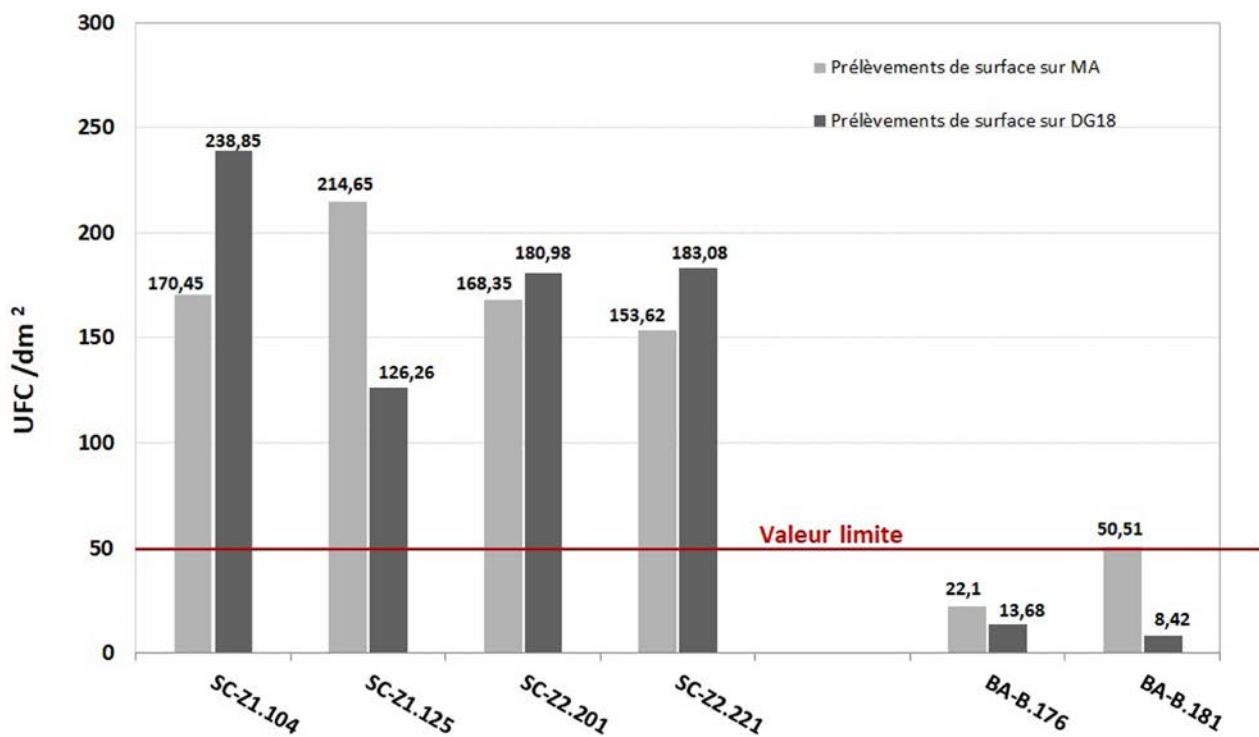
**Figure 2.** Plan des sites de Bois d'Arcy et Fort de Saint-Cyr.



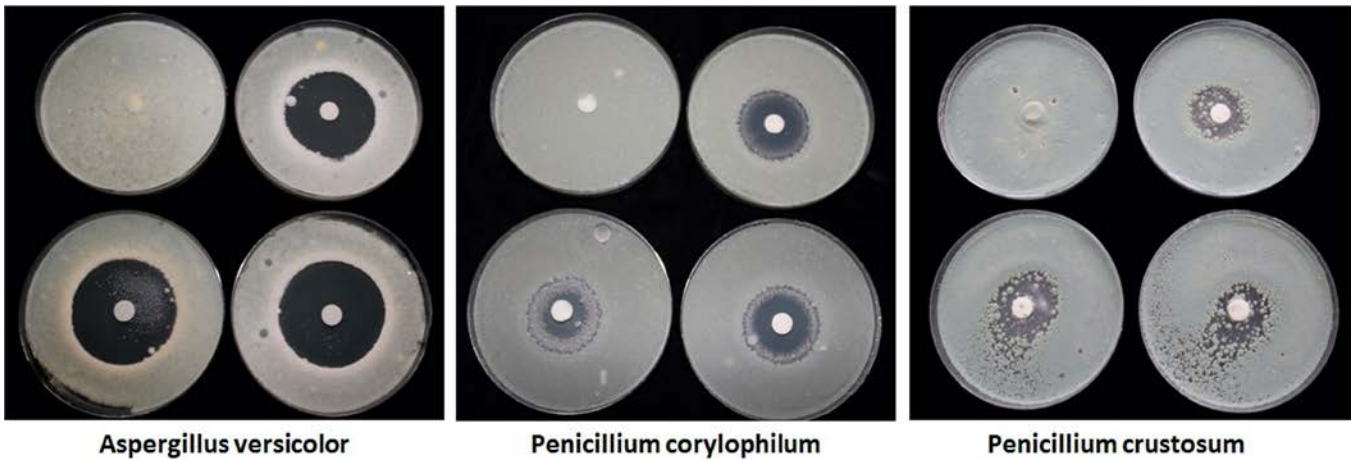
**Figure 3.** Film atteint du syndrome du vinaigre.



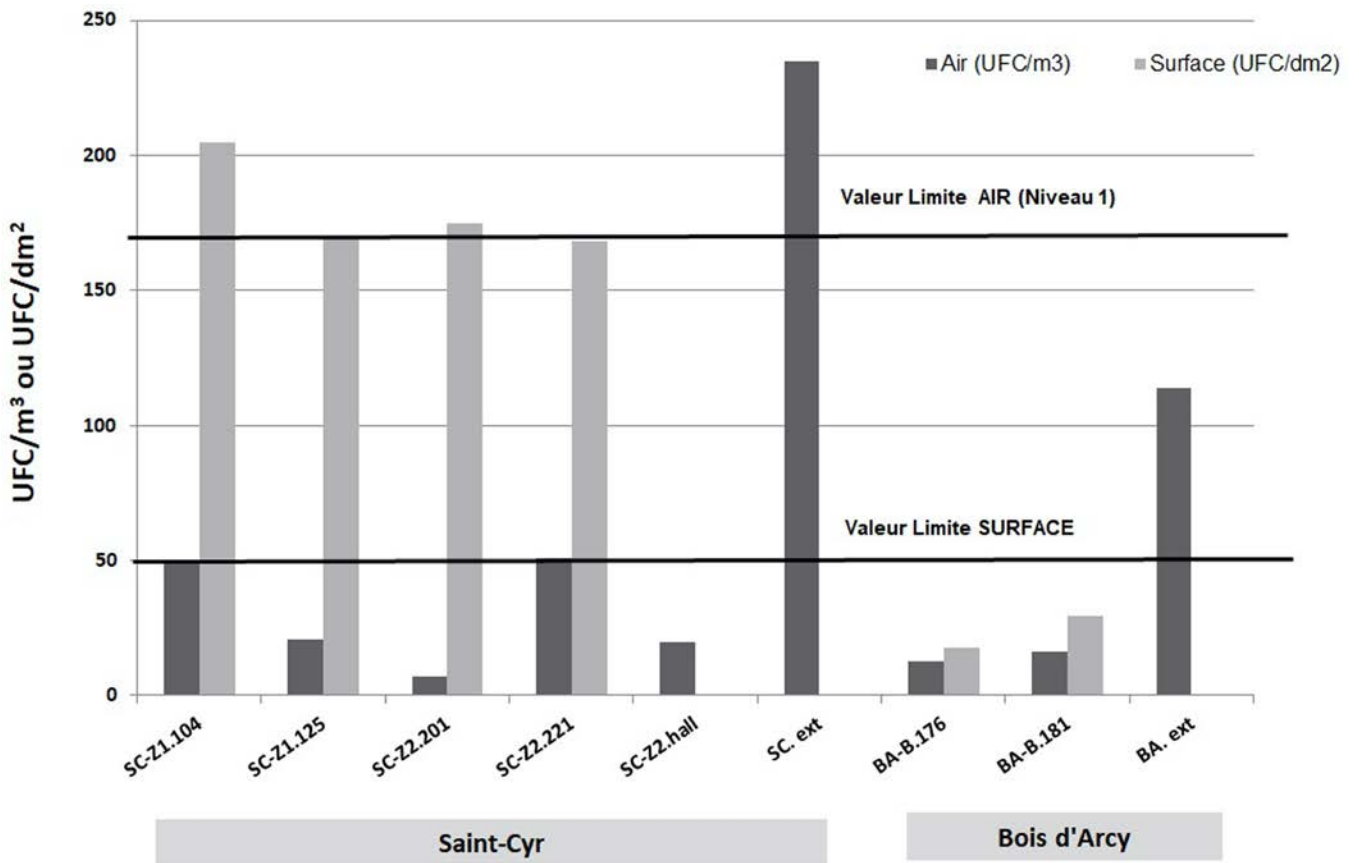
**Figure 4.** Concentrations de spores dans l'air lors des prélèvements réalisés en hiver et au printemps.



**Figure 5.** Concentrations de spores sur les surfaces.



**Figure 6.** Antibioassay of Fonginet A20 on *A.versicolor*, *C. sphaerospermum* et *P. crustosum*.  
 En haut à gauche, témoin, en haut à droite 0,3 %, en bas à gauche 0,4 % et en bas à droite 0,45 %.



**Figure 7.** Comparaison des niveaux de contamination fongique entre l'air et les surfaces.

**Tableau 1** : Température et humidité relative relevées à Saint-Cyr et Bois d'Arcy pendant les périodes d'analyses.

Site AFF	Bâtiment	Localisation	Référence	Température et humidité relative	
				Hiver	Printemps
Saint-Cyr	Z1	Sous-sol (niveau -1)	SC-Z1.104	10°C, 56,9 %	11,9°C, 65,9 %
Saint-Cyr	Z1	1 <sup>er</sup> étage (niveau 1)	SC-Z1.125	9°C, 71 %	12,5°C, 69,3 %
Saint-Cyr	Z2	Sous-sol (niveau -1)	SC-Z2.201	13,2°C, 45 %	13,4°C, 85,5 %
Saint-Cyr	Z2	1 <sup>er</sup> étage (niveau 1)	SC-Z2.221	11°C, 58 %	13°C, 70,3 %
Saint-Cyr	Z2	Palier 1 <sup>er</sup> étage (niveau 1)	SC-Z2 hall	-	-
Saint-Cyr		Extérieur	SC-ext	4°C, 69 %	12,4°C, 83 %
Bois d'Arcy	B	2 <sup>e</sup> étage (niveau 2)	BA-B.176	10°C, 48 %	10°C, 59,4 %
Bois d'Arcy	B	4 <sup>e</sup> étage (niveau 4)	BA-B.181	10,1°C, 47 %	10°C, 60,2 %
Bois d'Arcy		Extérieur	BA-ext	6°C, 66 %	13,8°C, 80 %

**Tableau 2** : Liste des traitements afin d'évaluer l'efficacité du Fonginet A20.

Étapes	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Carbonate de sodium*	-	oui	oui	oui	-	-	-
Fonginet 20**	-	oui	oui	-	oui	oui	-
Rinçage***	-	oui	-	-	oui	-	oui
Séchage****	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui

\*carbonate de sodium (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), à 1.5 g/L : 3 minutes d'immersion. La solution est changée à chaque série de quatre boîtes (pour chaque traitement nécessitant cette étape).

\*\*Fonginet 20, à 0.4 % : 10 secondes d'immersion. Le même bain est conservé tout au long de l'expérience.

\*\*\*rinçage : quelques secondes dans l'eau distillée. L'eau est changée périodiquement.

\*\*\*\*séchage : rapide, à l'aide d'une bombe à air comprimé. Il consiste à chasser le surplus de liquide sur les films.

# Webbing Clothes Moth, *Tineola bisselliella* (Hummel) Sex Pheromone Transfer from Monitoring Lures to Textiles

---

**Patrick J. Kelley**

Vice President, Insects Limited, Inc.  
[p.kelley@insectslimited.com](mailto:p.kelley@insectslimited.com)

**Laura Mina**

Associate Conservator, The Costume Institute, The Metropolitan Museum of Art  
[laura.mina@metmuseum.org](mailto:laura.mina@metmuseum.org)

**James Feston**

Director of Product Research, Insects Limited, Inc.  
[j.feston@insectslimited.com](mailto:j.feston@insectslimited.com)

## Abstract

The use of synthesized sex pheromone lures, for the purpose of monitoring populations of the webbing clothes moth *Tineola bisselliella* (Hummel) in museum storage environments, is typical in many museums. Questions about whether the pheromone incorporated in the dispensing lures could possibly transfer over to textiles in close proximity to the lures have been posed by museum conservators. Although some textiles may be naturally attractive to clothes moths, the concern is that the textiles themselves may become even more attractive to insects due to exposure to the pheromone, as that could ultimately cause further damage to the collections. The focus of this study was to determine the degree to which textiles exposed to pheromone lures absorb the pheromone and become attractive themselves. Based on the results of this study, the textiles observed here had little to no additional attraction to insect pests after focused exposure to synthetic pheromone lures over a two-week period.

## Key words

webbing clothes moth, *Tineola*, sex pheromone, textile, monitoring, textiles



# Transfert de phéromones sexuelles des pièges à mites des vêtements, *Tineola bisselliella* (Hummel) sur des textiles

---

## **Patrick J. Kelley**

Vice President, Insects Limited, Inc.  
[p.kelley@insectslimited.com](mailto:p.kelley@insectslimited.com)

## **Laura Mina**

Associate Conservator, The Costume Institute, The Metropolitan Museum of Art  
[laura.mina@metmuseum.org](mailto:laura.mina@metmuseum.org)

## **James Feston**

Director of Product Research, Insects Limited, Inc.  
[j.feston@insectslimited.com](mailto:j.feston@insectslimited.com)

## Résumé

L'utilisation d'appâts à base de phéromones sexuelles synthétisées, pour contrôler les populations de mites des vêtements *Tineola bisselliella* (Hummel) dans les environnements de stockage, est typique dans beaucoup de musées. Les conservateurs de musées ont posé la question du transfert éventuel de la phéromone des appâts des pièges vers les textiles à proximité. Bien que certains textiles attirent naturellement les mites, les textiles eux-mêmes pourraient devenir plus attractifs pour les insectes, suite à l'exposition de ceux-ci à la phéromone, ouvrant la voie à des dégradations supplémentaires. Cette étude avait pour objectif de mesurer le degré auquel les textiles exposés aux appâts à base de phéromone absorbent celle-ci, et deviennent plus attractifs pour les mites. Selon nos résultats, peu ou aucune attraction supplémentaire de la part d'insectes nuisibles a été observée pour les textiles étudiés, après exposition aux appâts à base de phéromones synthétiques sur une période de deux semaines.

## Mots clefs

mite des vêtements, *Tineola*, phéromone sexuelle, textile, textiles, contrôle

# 1. Introduction

1.1 The webbing clothes moth, *Tineola bisselliella*, is a cosmopolitan pest that carries economic importance due to damage caused by their larvae feeding on objects that incorporate wool, feather, hair and hide (Krüger-Carstensen and Plarre, 2011). Textiles that incorporate cotton, silk, linen, paper and synthetic fibers can also be damaged by *T. bisselliella* if these items have been soiled with urine, sweat, beer, milk, soft drinks, tomato juice or other substances that contain nutritional needs for the moths (Sloderbeck, 2004).

1.2 Being one of the most common pests in museums in many parts of the world, this species of moth has caused severe damage to cultural heritage objects (Querner, 2014). The use of synthetically produced sex pheromone monitoring lures specifically for webbing clothes moth, *T. bisselliella* for the purpose of early detection and locating sources of infestation has become commonplace in some museum institutions to prevent this damage. The use of a pheromone lure within a sticky trap increases the rate of capture twenty-fold over a sticky trap with no lure (Cox *et al.*, 1996) and is a key factor in determining increases in population density and economic thresholds (Plarre, 2013).

Concern over the practice of pheromone monitoring was raised by a prominent museum conservation scientist and author who believed that the pheromone incorporated in the dispensing lures would transfer over to museum objects (Florian, 1997). Following up on this, this same author made a statement in an online museum conservation listserv that suggested that the volatile fat-soluble pheromone can be adsorbed by materials of artifacts and thus make the artifacts themselves attractive to insect pests (Florian, 2011). This posting suggests that even after monitoring lures are removed, the museum collections would continue to attract and draw-in damaging museum pests. The question that this study aims to answer is if pheromone transfer between the sex pheromone lures and a variety of textiles found in museum storage environments is occurring and if these pheromones are making the textiles themselves attractive to pests.

## 2. Materials and Methods

### 2.1 Exposing the Pheromone to the Textiles

In order to answer the question of whether textiles exposed to sex pheromone monitoring lures become more attractive to the insect pests themselves, it was first necessary to establish a means of exposure for the textiles so the theory could be tested. Pheromone plumes emanating from monitoring lures are typically carried by air currents out to the surrounding areas where they attract the insects back to the lure (Murlis *et al.*, 1992). In order to ensure exposure of the textile to the pheromone in this study, a constant air current generated by electric fans was blown across the lures towards the textile at an air speed of  $40 \pm 1.5$  meters/min for a 2-week period in controlled temperatures between  $21.1^{\circ}\text{C}$  and  $22.7^{\circ}\text{C}$  and within a relative humidity between 40% - 50%. This exposure system was set up using eight 30.48 cm long sections of 4-inch (10.16 cm) diameter corrugated polyethylene field drainage tile as a conduit for the air flow (See Figure 1). The fans were placed 40.6 cm away from the corrugated field drainage tiles and were directed to blow air through the open center of the tiles. The airflow was calculated using a hand-held anemometer. The pheromone lures used in this study were standard, commercially available webbing clothes moth Bullet® lures. The lures used in the study had been manufactured within the previous month of the study, were frozen to ensure freshness and were then taken fresh from the package. These lures incorporate a pheromone dose of 4.5 micrograms per lure. This dose can be considered on the high end of commercially available pheromone lures for webbing clothes moth (Van Ryckeghem, 2014). The lures were suspended on the inside of the drainage tile using a flexible metal wire positioned at the opposite end from the fan. A screen mesh was placed over the open end of the drainage tile on this same side. This screen was set in place for the purpose of creating a physical barrier between the lure and the textiles being exposed, while still allowing air to flow freely across the lure and onto the textile. No direct physical contact between the pheromone lures and the textiles was made in any of our studies. The mesh screens were standard fiberglass insect screening with a 7 X 6 mesh count per cm and the fabric was 0.3 mm thick. The close-range exposure between the lures and the textiles was performed using only the screen mesh between them at a distance of 0.3 mm. A single set a data points was retrieved at the greater distance of 152 mm between the lure and modern synthetic pile carpet to give data that represents a distance that is more commonly found in a museum setting.

The five textiles that were chosen to be exposed in this study were selected as being textiles commonly found in museum storage settings. These textiles include:

- Antique Wool Pile Carpet (mid to late 19th century)
- Modern Synthetic Pile Carpet (late 20th century)
- Modern Synthetic Plain Weave (early 21st century)
- Antique Wool Plain Weave (mid to late 19th century)
- Antique Wool Flannel (late 19th century)

Relatively larger 30 cm<sup>2</sup> sheets of the various textiles were cut into smaller 50 mm X 50 mm squares for use in the exposure study. The textile squares were secured to the screen mesh using metal paper clips and were placed directly on the opposite side of the screen from the lures to ensure exposure to the pheromone. The textiles were handled only while the technician was wearing latex gloves to prevent any exchange of pheromone from person to textile. After an exposure period of two weeks to allow the sex pheromone to blow directly across the lures onto the textiles, the textiles were immediately taken and placed into 4 in X 6 in (10.16 cm X 15.24 cm), 4 mil Metalized PET (Polyethylene terephthalate) Zipper Pouches. The zipper pouches were then sealed and placed into a standard upright freezer (-20°C) until they were used in the insect portion of the study. The PET is considered a barrier film for oxygen (Frounchi and Dourbash, 2009). Since pheromones are larger molecules than oxygen, the PET pouches can also be considered a barrier for the pheromone that will retain any pheromone absorbed onto the textile. Freezing the samples also slows molecular movement (Debenedetti and Stillinger, 2001) and thus should slow any loss of pheromone out of the textile pouches and into the environment prior to use in the study.

## 2.2 Testing the Exposed Textiles with Live Moths

After pheromone exposure of the textiles was performed, the second portion of this study was to determine if the adult clothes moths prefer pheromone-exposed textiles over non-exposed textiles of the same material. This determination was made with a choice test that included 4 different options for the adult moths to choose. The four options are;

1. A sticky trap containing a 50 mm X 50 mm square of textile that has been exposed to the pheromone and placed into the center of the base of the trap.
2. A sticky trap containing a 50 mm X 50 mm square of the same textile as above that has not been exposed to the pheromone and placed into the center of the base of the trap
3. A sticky trap containing a pheromone Bullet lure specific for webbing clothes moths placed into the center of the base of the trap as a positive control.
4. A sticky trap with no textile or attractant inside, used as a control.

The pheromone lure option and the empty trap option were added to the choice test to give comparative trap capture numbers as selections that: 1. Moths are known to be attracted to (Pheromone lure) and 2. Should have no attraction (Empty trap).

The test arena that was used in the choice test was a 2.7 m X 4.0 m space that included a desk and storage cabinets (See Figure 2). This setup gave the moths plenty of hiding spaces other than the traps, if they preferred to not go to a trap at all. Moth colony jars, active with adult webbing clothes moth, *T. bisselliella*, were opened on a platform 0.7366 meters above the floor and at a distance of 2.0574 meters from the wall where the traps were placed. The traps that incorporated a textile square on the inside for this study were prepared by taking a textile from the freezer and placing it into the center of a sticky trap. These traps were made of milk-carton stock, wax-coated cardboard with the interior base of the trap coated with a 1 – 2 mm layer of sticky adhesive. The dimensions of the traps used in this study were 20.32 cm X 10.16 cm X 3.81 cm. All four traps were set on the floor and spaced at a distance of 53.34 cm apart from each other. These locations are marked 1 through in Figure 2. Webbing clothes moth colonies were reared in 2-Quart (1.89 liter) screw-top canisters with 5 pin holes on the upper side of the canister. The pin holes were made to allow air exchange in and out of the canister. The diet consisted of a mixture of chicken feather meal with 1% brewer's yeast by weight. The colony jars were opened and placed on their side to aid in the release the adult moths.

After one week of allowing the moths to move out of the colony jar and enter the test arena, the individual trap captures were counted and recorded and the traps were rotated to a new trap location in the arena. Also, after

one week, the existing colony jar of live moths was removed and a new colony jar with freshly emerged adult moths was opened in its place. A total of 4 repetitions, totaling 4 weeks of release for each textile, was performed. Each trap in the study would spend one week's time at each location of the four without duplication of location during that 4-week period.

### 3. Results

Each textile was tested over a 4-week period. Totals of captured moths after 4 weeks varied from 107 to 323 based on the number of adult moths in the colony jars at the time of release and the attraction of the traps. A total of six individual 4-week trials were run in this study. Five of those studies involved each of the different textiles exposed at the short 0.3 mm distance to the lure. The sixth trial was a single trial of the Modern Synthetic Carpet exposed to pheromone from the greater distance of 152 mm. Throughout the six trials, a total of 913 webbing clothes moth, *T. bisselliella*, were captured in the different traps. It is estimated that a total of > 2000 moths were released through these studies. The results of the capture numbers for each individual textile, as well as the controls and pheromone lures can be seen in Tables 1 – 5.

A statistical analysis was prepared using the Kruskal-Wallis test by plugging the data into a Microsoft Excel program. The Kruskal-Wallis test is a rank-based non-parametric method for one-way analysis of variance test that compares the samples even though they may have different sample sizes. The results of the Kruskal-Wallis test can be found in Table 6.

### 4. Discussion

4.1 The procedures used to expose the textiles to the pheromones in this study represent what could be considered a worst-case-scenario for pheromone exposure in a real-world setting.

4.1.1 A lure with a relatively high dose of pheromone was used in this study. This is not always the case in a museum storage environment as pheromones with low dosages are commonly used. Also, pheromone traps are typically not placed in direct contact with museum objects as this could be detrimental to the object if it were to get stuck in the glue. Pheromone traps for pest insects and particularly traps for the webbing clothes moth, *T. bisselliella*, are usually placed in open areas along the wall or on the floor so they can be inspected easily (Trematerra and Fontana, 1996). Even a pheromone trap that is in direct contact with a museum object is going to have the pheromone lure at a minimum of 1 cm away from the object due to the distance from the paper outside of the trap to the adhesive pad within where the lure rests. It may even be as high as 15 mm away depending on where the lure sits in the trap. These distances are considerably higher than the 0.3 mm that we used in this study.

4.1.2 Air currents are the mechanisms that translocate quantities of the sex pheromone from the lure into the air or onto a textile. In this study, a constant air flow was blown across the lure at a rate of approximately 40 meters/min  $\pm$  1.5 meters/min for a full 2-week period. This type of constant air flow across a lure and onto a textile is usually not seen in a museum storage setting unless the textile is placed directly between a return air vent and the pheromone lure or if the pheromone lure is placed directly in front of an air supply vent and the textile is positioned directly in the air path of that vent.

Although this study does represent a worst-case scenario for textile exposure to pheromone, this type of exposure theoretically could occur in a museum setting. Because of this potential, the questions of concern for this type of exposure need to be considered valid. Correlations between this study and other similar studies could not be done since other studies regarding the pheromone transfer from monitoring lures to textiles were not found in the available research.

4.2 There was a wide range of materials incorporated into the textiles that were studied here. Antique natural fibers were used in three of the five samples; wool pile carpet, flannel and antique wool plain weave. Also incorporated in some of these samples were synthetic materials that contained no natural fibers at all. These were the new pile carpeting and modern synthetic plain weave. Webbing clothes moth, *T. bisselliella* larvae feed on a wide variety of dried material of animal origin (Griswold, 1944). This fact should theoretically make the woolen textiles more attractive than the synthetic textiles, at least to the female moths looking to lay eggs. When we

look at the results from this study however, we find that only the antique wool carpet and the modern synthetic flat weave had significantly higher moth attraction than the control trap. No clear affinity for natural fibers over synthetic fibers could be found. It is possible that many of the females in the study were left unmated due to a large capture of the male moths in the traps. If this were the case, the unmated females were not looking for potential food sources to lay their eggs, so we did not see an affinity for the natural fibers. The addition of human sweat, urine or food stains to natural fibers can make these materials more attractive to *T. bisselliella* (Klass, 2010). A possible explanation is that the samples we used containing natural fibers did not contain any of these additional attractants.

## 5. Conclusions

5.1 In looking at the statistical analysis using the non-parametric Kruskal –Wallis test with a significance level set at  $\alpha = 0.05$ , a significant statistical difference between the total catch of the traps containing the pheromone lures and the empty control traps is apparent (Adj. H = 6.81; df = 1;  $p < 0.009$ ) (Table 6). In another example, looking particularly at the comparison of the exposed textile to the non-exposed textile, we do not see a significant difference (Adj. H = 0.01; df = 1;  $p < 0.9168$ ) (Table 6). This p-value is much greater than our significance level of 0.05 suggesting that there is no statistical difference in attraction between the exposed textile and the non-exposed textile.

5.2 Given the results of this study, it is unnecessary for museum staff to be overly concerned that they are making their textile collection objects more attractive to the webbing clothes moth, *T. bisselliella* if they are using pheromone monitoring traps within their collections storage. The results of the study of the modern synthetic pile carpet exposed at a greater distance of 152 mm supported what we had already seen in the close exposure studies, that there is no added attraction of the textiles from pheromone exposure, especially at a greater distance. This study suggests that the webbing clothes moth, *T. bisselliella* monitoring traps are an effective, non-detrimental tool. The informational value gathered through use of the pheromone traps used to mitigate damage to collection textiles and objects, far outweighs any negative possibilities that the textiles themselves will attract pests into storage areas.

## 6. References

- Cox, P. D., Pinniger, D. B., & Mueller, D., 1996. Monitoring populations of the webbing clothes moth, *Tineola bisselliella*, using pheromone lures. In Proceedings of the Second International Conference on Urban Pests (Vol. 54, p. 1).
- Debenedetti, P. G., & Stillinger, F. H., 2001. Supercooled liquids and the glass transition. *Nature*, 410(6825), 259-267.
- Florian, M. L., 1997. Heritage eaters: insects & fungi in heritage collections. James & James, 68
- Florian, M., 2011. Pheromone Traps, Cons DistList listserv posted on February 7, 2011, DistList instance 24:38 distributed on February 13, 2011, message ID: cdl-24-38-002
- Frounchi, M., & Dourbash, A., 2009. Oxygen barrier properties of poly (ethylene terephthalate) nanocomposite films. *Macromolecular Materials and Engineering*, 294(1), 68-74.
- Griswold, G. H., 1944. Studies on the biology of the webbing clothes moth. Cornell University Agricultural Experiment Station, Memoir 262, 22
- Klass, C., 2010. Clothes Moths. Cornell University Insect Diagnostic Library. Found online at <http://ecommons.library.cornell.edu/bitstream/1813/14319/2/Clothes%20Moths.pdf>

Krüger-Carstensen, B., & Plarre, R., 2011. Outdoor trapping and genetical characterization of populations of the webbing clothes moth *Tineola bisselliella* (Lepidoptera: Tineidae) in the broader area of Berlin. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 43(2), 129-135.

Mayer, M. S., & McLaughlin, J. R., 1990. *Handbook of insect pheromones and sex attractants*. CRC Press Inc., 860-873.

Murlis, J., Elkinton, J. S., & Carde, R. T., 1992. Odor plumes and how insects use them. *Annual review of entomology*, 37(1), 505-532.

Plarre, R., 2013. More than a pest management tool-45 years of practical experience with insect pheromones in stored-product and material protection. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 120(4), 145-152.

Querner, P., 2014. Linking webbing clothes moths to infested objects or other food sources in museums. *The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works 2014, Studies in Conservation*, 1

Sloderbeck, P. E., 2004. *Clothes Moths*. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, Kansas State University. Found online at: <http://www.ksre.ksu.edu/bookstore/pubs/EP122.pdf>

Trematerra, P., & Fontana, F., 1996. Monitoring of webbing clothes moth, *Tineola bisselliella* (Hummel), by sex pheromone. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 69(5), 119-121.

Van Ryckeghem, A., 2014. Presentation, 'New Products, Pheromones and Trends', Insects Limited, Inc. Distributor's Meeting, June 1, 2014, Sheraton Krakow Hotel, Gdansk Room, Krakow, Poland.

## 7. Suppliers

RE Room Essentials™ DC 5V 3W fans - Manufactured by Hua Kuo Elec App Mfg. Co. Ltd, Rm 1 10/F Hung Tat Industrial Bldg. Kwun, Tong 43 Hung To Road, Hong Kong SAR  
Phone Number: (852) 29793823

General Tool Anemometer #DCFM8906 - Manufactured by General Tools & Instruments, 75 Seaview Drive, Secaucus, NJ 07094 USA Phone: (800) 697-8665

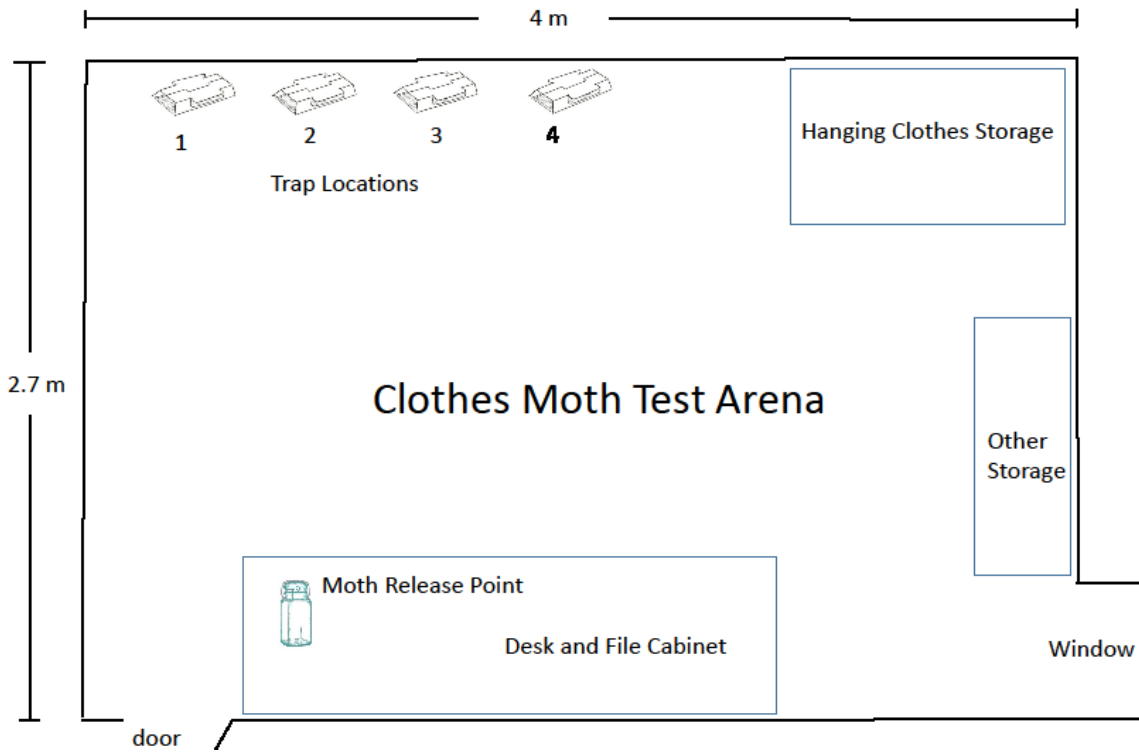
Webbing clothes moth pheromone Bullet lures and Flat Trap adhesive traps – Manufactured by Insects Limited, Inc., 16950 Westfield Park Road, Westfield, IN 46074 USA Phone: (317) 896-9300

4-mil stand-up/Metalized PET (Polyethylene terephthalate) Zipper Pouches - Supplied by Associated Bag Company, 400 West Boden Street, Milwaukee, WI 53207 USA Phone: 800-926-6100

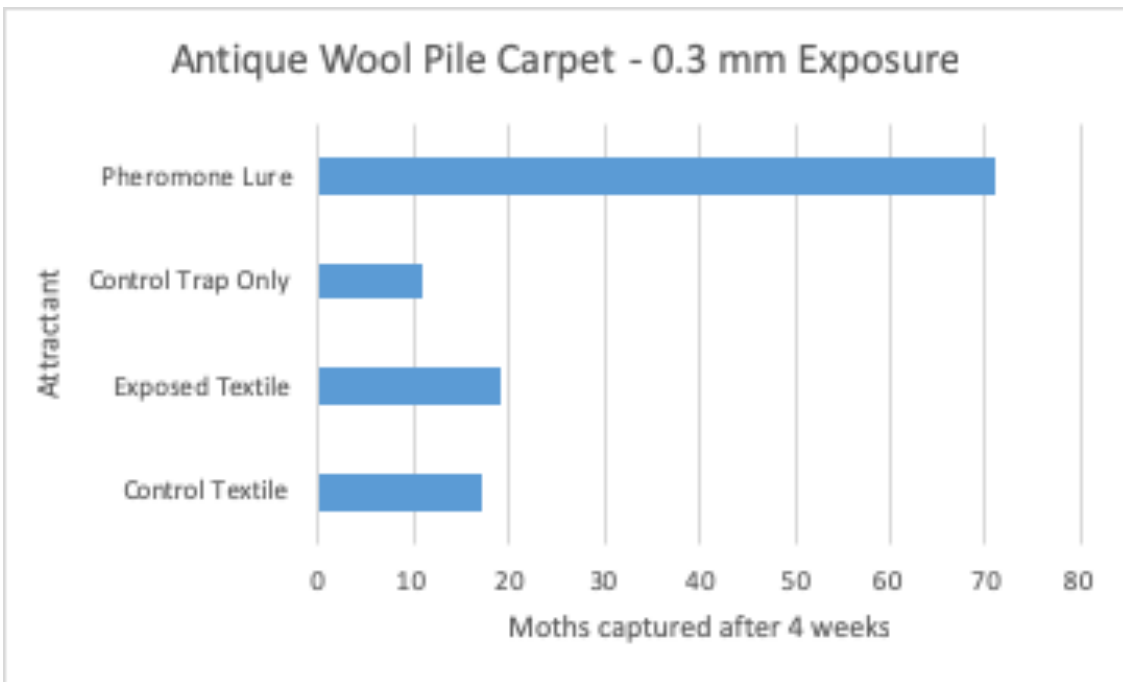
MainStay 2-Quart Screw-Top Canister - Supplied by Walmart Corp, 702 SW 8th St. Bentonville, AR 72716 USA, Phone: (479) 273-4000



**Figure 1** - Image of pheromone exposure to textiles with anemometer.

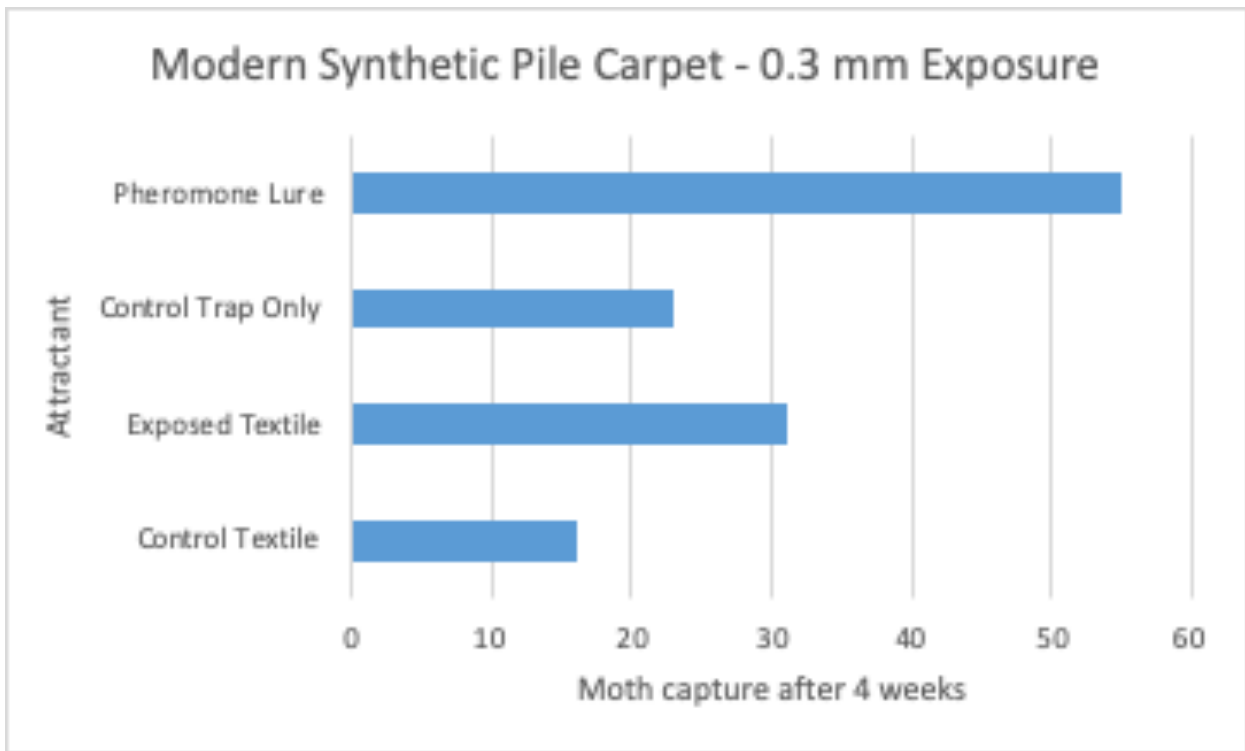


**Figure 2** - Diagram of clothes moth test arena.

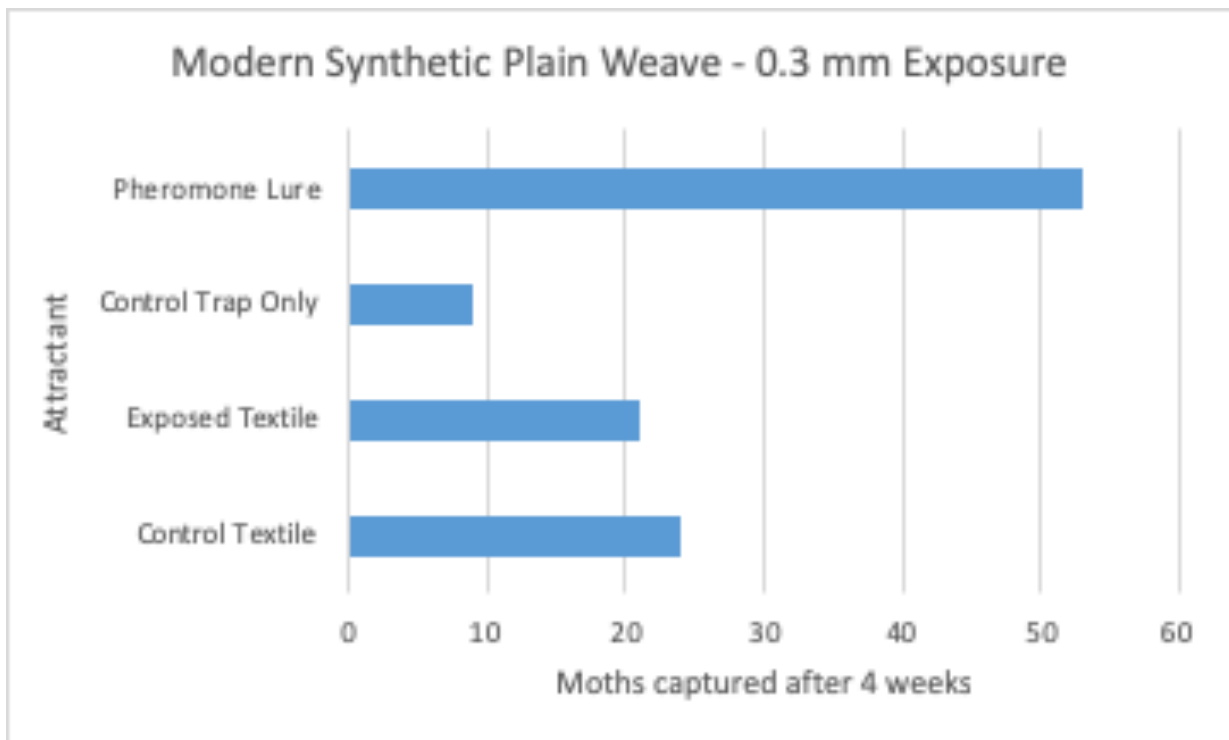


**Table 1** - Choice Test Trap Capture Results for Antique Wool Pile Carpet exposed to pheromone at a distance of 0.3 mm.

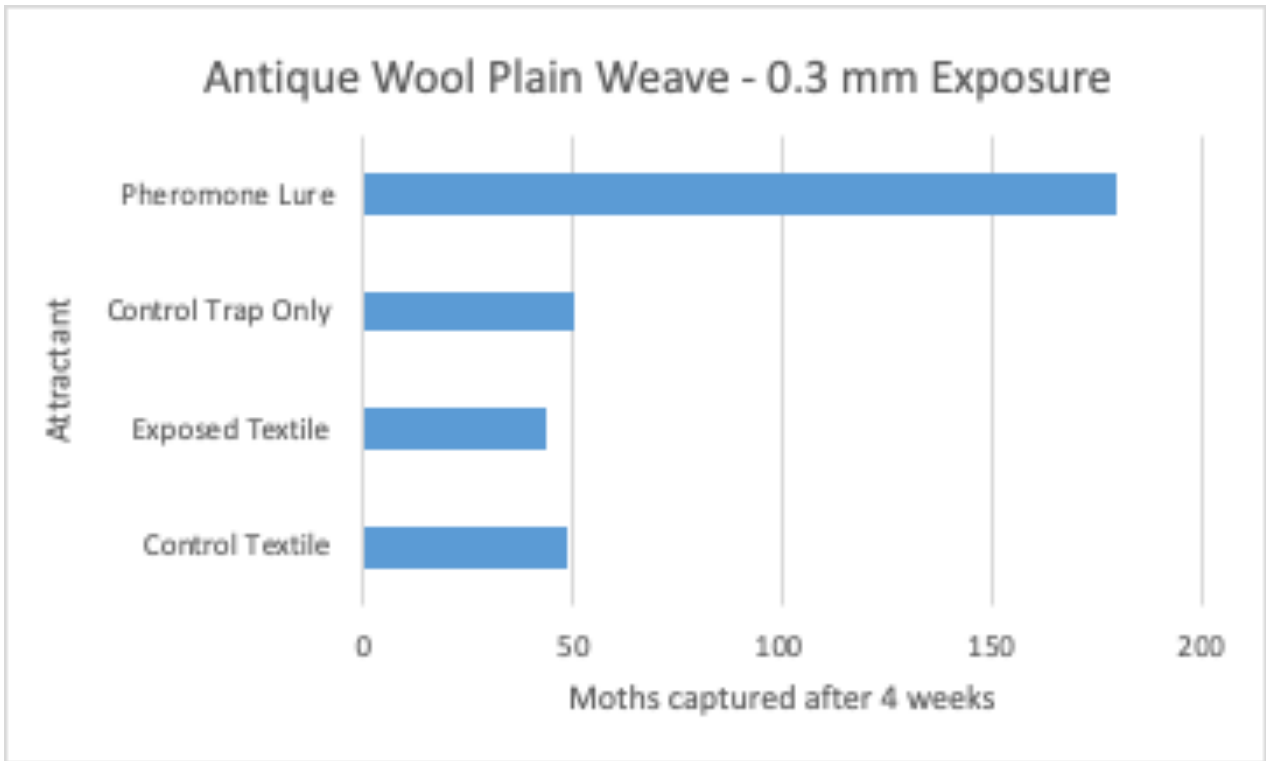




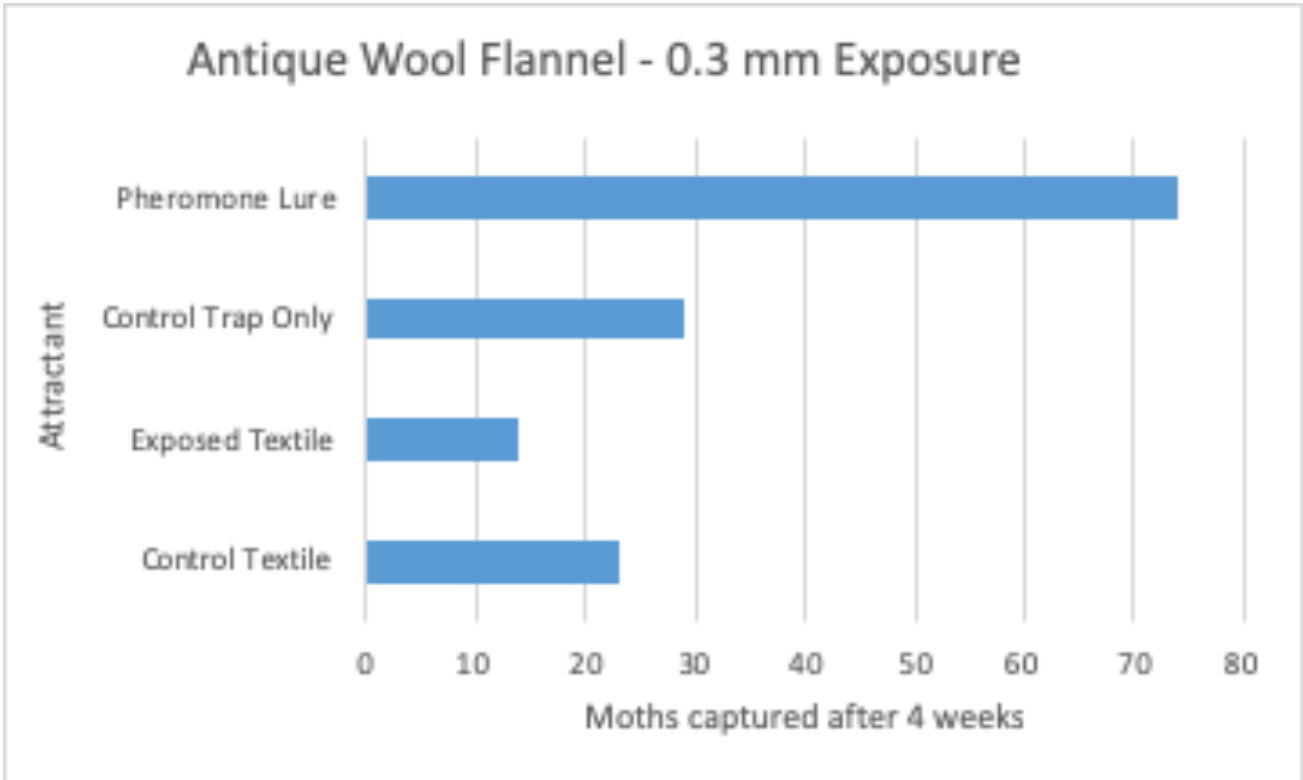
**Table 2** - Choice Test Trap Capture Results for Modern Synthetic Pile Carpet exposed to pheromone at a distance of 0.3 mm.



**Table 3** - Choice Test Trap Capture Results for Modern Synthetic Plain Weave exposed to pheromone at a distance of 0.3 mm.



**Table 4** - Choice Test Trap Capture Results for Antique Wool Plain Weave exposed to pheromone at a distance of 0.3 mm.



**Table 5** - Choice Test Trap Capture Results for Antique Wool Flannel exposed to pheromone at a distance of 0.3 mm.

<b>Non-Parametric Kruskal-Wallis Test Results</b>			
Pheromone Lure and Control Trap		Exposed Textile and Control Textile	
adjusted H:	6.81818182	adjusted H:	0.01090909
d.f.:	1	d.f.:	1
P value:	0.00902344	P value:	0.91681495
Control Trap and Control Textile		Control Trap and Exposed Textile	
adjusted H:	0.04390244	adjusted H:	0.09818182
d.f.:	1	d.f.:	1
P value:	0.83403523	P value:	0.75402253

**Table 6** - Results of non-parametric Kruskal-Wallis tests comparing trap capture rates.

# Les risques biologiques au centre de conservation et d'étude de Scy-Chazelles

## **Rolande Simon-Millot**

Service régional de l'archéologie,  
DRAC ACAL,  
Scy-Chazelles, France  
[rolande.simon-millot@culture.gouv.fr](mailto:rolande.simon-millot@culture.gouv.fr)

## Résumé

Le Centre de conservation et d'étude (CCE) de Scy-Chazelles est une annexe du service régional de l'archéologie de la DRAC ACAL qui accueille depuis 1989 dans un ancien chai militaire le mobilier archéologique découvert en Lorraine. Conditionnées, inventoriées et régulièrement consultées, les collections archéologiques comprennent actuellement plus d'un million d'objets et lots, correspondant à plus de 1500 opérations (fouilles et diagnostics). Arrivé à saturation depuis quelques années, le bâtiment actuel est en passe d'être abandonné au profit d'une construction récente mutualisée avec la communauté d'agglomération de Metz Métropole. En prévision du déménagement planifié pour 2018, un vaste chantier des collections a été initié il y a deux ans. Il portait plus particulièrement sur les bois archéologiques et les sédiments non tamisés présents en très grande quantité dans les réserves du CCEL, et dont la quantité et la qualité étaient jusqu'à présent difficiles à évaluer. L'étude et le reconditionnement de ces archives du sol très particulières nous ont permis de mesurer les risques d'infestations biologiques que ces « collections » peuvent faire porter sur les équipements et le mobilier archéologique. Ces risques sont principalement de deux ordres : d'une part ceux dus aux moisissures et bactéries et d'autre part ceux liés à la présence d'insectes et de rongeurs.

Le constat : Bien qu'ayant fait l'objet de nombreux travaux depuis 1990, le CCE de Scy-Chazelles démontre les limites du réemploi d'un ancien bâtiment industriel en matière d'hygiène et de conservation préventive. Un important développement microbien, bactérien et cryptogamique a été constaté sur certains mobiliers archéologiques (bois) comme sur les équipements conservés dans les sous-sols en raison des conditions hygrothermiques très humides du bâtiment.

Présentation des mesures curatives à Scy-Chazelles : Des analyses ont été effectuées afin d'identifier les moisissures et bactéries présentes. Les résultats devront permettre de procéder au traitement des espaces et des équipements infestés. Il est inutile de réaliser des travaux importants à 2 ans du déménagement, mais les équipements et les collections seront traités afin de ne pas transporter les agents d'infestation vers le nouveau centre. Le reconditionnement et l'élimination des éléments ou lots d'objets infestés sont en cours : le tamisage et le tri des sédiments sont effectués depuis 2014 et une étude des bois archéologiques est menée actuellement par Loïc Hurtel.

Présentation des mesures préventives dans le futur bâtiment : Plusieurs mesures ont été prévues dans le cadre du futur bâtiment dont notamment la filtration de l'air (centrales CTA équipées de filtres de qualité « Filtre fin »), le contrôle de l'humidité relative, et la création d'une pièce de quarantaine, pour isoler les collections potentiellement infestées dès leur réception dans le nouveau bâtiment.

## Mots clefs

archives du sol, infestation, conservation, traitement, prévention

# Biological risks in the Lorraine conservation and study center

**Rolande Simon-Millot**

Service régional de l'archéologie,  
DRAC ACAL,  
Scy-Chazelles, France  
[rolande.simon-millot@culture.gouv.fr](mailto:rolande.simon-millot@culture.gouv.fr)

## Abstract

The Centre de conservation et d'étude (CCE) of Scy-Chazelles is an extension of the DRAC ACAL regional department of archeology. Located since 1989 in a former military winery, the center manages archeological material discovered in Lorraine. Conditioned, inventoried and regularly consulted, the collections include over one million objects and lots linked to more than 1,500 excavations and diagnostic reports. Due to its current saturation, the building will soon be abandoned for a new one. The new building will be shared with the Metz Metropole Urban Community. To prepare for the move, planned for 2018, a vast project was carried out for the collections. It focused on the large quantity of archeological wood and non-sifted sediments stored in the CCEL reserves that had been difficult to evaluate earlier. During the study and reconditioning of these very particular excavation archives, we evaluated the risks of biological infestation these "collections" might represent to the equipment and archeological material. The risks were mainly caused by mold and bacteria as well as insects and rodents.

The results showed that despite considerable remodeling since 1990, the CCE de Scy-Chazelles demonstrated the limits of reusing an old industrial building in terms of hygiene and preventive conservation. A sizable amount of microbial, bacterial and cryptogamic growth was detected on some archeological wood, as well as on equipment that was stored in the basement, due to the very humid hygothermal conditions of the rest of the building.

Curative measures at Scy-Chazelles consisted of analyzing and identifying the mold and bacteria present before treating the infested rooms and equipment. Large scale measures were not deemed useful just 2 years before moving out, however the equipment and collections will be treated to prevent biological agents from being transported to the new center. As a result, reconditioning and elimination of items or lots of infested objects is now being conducted. Since 2014, sediment sifting and sorting has been ongoing, and a study of the archeological wood is currently being led by Loïc Hurtel.

Preventive measures have also been planned for the new building, including air filtration with CTA units and fine particle filters, relative humidity monitoring and a quarantine room to isolate any incoming collections considered potentially infested, immediately upon their arrival in the new building.

## Key words

excavation archives, infestation, conservation, treatment, prevention

Le Centre de conservation et d'étude (CCE) de Scy-Chazelles est sujet à des risques biologiques de deux ordres : d'une part ceux dus aux moisissures et bactéries et d'autre part ceux liés à la présence d'insectes et de rongeurs.

## Le constat

La structure actuelle du CCE de Scy-Chazelles a fait l'objet depuis 1990 de nombreux travaux afin d'adapter le bâtiment à ses usages : toitures, canalisation, réhabilitation du bâti, création de bureaux et de postes de lavage, sécurisation, rénovation électrique partielle, aménagement des espaces de conservation. Toutefois le réemploi d'un bâtiment industriel, comme ici un ancien chai militaire, atteint ses limites en matière d'hygiène et de conservation préventive. Il a en effet pu être constaté un développement microbien, bactérien et cryptogamique important sur certains mobiliers archéologiques (bois) comme sur les équipements conservés dans les sous-sols en raison des conditions hygrothermiques particulières du bâtiment mais également à cause de la spécificité de certains prélèvements :

- sur les murs du bâtiment : thiobacilles, bactéries nitreuses (*Nitrosomonas*), bactéries nitriques (*Nitrobacter*),
- sur les étagères et les rehausses : moisissures blanches et noires (*Penicillium*, *Aspergillus*),
- au sol : moisissures (*mucorales Cladosporium*), champignon basidiomycète (*mérule*).



Filaments mycéliens de mэрule *serpula*



Moisissure noire *stachybotrys chartarum*

Ce développement biologique qui prend des proportions inquiétantes dès lors que l'on modifie l'environnement (remontée des collections à la lumière, changement brusque de température) est en partie dû à la mauvaise ventilation du bâtiment associée à une forte hygrométrie relativement instable sur l'année puisqu'elle peut passer de 35 % d'HR l'hiver à 93 % l'été avec des températures qui varient en sous-sol de 5 °C l'hiver à 18 °C l'été. La présence de sources calciques et d'infiltrations d'eau au sein même du bâtiment, en R-1 et R-2, explique cette forte humidité dans les réserves. L'eau s'écoule de manière continue avec plus ou moins de débit selon la période de l'année ce qui occasionne des dépôts de calcite dans les chenaux aménagés dans les sous-sols qui doivent être curés tous les deux à trois ans par une entreprise spécialisée.



Naissance de la source d'eau vive réserve niveau -1



Stagnation de l'humidité niveau 2

À noter par ailleurs l'empoussièremement continu des collections et des personnels (dont les bureaux sont heureusement situés au R +1). Les peintures, enduits et béton du bâtiment cèdent sous la pression des fers à béton qui se dilatent sous l'effet de l'oxydation accentuée par l'humidité.



Ecaillage des peintures du plafond



Moisissure noire et dégradation des fiches d'inventaires



Dégradation des fiches d'identification par les moisissures



Développement végétatif de moisissure blanche et noire

# Les risques sanitaires

## Insectes

Le CCE de Scy-Chazelles accueille quelques colonies d'insectes xylophages, dont la quantité et la qualité sont difficiles à évaluer : certaines ont pu être localisées car elles laissent des traces visibles quand d'autres n'ont été vues que très récemment lors de l'étude menée par Loic-Pierre Hurtel (2015) sur les collections bois du CCE.

L'intégration ancienne et mal maîtrisée d'une importante proportion de prélèvements archéologiques dans les collections du CCE (nombreux sédiments et pièces archéologiques en bois : pieux, éléments de constructions ou de navigation, fragments de coffrage de puits, objets divers conservés pour beaucoup sur palette hors eau et pour certains en bac humide...) est à la source de nombreux problèmes. La plupart des prélèvements bois sont infestés, quelques un ont été traités mais sans suivi sanitaire. En outre les équipements en bois du dépôt (palettes et rehausses) ainsi que certains rayonnages ont à leur tour été contaminés et présentent désormais un risque d'infestation.



Blaniule moucheté – *Blaniulus guttulatus*  
(OA3640 – Épinal 1999)



Crottes « fraîches » de souris  
(photographie prise le 12/11/2015)  
Salle de séchage du CCE de Scy-Chazelles

## Volatiles ou rongeurs

Le CCE abrite également des animaux macroscopiques : rongeurs et parfois oiseaux comme l'attestent les quelques traces qu'ils ont pu laisser sur le sol des caves et des salles de travail (déjections, plumes...). En outre il n'est pas rare de constater la présence de déjections anciennes sur le mobilier archéologique déposé au CCE par certains particuliers ou des associations qui ont stocké longtemps leur collection dans des conditions d'hygiène très précaires : caves insalubres ou greniers de musées associatifs par exemple...

Sans être alarmiste cette présence intrusive ne doit pas être prise à la légère. Tous les **excréments de rongeurs, notamment des rats**, sont potentiellement nocifs, porteurs de virus et bactéries, tiques et puces...

## Moisissures et bactéries

Les moisissures se développent si elles trouvent de quoi se sustenter - cellulose, protéine, poussières, etc. - et de l'humidité. Elles aiment le carton et le bois (matières que nous conservons à profusion au CCEL). **Le risque de germination est présent à partir d'une humidité relative de 60 % (M<sup>me</sup> Marie-Dominique Parchas)**. Les caves du CCEL avec leur 90 % d'humidité relative constituent donc malheureusement des conditions idéales pour le développement cryptogamique. À noter qu'une fois la germination enclenchée, le développement peut se poursuivre à des taux inférieurs à 60 %. En outre, la moisissure ne meurt pas si l'humidité relative baisse. Dans le cas de notre futur déménagement au sein d'un bâtiment moderne et plus sain, il est probable que la croissance de la moisissure ralentisse, éventuellement qu'elle s'arrête mais elle ne sera pas détruite : elle entrera en phase de dormance et pourra être réveillée au moindre changement hygrothermique. Elle peut en effet rester dans cet état de vie ralentie de nombreuses années en attendant que les conditions redeviennent favorables.





Développement végétatif de moisissure sur palette



Champignon lignivore en croissance

Des moisissures à l'aspect cotonneux en relief sont faciles à détecter et à considérer comme actives mais la plupart nécessitent un prélèvement pour vérifier si elles sont encore vivantes.

## Les mesures à prendre :

Les moisissures et bactéries sont présentes tout autour de nous dans notre vie courante. Elles font partie de nous. Il ne s'agit pas de vouloir créer un environnement totalement stérile au CCEL, qui n'aurait pas de sens et serait sans doute impossible à mettre en œuvre. Mais il est indispensable de prendre la mesure des risques biologiques potentiellement nocifs afin d'agir préventivement. Des concentrations bactériennes ou cryptogamiques mal maîtrisées peuvent être toxiques ou allergisantes, que ce soit à l'état actif ou dormant.

### 1. Les mesures curatives

- **Les analyses** : La première étape consiste à faire appel à des professionnels afin de savoir à quoi l'on a affaire. C'est le sens de la démarche qui a été introduite auprès d'Hygiatech en 2015 par la DRAC de Lorraine. Il s'agit d'une part d'analyser les moisissures et bactéries auxquelles nous sommes confrontés dans les différents espaces du CCEL, d'autre part de mesurer le degré de contamination. Nous sommes malheureusement toujours en attente de leur résultat.

- **La protection des agents** : En fonction du résultat des analyses, les mesures de protection appropriées pourront être proposées et adoptées au CCEL – masques avec filtre HEPA, gants, combinaisons et chaussons jetables par exemple.

- **Les traitements des espaces** : le rétablissement de bonnes conditions environnementales est un aspect essentiel souligné à de nombreuses reprises par les rapports des Archives Nationales. Cela passe généralement par un rééquilibrage de l'atmosphère et notamment de l'hygrométrie des espaces de conservation ainsi que leur assainissement. Dans le cas du CCE de Scy-Chazelles, il faut prendre en compte le futur déménagement du centre vers un bâtiment neuf dédié à la conservation. Dans la perspective de ce départ, il y a des choses qui peuvent être faites sur place à moindre coût comme par exemple le **nettoyage** des espaces qui a été fait en juin 2015 et pourra être renouvelé régulièrement. Le **dépoussiérage** des collections sera quant à lui effectué dans le cadre du chantier de préparation des collections au déménagement.

En revanche la **déshumidification** des sous-sols est irréalisable à peu de frais : il s'agirait en effet de réaliser d'importants travaux de drainage pour dévier la source qui passe actuellement dans les réserves - un coût inutile à 2 ans du déménagement.

- **Isoler ou reconditionner les éléments isolés ou lots d'objets infestés** : ce travail est réalisé ponctuellement dans la mesure de leurs possibilités par les agents du CCEL dans le cadre de leurs missions courantes, à l'occasion d'une consultation ou d'un prêt par exemple. Toutefois, la quantité des pièces probablement concernées rend cette

opération difficilement envisageable à court terme pour l'ensemble des collections. Là encore, le chantier de préparation du déménagement nous permettra peut-être d'effectuer les quelques procédures d'urgence nécessaires sur le mobilier le plus touché.

- **La décontamination des espaces de travail** : la méthode proposée mais qui n'a pas encore été validée par l'administration est celle employée par la Bibliothèque Nationale de France (Tony Basset) et le Centre de recherche et de conservation des collections (Malala Rakotonirainy) aux Archives Nationales et qui utilise le **système HEPA-MD**. Il s'agit d'une méthode hospitalière dont l'objectif est de maîtriser la charge microbienne présente dans l'air (bactéries, champignons, spores, virus) par électrostriction, polarisation et décharges électriques. Elle peut être utilisée :

- o en cas de contamination avérée pour assainir l'air ;
- o lors des campagnes d'étude, de consultation, de traitement ou de reconditionnement des collections afin d'éviter de propager les moisissures dans l'air – et par conséquent de risquer leur inhalation-;
- o en mesure préventive en cas d'augmentation de l'humidité relative importante.

Il faudra pouvoir évaluer l'efficacité de cette méthode directement auprès des personnes qui l'ont pratiquée.

- **Le traitement des collections** : dépoussiérage à l'aide d'un aspirateur muni de filtre HEPA (*High Efficiency Particulate Air Filter*) qui évite la dispersion des spores dans l'air. Pour les conditionnements très infestés (cartons, rehausses et palettes bois), la meilleure option sera de s'en débarrasser. Pour ce qui concerne le mobilier archéologique, les traitements doivent être adaptés au matériau : céramique, bois, cuir, os, sont principalement visés. Pour le papier (liste d'inventaire, étiquettes manuscrites), la seule technique réellement efficace aujourd'hui est le gazage à l'oxyde d'éthylène mais il n'est pas simple à mettre en œuvre et nécessite par ailleurs que les emballages synthétiques (bacs polyéthylène, etc.) soient retirés pendant les traitements. Le mobilier décontaminé doit ensuite être rincé sous vide plusieurs fois et sécher longuement, pendant plusieurs semaines, dans un espace ventilé... Considérant cependant que le papier n'entre généralement au CCE que dans le strict cadre documentaire, la solution la plus simple pour nous est de copier les informations pertinentes et de jeter tous les éléments – papier ou cartons - infectés.

## 2. Les mesures préventives

Différentes actions préventives devront prendre place dans le nouveau centre de conservation et d'étude de Lorraine (CCEL) :

- **La filtration de l'air** : dans le cadre du projet CCEL, il est prévu des mesures conformes (plusieurs centrales CTA, 3 à simple flux et 1 à double flux qui seront équipées de filtres de qualité « Filtre fin » type F7 à F9. Il est cependant nécessaire de prévoir un bon contrat de maintenance avec changement fréquent des filtres.

- **Le contrôle de l'humidité relative** : le nouveau bâtiment est conçu pour être climatiquement stable à 55 % +5 % d'Humidité relative avec une température entre 15 et 25 °C hors salles spécifiques en atmosphère contrôlée (mobilier métal, organique traité, verre, ...). Le climat sera contrôlé par des sondes situées dans les salles du bâtiment.

- **La maintenance** : les locaux seront régulièrement dépoussiérés – cela comprend les bureaux, les salles de traitement et les réserves.

- **Les actions sur les collections** : le problème d'infestation ne se pose pas ou de façon très exceptionnelle pour les collections issues des opérations récentes d'archéologie préventive, pour lesquelles les opérateurs ont obligation de respecter les procédures de lavage, traitement et conditionnement du mobilier, ce qui limite grandement les risques biologiques avant leur transfert au CCE.

Le problème peut se poser en revanche pour les collections provenant des anciennes fouilles préventives, des opérations programmées voire des collections privées : une pièce de quarantaine a été prévue pour les isolées dès leur réception dans le nouveau bâtiment du CCEL au sein du PRIAM. Pour ce qui concerne le mobilier archéologique infesté déjà présent à Scy-Chazelles, il sera, dans la mesure du possible, traité avant son déménagement, et sinon isolé et conditionné de façon qu'il ne contamine pas les autres pièces. Enfin il ne faut pas exclure l'élimination du mobilier bois et des sédiments les plus infestés, dont le traitement ou l'étude n'est plus possible.

- **Le maintien d'une action de suivi sanitaire des collections** : il sera mis en place un cahier de contrôle sanitaire. Le personnel devra par ailleurs être formé à la reconnaissance des moisissures, analyse des risques, connaissance des actions curatives et préventives.

## Bibliographie

NICOSIA Grazia – 2012 – *Les infestations des collections patrimoniales: goût des insectes et évaluation des risques*, In Situ n° 19, 2012.

PARCHAS Marie-Dominique – 2008 - *Comment faire face aux risques biologiques* – Archives de France – avril 2008.

PARCHAS Marie-Dominique – 2014 - *Prise en charge de la préservation des entrées ou Comment gérer les risques présents et à venir*, Document en complément du Cadre méthodologique pour l'évaluation, la sélection et l'échantillonnage des archives publiques – Archives de France – 2014.

RIOULT Jean-Philippe, BOURREAU Alain – 2003 – *La Mérule, un champignon destructeur des bois ouvrés*, in Demeure Historique, été 2003, n° 149, p. 14-17.

# Transportation of wood boring beetles in wooden transport boxes, wood pallets and newly bought wood in museums

## Stephan Biebl

Ingenieurbüro für Holzschutz  
Mariabrunnweg 15  
D-83671 Benediktbeuern, Germany  
[info@holzwurmfluesterer.de](mailto:info@holzwurmfluesterer.de)

## Pascal Querner

University of Natural Resources and Life Sciences  
Department of Integrated Biology and Biodiversity Research  
Institute of Zoology, Gregor-Mendel-Straße 33  
A-1180 Vienna, Austria  
Tel: 0043/1/47654-3226  
and  
University of Applied Arts Vienna  
Institute of Archäometrie  
Expositur Salzburg, A-1010 Vienna, Austria  
[pascal.querner@boku.ac.at](mailto:pascal.querner@boku.ac.at)

## Abstract

In the past centuries, woodborers like *A. punctatum* and *X. rufovillosum* were widespread in historic furniture, households and building structures. As they need a high wood moisture content, and central heating and climate control is more and more prevalent, their presence today is rare and often limited to open air museums, rural museums and historic buildings. In this paper, we report on the spread and transportation of different wood boring beetles with wooden pallets, wooden transport boxes used for art transportation and also the rising problem of different *Lyctus* species (powder post beetles) in new wood used in museums. Not only the native *Lyctus linearis*, but also the introduced *L. brunneus*, *L. cavicollis* and *L. africanus* can be found in transport boxes (9 cases in Germany between 2003 and 2015), new picture frames (3 cases in Austria between 2010 and 2015) and new wood sold to carpenters in museum and conservation studios (used for new stretcher and picture frames, 3 cases in Austria). In some cases (2 in Germany) a newly laid parquet floor was infested by powder post beetles. The house longhorn beetle (*H. bajulus*), the furniture beetle (*A. punctatum*) and the Anobiid *Oligomerus ptilinoides* were all found infesting wooden pallets inside museum stores (5 cases in Austria). New wooden pallets and transport boxes are treated once with heat after production, but our examples show that infestation and transportation of wood pests is still possible and is thus a new challenge for IPM in the future. Prevention of this problem by using pallets and transport boxes made of plastic or a different type of wood, is also discussed.

## Key words

infestation, wood borers, beetles, prevention, transportation

# Transport dans les musées des insectes xylophages dans les caisses en bois, les palettes en bois et le bois récemment acheté

## Stephan Biebl

Ingenieurbüro für Holzschutz  
Mariabrunnweg 15  
D-83671 Benediktbeuern, Germany  
info@holzwurmfluesterer.de

## Pascal Querner

University of Natural Resources and Life Sciences  
Department of Integrated Biology and Biodiversity Research  
Institute of Zoology, Gregor-Mendel-Straße 33  
A-1180 Vienna, Austria  
Tel: 0043/1/47654-3226  
et  
University of Applied Arts Vienna - Institute of Archäometrie  
Expositur Salzburg, A-1010 Vienna, Austria  
pascal.querner@boku.ac.at

## Résumé

Ces derniers siècles, les coléoptères tels que *A. punctatum* et *X. rufovillosum* étaient répandus dans les meubles historiques, les logements et les structures des bâtiments. Mais, comme ils ont besoin d'une forte humidité du bois, et comme le chauffage central et le contrôle du climat sont utilisés plus souvent aujourd'hui, leur apparition est rare et souvent se limite aux musées en plein air, aux musées ruraux et aux bâtiments historiques. Notre publication traite de la propagation et du transport de différents coléoptères dans les palettes en bois, les caisses de transport en bois utilisées pour le transport d'œuvres d'art mais aussi du problème croissant des différentes espèces de *Lyctus* (lycte brun) dans le bois neuf utilisé dans les musées. Non seulement le *Lyctus linearis*, mais aussi les espèces introduites *L. brunneus*, *L. cavicollis* and *L. africanus* se trouvent dans les caisses de transport (9 cas en Allemagne entre 2003 et 2015), dans les nouveaux cadres de tableaux (3 cas en Autriche entre 2010 et 2015), et dans le bois neuf vendu aux charpentiers travaillant pour les ateliers de musée et de conservation, pour fabriquer les châssis et des cadres de tableaux (3 cas en Autriche). Dans certains cas (2 en Allemagne), un nouveau parquet était infesté par des lyctus. Le capricorne des maisons (*H. bajulus*), la petite vrillette (*A. punctatum*) et l'anobiidé *Oligomerus ptilinoides* ont tous été trouvés dans des palettes de bois, dans les réserves de musée (5 cas en Autriche). Les nouvelles palettes et caisses de transport sont traitées une fois à la chaleur, après la production, mais nos exemples montrent qu'une infestation et un transfert de nuisibles de bois est encore possible, ce qui représente un nouveau challenge pour l'IPM à l'avenir. Nous abordons aussi la prévention de ce problème, en particulier par l'utilisation de palettes ou caisses de transport en plastique ou par l'utilisation d'autres types de bois.

## Mots clefs

infestation, xylophages, coléoptères, prévention, transport

## Introduction

Wood objects have been susceptible to infestation by wood boring beetles for as long humans were using and storing wood. Wood boring beetles are important pests in museum objects, historic buildings and open air museums. The most important species in central Europe are the furniture beetle (*Anobium punctatum*), the house longhorn beetle or old house borer (*Hylotrupes bajulus*), the deathwatch beetle (*Xestobium rufovillosum*) and different powder post beetles (Hickin, 1975, Crefeld, 1991, Berry *et al.*, 1993, Noldt, 2000, Ridout, 2012, Child & Pinniger, 2014, Pinniger, 2015, Querner, 2015). Since the long-term use of wooden materials, their collection and storage as historic or art objects, humans try to prevent infestation or at least regularly treated the wood to stop the damage and infestation. Many types of biocides, like Lindane or Methyl bromide, were used in the past to protect and treat the wood. Today most museums don't use chemicals against infested wood as some were banned and others are less effective. Wooden objects still get infested in museums from time to time and mostly regulated heat treatment, freezing, nitrogen fumigation or oxygen free atmospheres (anoxia) are used. Still new is the application of parasitoid wasps against wood boring beetles (Auer & Kassel, 2014, Biebl, 2017). In a modern museum system, wood is not only found inside the building in objects, but also for museum architecture, transport and storage of museum objects in specially designed crates, pallets and shelves. The results in a new risk of a transportation of pest infestation in the wood during transportation, storage and lending of museum objects between institutions. This is still not always recognized in the international lending agreements and not all conservators are aware of this problem.

Several cases are known to the authors after many years of working in museums, in which pest were transported through transport boxes, wood pallets, and introduced with new picture frames or parquet floors by powderpost beetles or other species. Public attention was attracted for example to the incident at the "Bodemuseum" in Berlin, which was affected in 2008 by an infestation with the southern lyctus beetle (*Lyctus planicollis*) and the newly laid parquet floor had to be treated with great effort (Unger *et al.*, 2008).

The following article describes the problem of possible infestation of transport crates by powderpost beetles and other species (Krehan, 2007, Zahid *et al.*, 2008). The use of vulnerable hard wood trees with high starch content and the global lending and transportation of art objects in transport crates is an increasing the risk of spreading infestation from one museum to another. We examine and discuss the materials used to transport art and possible measures to combat and prevent them. In addition, the biology and life-history of powderpost beetles is described,

## Transport crates

Transport crates can be divided according to different types of transport boxes, firstly high quality air-conditioning boxes for picture or delicate objects, or one-way crates, which both differ in material composition and size. Depending on the object-specific requirements such as climate stability, watertight insulation, lining of the interior, double seal and water-repellent paintwork, the costs for transport crates vary greatly. More expensive crates are often custom-built in the own museum carpentry or by the art transport companies.

In the museum industry, mainly wooden materials made of plywood, the so-called "carpentry plates", are used for transport crates. Carpentry panels consist of a middle layer with parallel wooden rods and a deck or barrier veneer glued transversely thereto on both sides. These standardized wood panels are also stable under fluctuating climatic conditions, they are flexible and have a high standing. Due to its low weight, wood as a material is ideal for transporting high-quality museum objects such as paintings or sculptures. Furthermore, carpentry plates are also used for exhibition construction, shipbuilding, vehicle or caravan construction (where damage is also caused by *Lyctus sp.* beetles).

Since the packaging of high-quality art objects also plays an optical role for many customers, the material selection must also take into account the external appearance. In the case of joiner plates, the top layer is usually made of homogeneous hardwood veneer, such as beech, poplar or tropical wood (e.g., gaboon or okoumé), and the middle layer of conifers. To improve robustness during transportation, solid wood of spruce or MDF material are used for reinforcement.

In principle, packaging materials or transport crates must not contain any chemically reactive pollutants from the conservation viewpoint and must be free of plasticizers and solvents as they can react with different materials of art objects over a longer period of time. Natural tannins, which occur in oak, false acacia and elm tree or acetic

acid from wood composite materials (MDF), are regarded as dangerous in the case of transport boxes and long-term storage.

## Biology and food requirements of sapwood beetles

More than 20 different species of sapwood infesting beetles (Coleoptera, Bostrichidae, Lyctinae), are globally found infesting wood, about 10 are also found in Germany and Austria. In addition to the native species *Lyctus linearis* and *L. pubescens*, 2 neobiotic (introduced) species were established also outside of building! The most frequent introduced species in Central Europe are *Lyctus brunneus*, *L. cavicollis*, *L. planicollis*, *L. africanus* and *L. hipposiderus* (Bußler, 2009, Geis, 2012, Pospischil, 2017), they are normally found only in buildings and cannot survive a winter in most parts of central Europe outside.

The wood-destroying larvae are bound to starch- and protein-rich food, which they find in the sapwood of hardwood (deciduous) trees. The attacked tree species include maple, abachi, bamboo, oak, ash, illomba, chestnut, limba, meranti, walnut, poplar, ramin, rattan, false acacia, elm, willow, walnut and occasionally cherry. Hardwood tree species cannot be affected due to the low nutrient content and the wood cells. Beech is also attributed to immunity in the literature due to vascular cells. The infested wood can be very dry (10 to 8% wood moisture) and is largely retained on the surface, so that infestation is recognized only after an extended period of feeding.

Since the nutrient content of the wood decreases with time, the risk of an attack can be reduced with increasing life. Nevertheless, wood which is older than 10 years can still be affected by low humidity and constant temperature (Pospischil, 2012). Due to the hidden oviposition up to 8 mm deep in vascular cells, an initial attack is difficult to detect. The eggs themselves are only about 1 mm long and 0.15 to 0.175 mm thick. The beetles can grind surfaces with paint, varnish or thin film, and easily exit through extraneous materials (e.g., MDF boards or paper) during hatching. The lifespan of most species is 12 months, under ideal conditions even less, making the *Lyctus* species some of the fastest developing wood pests. Beetles can also fly very well and spread in an infested room.

## Material and Methods

We collected all the data from consulting museums with this specific problem.

## Results

### Infested transport boxes

Not only the native *Lyctus linearis*, but also the introduced *L. brunneus*, *L. cavicollis* and *L. africanus* can be found in transport boxes. We found 9 reported cases from Germany between 2003 and 2015 (Biebl, 2014). Further new picture frames bought by different museums for new exhibitions were found to be infested by *Lyctus* sp. species, (3 cases from Austria between 2010 and 2015). Also wood sold to carpenters in museum and conservation studios and used for making of new picture frames and stretcher frames were found to be infested (2 cases in Austria). In 2 cases from Germany, the new laid parquet floor was infested by powder post beetles (one is the well know example of the Bodemuseum in Berlin; Unger *et al.*, 2008).

### Infested wooden pallets

The house longhorn beetle (*H. bajulus*, 1 case in Austria; 1 case in Germany), furniture beetle (*A. punctatum*, 1 case in Austria) and the Anobiid *Oligomerus ptilinoides* were all found in infested wooden pallets inside museum stores (2 cases in Austria; Querner, 2007, Querner *et al.*, 2013, Landsberger, 2015).

## Discussion

Figure 1-3 show the damage to the transport crates. Usually only the veneer of the 1-2 mm thick outer layer is infested, because the softwood in the middle layer is resistant to sapwood beetles. A static impairment is not present and thus leads to a partial damage to the transport crate.

The following can be counted as direct damage to works of art (see fig. 4) or room equipment (parquet floors, door leaves / frames, edge frames, picture frames, work tables, etc.) from susceptible hardwood. Follow-up costs result from measures such as checks, control, repairs, cleaning, disposal and restoration of transport boxes. The more crates and additionally endangered objects of art in a storage space are concerned, the higher are the costs of rehabilitation, which are funded either by the owner himself or, in the most favourable case, by an art insurance. Therefore, pest infestation should be prevented in the best possible way.

## Wooden pallets

Wooden pallets (Europool pallets, usually according to DIN EN 13698-1) are very often used in museums to store large and mostly heavy stone or metal objects. Usually, spruce is used for this purpose. New wooden pallets should be pretreated with heat (30 min at a core temperature of 56 °C) in accordance with the ISPM 15 standard. In many museums these pallets are used in the storage, where objects are long-term stored. In two Viennese museums, an active infestation of (1) house longhorn beetle (*Hylotrupes bajulus*), (2) the common furniture beetle (*Anobium punctatum*) and (3) by *Oligomerus ptilinoides* has been found in recent years (Fig. 5-7). The origin of the infection in all cases could not be clarified. Furthermore, in Berlin an attack by the house longhorn beetle (*Hylotrupes bajulus*) in a single wood pallet in the music instrument museum was also discovered in the past years (Landsberger, 2015). The pallet had already been stored there for at least 6 years, before a house longhorn beetle emerged and frass and holes were noticed.

The infestation of wooden pallets is probably a rare phenomenon. It can happen when they are stored outside the museum buildings or with other infested material. Usually it can easily be determined by a visual inspection. New pallets should be heat-treated before using them in a museum, or plastic pallets can be an alternative to avoid this source of contamination (Fig. 8).

At this point, the authors would like to make practical suggestions to museums or transport companies in order to look for resistant or alternative materials in the selection for transport crates. The carpentry plate, which has been frequently used so far, has good properties with a good price-performance ratio. However, it should also be economically considered, whether it is worthwhile to reduce the risk of pest infestation by using more resistant wood (softwood instead of sapwood).

In addition to the described carpentry plates with hardwood veneer (density 450 kg / m<sup>3</sup>), the so-called ESB boards made from spruce chips (Elka Strong Board, approx. 500 kg / m<sup>3</sup>) are also used. These are a finer variation of the known OSB boards. Furthermore, the use of plywood panels made from Nordic spruce (density 450-550 kg / m<sup>3</sup>) or sea pine could be considered, but they have optical disadvantages due to branches or a lower dimensional stability.

Wood materials such as medium-density fibre boards / MDF in the form of ultra-light MDF (gross density <550 kg / m<sup>3</sup>) have an optically homogeneous structure and are also used in furniture construction. However, they consist to a certain extent of hardwood, for which practical experience is lacking on the possible development of wood pests in this wood material.

In special cases transport companies also offer special transport boxes made of plastic or metal with internal plastic constructions or innovative material combinations of plastic, wood or cardboard. When selecting suitable materials, attention must always be paid to additives such as glue, solvents, fungicides or fire retardants, which may be included in the wood products according to the product classification.

Optical changes in the appearance or a slight increase in transport costs due to alternative wood materials with higher bulk density should not be the reason for the further use of transport boxes with susceptible deciduous woods. It is generally advisable not to store transport crates with the hardwood portion together with the art objects in one room. Frequently, transport crates are stored in areas which are difficult to control or are stacked tightly and remain uncontrollable for an extended period of time.



If the costs for pest control exceed the intrinsic value of the transport boxes concerned, they are usually disposed directly and exchanged for a new crate. However, high-quality transport crates with the appropriate size and equipment for climate regulation can far exceed the cost of a pest control, so that a treatment is economically justified. Residue-free processes include fumigation with inert gases, thermal treatment with heat or cold in stationary chambers. Long-term protection by treatment with chemical wood preservatives is fundamentally excluded due to health hazards and endangering of works of art by pollutants (solvents) and is not acceptable from a restoration perspective.

Finally, a question which is regularly raised in practice indicates whether protection is provided by the ICCP marking (standard for packaging of solid wood) for transport crates. This often superficially visible "fire stamp" is only valid as a permanent proof for an once-performed treatment (HT = heat, MB = fumigation with methyl bromide) against wood pests during production and export. Since these treatment methods are not preventive, the marked transport boxes can still be attacked by wood pests in the future.

## Conclusion

The protection of art objects from an insect pest infestation is one of the major challenges in preventive conservation and IPM. An attack from outside the building (museum, depot, historic house) is always possible, but probably a rare event. More often pests are transported with infested objects. This article describes the problem and the spread of pests with wooden transport material, boxes, pallets and different case studies are discussed. The risk of pest infestation continues to rise with the increase of loans and the international trade of wood imported from the tropics and transportation of art objects.

## Acknowledgements

We would like to thank all museums that support an IPM program and colleagues and that share their experiences with us.

## References

Auer, J., Kassel, A., 2014. Braconid Wasps: A biological control method. in: Müller, G., Pospischil, R., Robinson, W.H., (Eds.), Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Urban Pests; OOK-Press Kft.: Veszprém, Hungary, pp. 335-340.

Berry, R.W., Lea, R.G., Higham, D., 1993. The status of *Anobium punctatum* and *Hylorupes bajulus* in buildings in the United Kingdom. Paper presented to 24<sup>th</sup> Conference of the International Research Group on Wood Preservation.

Biebl, S., 2014. Holzschädlinge in Transportkisten, Praktische Erfahrungen mit Splintholzkäfern in Depoträumen, *Restauro*, 3, pp. 22-25.

Bußler, H., 2009. Teures Leben im Parkett. Eingeschleppte Splintholzkäfer zählen zu den bedeutendsten Schädlingen von Holzprodukten. *LWF aktuell* 73, pp. 18-19.

Child R., Pinniger, D., 2014. Current status and treatments for *Anobium punctatum*. in: Müller, G., Pospischil, R., Robinson, W.H. (Eds.), Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Urban Pests. Printed by OOK-Press Kft., Hungary, pp. 329-333.

Crefeld, J.W., 1991. Wood Destroying Insects: Wood Borers and Termites. CSIRO Australia.

Geis, K.-U., 2012. Eine neozoische Splintholzkäferart unter Einfluß der Klimaerwärmung: Erster Nachweis mehrjähriger Überwinterungen von *Lyctus brunneus* (Steph.) in einem naturnahen Habitat Südwestdeutschlands (Coleoptera: Bostrichidae: Lyctinae) Freiburg i.Brsg. 2.5.2012.

[http://kaeferklaus.de/fileadmin/kaeferklaus.de/Fachaufsaetze/Subtropische\\_Splintholzkaefer\\_unter\\_Einfluss\\_der\\_Klimaerwaermung\\_Suedwestdeutschland\\_Coleoptera\\_Bostrichidae.pdf](http://kaeferklaus.de/fileadmin/kaeferklaus.de/Fachaufsaetze/Subtropische_Splintholzkaefer_unter_Einfluss_der_Klimaerwaermung_Suedwestdeutschland_Coleoptera_Bostrichidae.pdf) [accessed 11.10.2017]

Hickin, N.E., 1975. The insect factor in wood decay. The Rentokil Library, Rentokil Group PLC, East Grinstead, Sussex, RH19 2JY.

Krehan, H., 2007. Verpackungsholz-Kontrollen in Österreich notwendiger denn je. Forstschutz Aktuell 41, pp. 1-4.

Landsberger, B., 2015. Fakultativ materialschädigende und invasive Schadinsekten in den Sammlungen der Staatlichen Museen zu Berlin. Berliner Beiträge zur Archäometrie, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft Bd. 23, pp. 119-125.

Noldt, U., 2000. Holzzerstörende Insekten – Fälle von gestern, Forschung von heute, Gefahren von morgen. Forschungsreport 1, pp. 24-28. [http://literatur.vti.bund.de/digbib\\_extern/dk040522.pdf](http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dk040522.pdf) [accessed 11.10.2017]

Pinniger, D.B., 2015. Integrated pest management in cultural heritage. Archetype Publications, London.

Pospischil, R., 2012. Der Braune Splintholzkäfer -ein Update. Der praktische Schädlingsbekämpfer 7-8, pp. 14-15.

Pospischil, R., 2017. *Lyctus* (Coleoptera: Bostrychidae): A never ending story  
Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Urban Pests. In: Davies, M. P., Pfeiffer C., Robinson, H.W., (Eds.), pp. 377-380.

Querner, P., 2007. Befall von Holzpaletten in Depots durch zwei Holzschädlinge (Gemeiner Nagekäfer *Anobium punctatum* und Hausbockkäfer *Hylotrupes bajulus*). *Restauro* 3, pp. 188-190.

Querner, P., 2015. Insect pests and Integrated Pest Management in museums, libraries and historic buildings. *Insects*, special issue on Integrated Pest Management 6(2), pp. 595-607.

Querner, P., Morelli, M., Kimmel, T., 2013. Transport von Schädlingen mit Kunstobjekten – ein unterschätztes Problem. *Kunst unterwegs - Tagungsband der Österreichischen Restauratoren* 14, pp. 86-92.

Ridout, B., 2012. *Timber*. English Heritage.

Unger, A., et al. 2008. Mikrowellen zur Bekämpfung eines Splintholzkäferbefalls im Parkett des Bodemuseums Berlin. in: Venzmer, H. (Ed.), *Bauphysik und Altbausanierung*, *Forum Altbausanierung* 3, pp. 111-112.

Zahid, M.I., Grgurinovic, C.A., Walsh, D.J., 2008. Quarantine risks associated with solid wood packing materials received ISPM 15 treatment. *Australian Forestry* 71(4), pp. 287-293.



**Fig. 1:** Infested wood transport box by *Lyctus brunneus* in Germany.



**Fig. 2:** Infested wood transport box by *Lyctus brunneus* in Germany.



**Fig. 3:** Infested picture frame by *Lyctus brunneus* in Austria.



**Fig. 4:** New wood used to build picture frames infested by *Lyctus brunneus* in Austria.



**Fig. 5:** Wooden pallets infested by *Anobium punctatum* in Austria.



**Fig. 6:** Wooden pallet (the one above the box) infested by *Hylotrupes bajulus* in Austria.



**Fig. 7:** Wooden pallet infested by *Oligomerus ptilinoides* in Austria.



**Fig. 8:** Plastic transport pallets as an alternative to wooden transport pallets.

# Definition: A time to reshape and tone the IPM program of the National Trust for Scotland

---

## **Mel Houston**

Collections Conservation Services,  
National Trust for Scotland, Edinburgh, United Kingdom  
*mhouston@nts.org.uk*

## **Abstract**

The Integrated Pest Management (IPM) program of the National Trust for Scotland was set up in 2008 along generally well recognized steps and procedures for historic houses: exclusion, monitoring, identification, recording, treatment and review. The IPM process, made simple and concise, followed logical sequential steps to make it comprehensible to non-specialist property staff and senior Trust management. The program has become well known within the organization and highly regarded as well as widely used by management to illustrate good conservation practice. In the eight years the program has been running, infestations have been recorded, (species range and population size) and mapped across the 50 historic houses cared for by the Trust. Monitoring and identification practice are well embedded and carried out by property staff to a very high standard. However, Trust property staff and the Collections Conservation team have not been able to adequately address and keep pace with the need for effective solutions to pest infestations. Pragmatism ensures the goal is pest population management rather than complete eradication, but the Trust is falling short of where it aspires to be with managing insect populations. This study looks at how IPM has been defined in the Trust, covers the criteria used to shape the program and questions whether a shift in approach and future action planning is needed to adequately address the continuing damage to historic material collections. The shape and tone of the definition of IPM are important. Passive statements are often used to describe the intent to mitigate damage by preventive measures. Such statements fail to deliver clarity as to what IPM means in practice and provide too little sense of process prioritization, which will be explored. This study proposes following the logical steps through which IPM is regularly molded as an excellent tool, though time and resources for later steps should be weighted once a program is established, and emphasizes the need for appropriate regular review. The Trust IPM program was peer reviewed in 2013, and the results of the review are discussed along with actions taken. Our aim is to look constructively at how changing the emphasis of an IPM definition within an institution may help inform appropriate pest response planning. We suggest that a clear institutional statement of intent regarding pest management could serve to improve the effectiveness of an IPM program.

## **Key words**

IPM, National Trust for Scotland, preventive conservation

# Définition : une opportunité de repenser le programme IPM du *National Trust* d'Écosse

## Mel Houston

Collections Conservation Services,  
National Trust for Scotland, Edinburgh, United Kingdom  
mhouston@nts.org.uk

## Résumé

Le programme de gestion intégrée des contaminants biologiques (IPM) du *National Trust for Scotland* a été mis en place en 2008 selon des étapes et procédures reconnues pour les maisons historiques en termes d'exclusion, de contrôle, d'identification, d'enregistrement, de traitement et de bilan. Le processus IPM est volontairement simple et concis et comprend des étapes logiques et séquentielles pour le rendre compréhensible aux employés non-spécialistes et aux membres de la direction du Trust. Le programme est bien connu et apprécié au sein de l'organisme, où il est souvent utilisé par la direction pour illustrer les bonnes pratiques de conservation. Pendant les huit années de l'application du programme, des infestations ont bien été enregistrées en lien avec la diversité des espèces et leur aire de répartition, de manière systématique dans l'ensemble des 50 maisons historiques prises en charge par le Trust. Les pratiques de contrôle et d'identification sont bien établies et mises en œuvre par le personnel avec une exigence de qualité de haut niveau. Cependant, le personnel des propriétés du Trust et l'équipe chargée de la conservation des collections ne se sont pas suffisamment adaptés aux évolutions pour obtenir des solutions efficaces aux infestations biologiques. Pour des raisons de pragmatisme, l'objectif visé, était de gérer la population des nuisibles, plutôt que de l'éradiquer complètement. Aussi, le Trust n'a pas atteint l'objectif pour les insectes.

Cette étude traite la manière dont l'IPM a été défini par le Trust. Les critères utilisés pour structurer le programme posent la question du besoin d'adapter l'approche et la planification d'actions futures, afin d'aborder de manière satisfaisante la dégradation continue des collections historiques. La forme et le ton de la définition de l'IPM sont importants et sont généralement abordés comme une déclaration passive de l'intention de réduire les dégradations par des actions préventives. L'IPM manque de clarté par rapport aux applications pratiques et ne traite pas suffisamment l'ordre des priorités, sujet que nous aborderons. Notre publication propose le respect des étapes logiques de l'IPM, pour qu'il soit un excellent outil, bien que le temps et les ressources pour les étapes ultérieures doivent être pondérés une fois le programme établi. Cela souligne le besoin de faire le bilan correctement et régulièrement. Le programme IPM du Trust a été étudié par un comité de lecture en 2013, et les résultats et les mesures adoptées sont examinés dans la présente communication. L'objectif de notre étude est de fournir un regard constructif sur l'utilité éventuelle d'un changement d'orientation IPM dans un organisme, afin de communiquer la planification appropriée. Une déclaration d'intention claire vis-à-vis de la gestion de nuisibles pourrait également améliorer l'efficacité d'un programme IPM.

## Mots clefs

IPM, National Trust for Scotland, conservation préventive



## Slide 1: Definition - A time to reshape and tone The National Trust for Scotland's IPM programme?

Definition: a time to reshape and tone the National Trust for Scotland's IPM



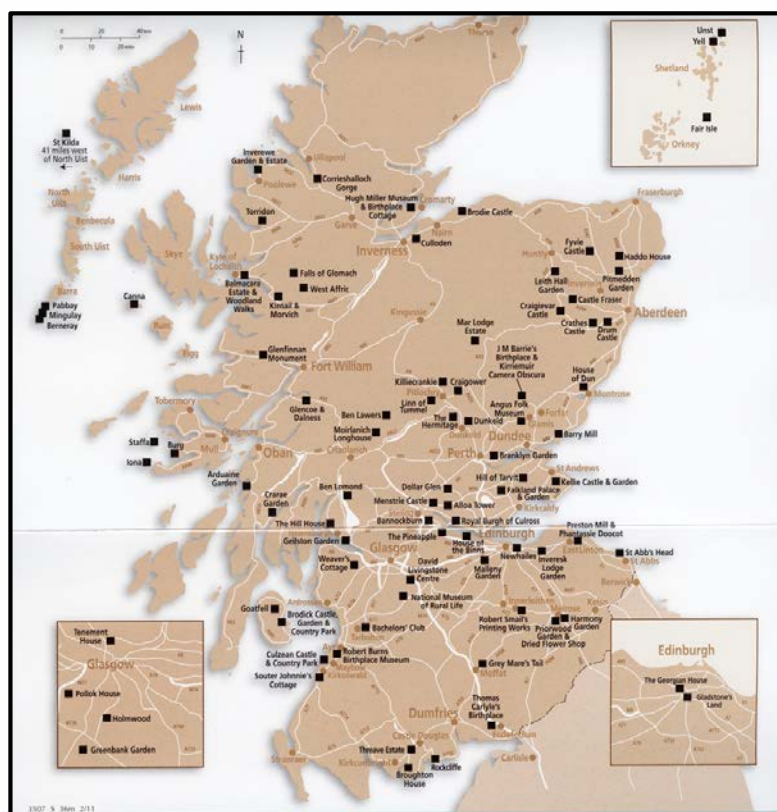
In this presentation am going to talk about how we define IPM and how we shape our IPM programmes and I will be using my own organisation's experience to illustrate some of the questions, issues and illustrate the need for occasional rethinking- or shaping and toning . So this paper looks at IPM in the National Trust for Scotland, the mechanisms used to manage the programme, some of the points learnt or observed and finally some questions that have come up over whether a shift in approach and future action planning would be beneficial to adequately address the continuing pest damage to historic material collections.

The shape and tone of how you choose to define your IPM programme are important; often described in a passive statement of intent to mitigate damage by preventive measures which can fail to deliver clarity on what should IPM mean in practice. This paper aims to look constructively at how potentially changing the emphasis an IPM definition has in an institution may help inform appropriate pest response planning and suggests that a clear institutional statement of intent regarding pest management could serve to improve the effectiveness of an IPM programme.

## Slide 2: Map of Scotland

First some background on the organisation I work for. National Trust for Scotland has over 50 properties with mixed collections, castles to cottages. The NTS Integrated Pest Management (IPM) programme was set up in 2008 along well recognised steps and procedures for historic houses; The main elements of the delivery of the programme are :exclusion, monitoring, identification, recording, treatment and review. Conservators train property staff, who may start with no knowledge of pests in the basics of pest identification and recording finds.

The conservators also supervise localised treatments such as deep cleaning, low temperature or as a last resort application of pesticides to specific objects or areas within a property. Each year we add new properties into the programme at a rate we can support with adequate training and supervision.



On the positive side in the eight years the programme has been running pest infestations have been well recorded, (in terms of species range and population size) and mapped across the 50 historic houses cared for by the Trust. Monitoring and identification practice are well embedded and carried out by the property staff to a very high standard, The programme has become well known within the organisation and highly regarded, widely used by management to illustrate good conservation practice. The programme is as simple as possible. It is basic but functional.

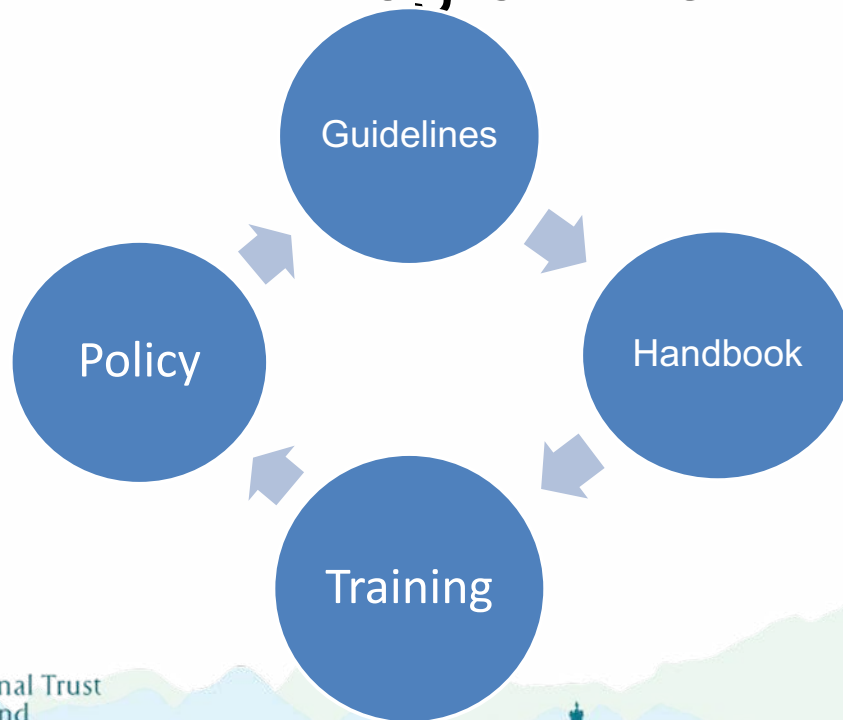
### Slide 3: The programme

The programme has different layers, mainly through the different levels of documentation aimed at different levels of Trust property staff.

We have a **draft policy** - this is aimed our board level of management in other words senior management.

It is a draft as the process of becoming policy is rigorous. The Trust is currently going through a significant period of change and formally asking for the policy to be adopted has been postponed until after the current restructure. This then will I believe a lot of documentation can be looked at together (collections management). Perhaps Serendipity that it has not been submitted as it gives time to reflect and craft what is needed. May be

# IPM Programme



opportunity to be submitted as part of a larger conservation management policy?? Good practice to look at documentation at the same time, similar style, format and cross reference. Loans policy, environmental policy, collections management, documentation etc.

**Guidelines-** Aimed at giving property managers- middle managers, a clear idea of what is involved in an ipm programme, what the main steps are, what would be involved if a property joined the programme ie what the staff commitment is (cost). It also sets out the general do's and don'ts of the programme- ie the importance of scrupulous housekeeping, the need to manage food and flowers well, the significance of choosing appropriate display materials etc.

**Handbook-** this is aimed at the staff who are responsible for IPM at each property. It gives specific detail about how the programme works from recommendations on how to keep pests out, how and when to record finds on the monitoring forms, basic notes on what are pests and what are not pests, identification resources to use and the basics of treatments options to be considered.

**Training-** mainly aimed at property staff who have direct responsibility for looking after collections. General induction sessions for all staff are given but there is also specific annual training for all IPM staff in pest ID and pest treatment. Training is also given on site on a 121 basis with new IPM staff with ongoing support through the Trust's conservators until they are confident and competent in pest ID.

So what about how we define IPM. The definition we currently use for IPM and which is in the policy, guidelines and handbook.

## Slide 4: Definition of IPM

### NTS definition

Integrated Pest Management is a term adopted by museums to describe the development of pest control methods: monitoring for pests, targeting treatment only where needed and modifying the environment to

discourage pest attack.

To me it is a little vague and passive, it says what is in IPM but I don't think it is a clear definition. But am I being too picky.

When the initial work was been done on the proposed new European standards there was a good working definition of IPM . short to the point, clear in the function of IPM ie to reduce and deal with pest problems. But how do other organisations define IPM?

NTS definition: IPM is a term adopted by museums to describe the development of pest control methods: monitoring for pests, targeting treatment only where needed and modifying the environment to discourage pest attack.

CEN /TC 346

*IPM - Holistic strategy combining various approaches to reduce and deal with pest problems*



## Slide 5: Definitions in other organisations

- The aims are to...
- The steps...
- The key to successful management is...
- The principles are...
- The goals of IPM are...
- The important issues of IPM are...



I had a look at how other institutions define IPM. I looked at approximately 15 IPM policies and documentation for IPM and noticed very few gave a definitive on what IPM is.

The vast majority of IPM programmes seem to slightly dodge and describe IPM as an approach of least chemical intervention with 4 or 5 guiding principles. These are some examples of how IPM is introduced.

I looked at some well used pest publications and again found that IPM is often described rather than defined.

It is quite striking that I could not find a sentence beginning, IPM is.....

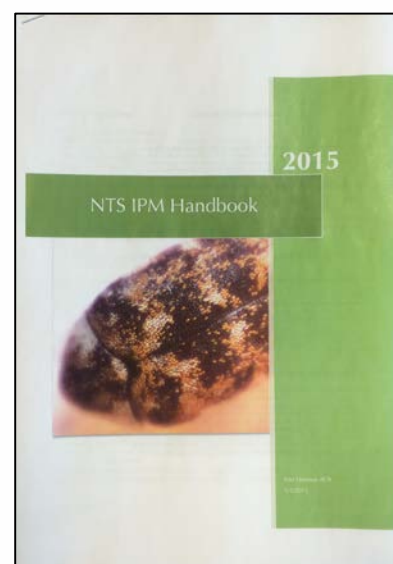
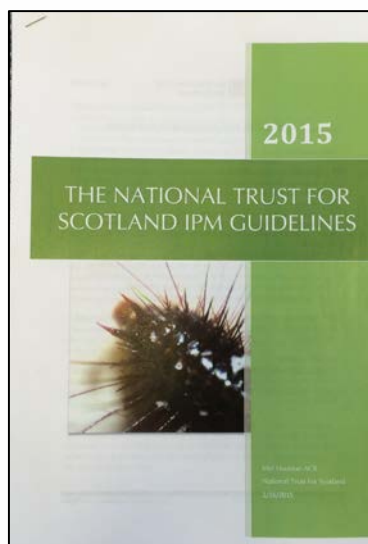
Moving on and Going back to what the Trust uses.

## Slide 6: The NTS steps of IPM

We have our current definition and we have the 6 steps in the delivery. As I mentioned they follow a standard pattern that a lot of institutions use. These steps are well set out in the guidelines and handbook. So we have been following this for 8 years so let's see how we are doing tackling pest infestations.

### Guidelines & handbook set out the steps

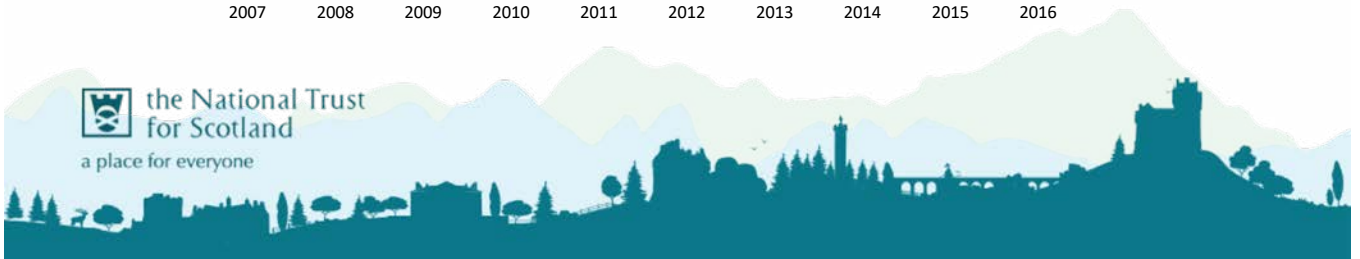
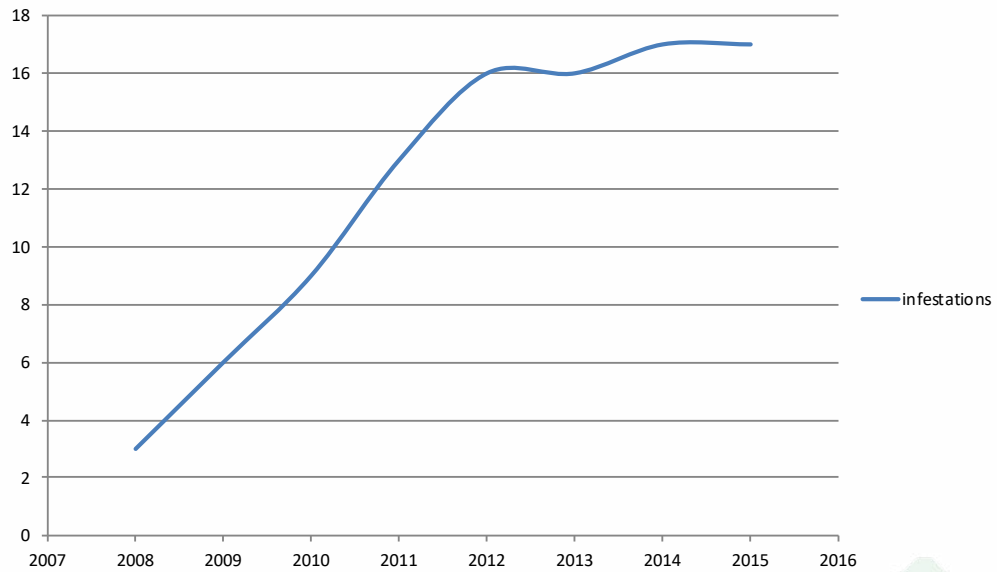
- Exclusion
- Monitoring
- Recording
- Identification
- Treatment
- Review



## Slide 7: Graph of infestations

When the programme was set up in 2008 there was no data on pest infestations. Anecdotal information was slight- mention of some webbing and furniture beetle. Within a couple of years the data started to show that wherever we looked, at whatever property there is an infestation. The programme showed almost exponentially increases in infestations- due in main to properties being added to the programme annually, staff training and the embedding of good recording procedures. The current plateau is due to almost the full portfolio of properties being in the programme now.

# NTS properties with infestations



So most of the graph is not surprising and could be anticipated. The graph notes significant infestations so for example if one webbing clothes moth is found once in a property it does not qualify it to be recorded as a significant infestation. What I do find concerning is that there is a plateau but we are yet to see a decline. It implies that Trust property staff and the Collections Conservation team have not been able to adequately address and keep pace with the need for effective solutions to pest infestations. The dip in 2013 was due to one property coming out of the programme due to lack of staff and hence there was no data to input. So something is not working. Want to go back to the six steps and see if we can tell what is working and what doesn't

## Slide 8: The steps

**Exclusion-** good notes in the handbook on what to look for.

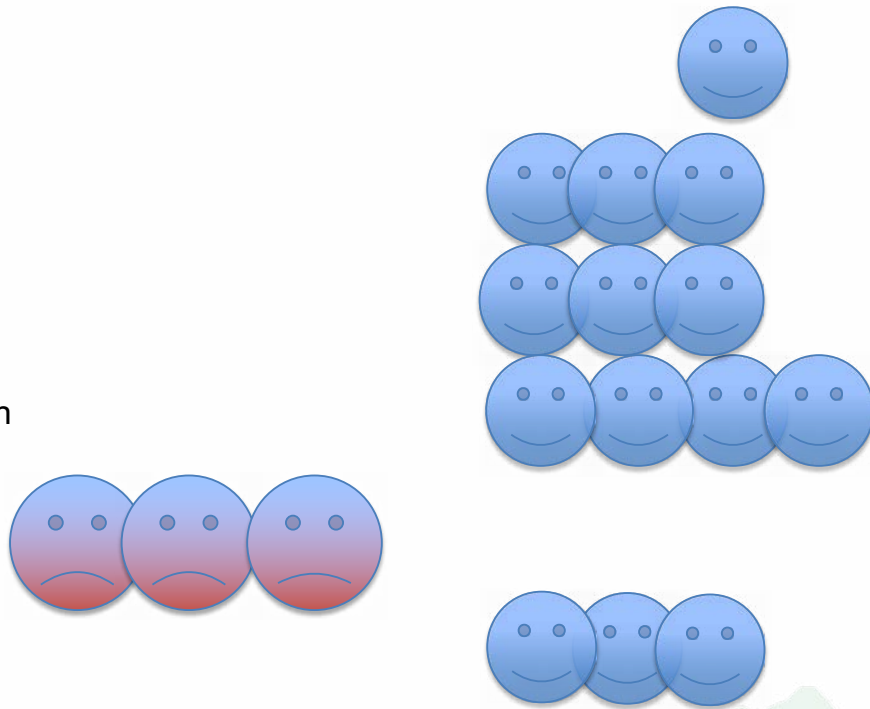
Removal of Dust anywhere, nests, checking blocked chimneys, under carpets dead spaces, floral arrangements, rubbish, keeping the environment as inhospitable as possible. No so good at adding protective measures such as bristle strips, screens and we have no quarantine facilities just a visual inspection of incoming objects by a conservator. As there are very few loans at present is is not a high risk activity- yet

**Monitoring-** very good at this , very embedded regimes of quarterly trap checks.

**Recording** again very good embedded procedures.

**Identification-** thanks to David we have extremely well trained staff and with resources like What eating your collections knowledge continues to accumulate. - new species- 4 species of spider beetle, 5 species of carpet beetle ( sarnicus, verbasci, pelio, smirnovi fuscus) 5 types of moth.

- Exclusion
- Monitoring
- Recording
- Identification
- Treatment
- Review



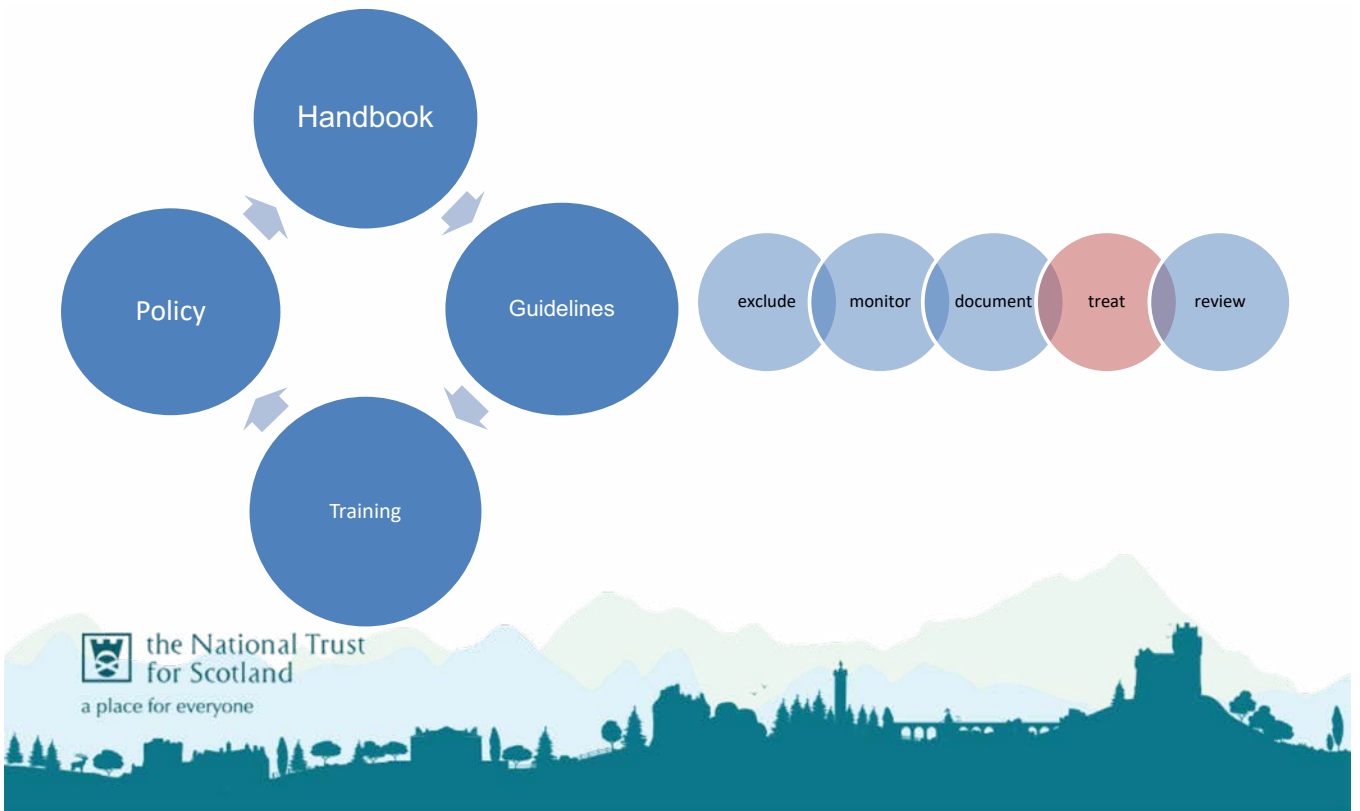
**Treatment-** not so good. We can do deep cleans, we have a small scientific chest freezer and we do some chemical treatments on a very small scale. But we do not have to hand the capabilities we need to tackle major infestations . I will expand on the issues here very shortly.

**Review** Again we are pretty good here and held a peer review of the programme after 5 years. The programme was found fit for purpose with a few recommendations for streamlining guidelines which has been done.

## Slide 9: Overview of programme shape & Tone?

This is what we currently have, a cycle of information that feeds the programme. The red circle is where we have the problem. Part of the problem may be

1. The treatment section seems very far down the food change as the programme follows a sequential number of steps.
2. *'Integrated Pest Management is a term adopted by museums to describe the development of pest control methods: monitoring for pests, **targeting treatment only where needed** and modifying the environment to discourage pest attack.'* Again in our definition of IPM treatment is almost lost in the middle.
3. More pragmatically treatment costs. I recently calculated the costs to treat one of our houses where webbing clothes moth has taken hold and is putting significant 18century costume at risk. Over 100,00 €. As you appreciate this is a hard sell to management - **or is it??**



## Slide 10: reshape and tone

Our plan is to emphasise two new elements in the mix; intent and advocacy. Good IPM is holistic, proportional, integrated. *The programme would be improved by having a strong intent, purpose and a strong sense of advocacy.*





Very much within the collections management good practice and as one example PAS (Publically Available Specification)197 framework - there is no set way and the end point is not fixed Programmes should be looked at together and cross referenced. Development and improvement, increasingly about public engagement.

IPM steps – move treatment up We know we have elements right and rather than look at all the steps in a sequential order we can put mitigation at the forefront.

What would the intent look like?

## Slide 11: Intent

**The intent of the Trust's IPM programme is to :**

**Identify pest infestations as quickly as possible, assess the risk to collections and put in place appropriate and proportionate treatments and regimes to prevent any further damage,**

Sits High level policy, a strapline it is what our IPM will be about. It could be the definition IPM is – identifying pests quickly,

**Plus having a comprehensive plan at hand.**

Identify pest infestations as quickly as possible, assess the risk to collections and put in place appropriate and proportionate treatments and regimes to prevent any further damage.

A comprehensive action plan to control the problem shall be at hand



## Slide 12: Advocacy

Hand in hand with clear intent. The Trust are very focused on showing everything that goes on as part of the story of a property – warts and all. IPM becoming part of that. Not just pointing out traps in properties we are now about to offer Trust trap packs to visitors to see what they have in way of pests at home. Can send in traps if they get stuck for ID with top tips for moths at home.



## Slide 13: What is missing?

### The missing bit

It's the expensive bit- having at hand a comprehensive plan for control. Senior management are no longer averse to major expenditure – if it develops and improves public engagement. Keen interest in investing in low temperature treatments which could become part of the regular tour. Also thinking of doors open day where members can bring their infested items to freeze ( after signing a disclaimer, learn about IPM and conservation or perhaps something different when not in use? Could we do this?

- A comprehensive action plan to control the problem shall be at hand



# Slide 14: Moth shots

Why stop there? If some churches in the past have been able to sell bottles of frass to the public there is no reason why bespoke moth shots could not enhance the visitor experience. Its all in the telling.

Cheers.



# A novel strategy in the fight against wood pests: parasitic wasps versus furniture beetles

## Dr. Judith Auer

Project Management R&D

APC (Allround Pest Control) AG; Ostendstraße 132; 90482 Nuremberg, Germany

## Alexander Kassel

Managing Directorship

APC (Allround Pest Control) AG; Ostendstraße 132; 90482 Nuremberg, Germany

[alexander.kassel@apc-ag.de](mailto:alexander.kassel@apc-ag.de)

Corresponding author: [judith.auer@apc-ag.de](mailto:judith.auer@apc-ag.de)

## Abstract

Biological control using beneficial organisms is being increasingly applied in Integrated Pest Management. A new and effective strategy in the fight against the most common timber pest species in churches and museums, the furniture beetle (*Anobium punctatum*), is based on the use of a specific parasitic wasp species (*Spathius exarator*). The braconid wasp parasitizes its host species by piercing its ovipositor directly through the wood surface followed by oviposition onto the beetle larva. Adult wasps emerge through a tiny 0.5mm wide hole, which can be clearly distinguished from the 2mm wide hole of *A. punctatum*. The wasp also parasitizes the brown powderpost beetle (*Lyctus brunneus*).

In laboratory tests, the braconid wasps demonstrate an effective and fast parasitism of *A. punctatum* larvae of 100% after 2 months in unpainted wood, and after 6 months in painted wood. A female wasp has an average life span of 85 days and produces an average of 23.5 offspring.

Between 2012 and 2016, braconid wasps were introduced into 53 *A. punctatum* infested churches and museums. Six to eight treatments per year from May to October, for a period of at least two years, were performed. On precisely defined areas, the newly appeared exit holes of *A. punctatum* and *S. exarator* were counted at each treatment, and the predator-prey ratio was also calculated. In the first year of biological treatment, 1.59 *A. punctatum* per *S. exarator* eclosed (1:1.59). In the second year of treatment, the ratio was reduced to 1:0.19. In the third year, partially without additionally treatments, the ratio was 1:0.15. In comparison, 1:26.5 *A. punctatum* eclosed in untreated objects per year as described elsewhere (Haustein, T., 2010. Zur Diagnose und integrierten Bekämpfung Holz zerstörender Insekten unter besonderer Berücksichtigung der Bunkkäfer. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart).

The results demonstrate that biological control of the common furniture beetle with the braconid wasps is an efficient, sustainable alternative to conventional, polluting methods. However, an elaborated application program adapted to the respective conditions in the treated objects is necessary, since the type of wood, the strength of infestation, paint or prior insecticide treatments might influence the parasitization success of *S. exarator*.

## Key words

biological control, wood pest, cultural heritage, common furniture beetle, parasitic wasps

# Une stratégie originale dans le combat contre les nuisibles du bois: la guêpe parasitoïde contre la petite vrillette

## Dr Judith Auer

Project Management R&D

APC (Allround Pest Control) AG; Ostendstraße 132; 90482 Nuremberg, Germany

[judith.auer@apc-ag.de](mailto:judith.auer@apc-ag.de)

## Alexander Kassel

Managing Directorship

APC (Allround Pest Control) AG; Ostendstraße 132; 90482 Nuremberg, Germany

[alexander.kassel@apc-ag.de](mailto:alexander.kassel@apc-ag.de)

## Résumé

Le contrôle biologique à l'aide d'organismes bénéfiques est de plus en plus utilisé dans la gestion intégrée des contaminants biologiques. Une nouvelle stratégie efficace dans la lutte contre la petite vrillette – l'espèce la plus répandue des églises et des musées – réside dans l'utilisation d'une espèce de guêpe parasitique spécifique (*Spathius exarator*). Le braconide parasite son espèce hôte, en perçant avec son ovipositeur directement à travers la surface du bois, suivi d'oviposition sur la larve de la petite vrillette. Les guêpes adultes sortent par un minuscule trou de 0,5 mm en largeur, qui se distingue aisément du trou de 2 mm de largeur du *A. punctatum*. La guêpe parasite aussi le lyctus (*Lyctus brunneus*).

Lors des tests en laboratoire, les guêpes braconides démontrent un parasitisme efficace et rapide des larves *A. punctatum* de 100 % après 2 mois dans le bois non peint, et après 6 mois dans le bois peint. Une guêpe femelle a une durée de vie moyenne de 85 jours et produit en moyenne 23,5 descendants.

Entre 2012 et 2016 les guêpes braconides ont été introduites dans 53 églises et musées infestés. Six à huit traitements par an ont été réalisés, de mai à octobre pour une période d'au moins deux ans. Sur des surfaces définies avec exactitude, les trous de sortie de *A. punctatum* et *S. exarator* nouvellement apparus ont été comptés à chaque traitement, et le rapport prédateur-proie a été calculé. Pendant la première année de traitement biologique 1,59 *A. punctatum* per *S. exarator* ont éclos (1:1,59). Pendant la deuxième année de traitement, le rapport a été réduit à 1:0,19. Pour la troisième année, en partie sans traitement additionnel, le rapport a été 1:0,15. En comparaison, 1:26,5 *A. punctatum* ont éclos par an dans les objets non traités tel que c'est décrit ailleurs (Haustein, T., 2010. Zur Diagnose und integrierten Bekämpfung Holz zerstörender Insekten unter besonderer Berücksichtigung der Bunkkäfer. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart).

Les résultats démontrent que le contrôle biologique de la petite vrillette par les guêpes braconides est une alternative efficace et durable aux méthodes conventionnelles et polluantes. Cependant, il est nécessaire d'élaborer un programme d'application adapté aux conditions respectives des objets traités. Effectivement, le type de bois, l'importance de l'infestation, et la présence de peinture ou de traitements insecticides antérieurs pourraient influencer le succès de parasitisation de *S. exarator*.

## Mots clefs

contrôle biologique, nuisibles du bois, patrimoine culturel, petite vrillette, guêpe parasite

# 1. Introduction

The common furniture beetle, *Anobium punctatum* (Anobiidae) is considered the most prevalent and most destructive wood pest species in northern Europe (Child & Pinniger, 2014). It infests the sapwood of almost all domestic conifer and deciduous wood species as well as several tropical woods (Paul *et al.*, 2008), causing huge economical damage by degrading ancient wooden inventories in historical buildings like churches and museums. Adult beetles hatch once a year between May and August and live for a period of 20 to 30 days. After mating, female *A. punctatum* lay 20 to 50 eggs in crevices or old exit holes in the wood (Child and Pinniger, 2014; Pinniger and Child, 1996). After 15-25 days, *A. punctatum* larvae hatch and feed through the wood for two to five years, depending on temperature, wood moisture and nutrition (Becker, 1940; Pinniger and Child, 1996). Adult larvae feed towards the surface and gnaw a pupal chamber where they pupate for two to three weeks. Emerging beetles feed through the remaining wood, leaving a characteristic exit hole of about one to two mm in diameter (Pinniger and Child, 1996).

*Anobium punctatum* beetles are highly philopatric, laying their eggs at the same wooden objects for many generations and thus causing the highly destructive effects decomposing the wood up to a third of the original wood structure (Becker, 1940; Becker, 1942).

Conventional control methods are often costly, extensive or, because of their high toxicity, even unwanted. As an alternative, biological pest control, including the application of natural antagonists of pest species, becomes more and more important.

Although a number of natural enemies of *A. punctatum* has been known for a long time, their utilization as agents in biological pest control failed due to the lack of a successful mass rearing method (Haustein, 2010; Lygnes, 1956; Schmidt, 1952).

To study the frequency of the different antagonists of *A. punctatum*, infested wood from different barns and cellars was brought into eclectors and all eclosing animals were determined and counted in the laboratory of the APC AG. Besides 388 individuals of *A. punctatum* and some antagonists in low numbers [e.g. the beetles *Opilio domesticus* (n=12), *Corynetes coeruleus* (n=15) and *Anthocomus bipunctatus* (n=11) and the wasp *Cerocephala cornigera* (n=8)], the parasitoid wasp *Spathius exarator* (Braconidae) with 1878 hatched individuals was found to be by far the most frequent antagonist of *A. punctatum* (Auer and Kassel, in prep.). Thus, a stable mass rearing of *S. exarator* was established in the laboratory of APC AG and in 2012, first *A. punctatum* infested objects were treated with this parasitoid (Auer and Kassel, 2014) and first laboratory and practical results were published (Kassel and Auer, 2015). Since then a total of 53 *A. punctatum* infested churches was or is currently treated with *S. exarator*.

## 2. Methods and Material

### 2.1 Life cycle of *S. exarator*

*Spathius exarator* has a body size of five mm and an ovipositor of about the same size (figure 1). Female wasps localize the larvae of *A. punctatum* through their movement and their gnawing within the wood, drill the ovipositor through the wooden surface and paralyze the beetle larvae (figure 2A). Then they lay a single egg onto the larvae (figure 2B). After three to five days, a *S. exarator* larva hatches and feeds from the *A. punctatum* larva, eventually killing it (figure 2C). The *Spathius* larva pupates (figure 2D) and, 28 to 30 days after oviposition, an adult wasp hatches (figure 2E). Adult *S. exarator* eclose through their own, 0.5 mm wide exit hole, which can be easily distinguished from the bigger exit hole of *A. punctatum* (figure 3).

### 2.2 Life span and number of offspring

To study the life span and number of offspring of female *S. exarator*, 12 females with a maximum age of 24 hours were separated in plastic bottles (diameter: 7,5 cm, height: 22 cm). The bottle openings were closed with cotton wool, through which half of the wasps were fed with a 20% honey solution, the other half were provisioned with water only. To ensure mating, two male wasps were brought into each bottle. Each wasp was offered daily a piece of bread equipped with about 20 larvae of *Lasioderma serricorne* for oviposition. (Because of the long development time of *A. punctatum*, *S. exarator* wasps in the laboratory are bred on a substitute host, the tobacco beetle, *L. serricorne*. As breeding substrate, dried baguette breads are used.) After a period of 28 days up

to the death of the wasps (i.e. the end of the experiment), food and breads were exchanged every second day. Breads, removed from the bottles, were marked with date and origin and incubated at 22°C and 60% relative humidity until new *S. exarator* hatched. Life span, number of offspring per day and total number of offspring were documented for each wasp.

## 2.3 Parasitization of *A. punctatum* in painted and unpainted wood

To study the effect of paintings on the parasitization success of *S. exarator*, 20 small test lumbers (5x1.5x1.5 cm) were equipped with larvae of *A. punctatum* (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin). Ten test lumbers (5x pine, 5x spruce) were painted with commercial varnish (OBI, 2 in 1 Buntlack). The other half was not painted and served as a control. Five painted or five unpainted test lumbers of each kind of wood were placed into plastic faunariums (23x15.3x16.5 cm) with air permeable cover and gaze between box and cover. Ten female and 5 male wasps were added to each box at experimental day 0 and 132. Plastic faunariums were incubated in the laboratory at 18 h daylight, 6 h darkness, 22°C and 60% relative humidity. The number of new exit holes of *S. exarator* and *A. punctatum* were documented at irregular intervals. After a period of six months, test lumbers were disintegrated into small shavings using a pry bar, which were examined for living and dead woodworm larvae as well as for potentially present, incompletely developed *S. exarator*. By counting the exit holes of parasitoid and host and, after the fragmentation of the test lumbers, the number of surviving *A. punctatum* larvae and incompletely developed *S. exarator*, the number of originally available *A. punctatum* could be concluded and the parasitization rate was calculated as follows:

$$\frac{\text{(number of newly hatched } S. \text{ exarator)}}{\text{(number of originally available } A. \text{ punctatum larvae within the test lumbers)}}$$

## 2.4 Parasitization of *Hylotrupes bajulus* and *Lyctus brunneus*

Besides *A. punctatum*, the brown powderpost beetle, *Lyctus brunneus* (Bostrichidae) and the European house borer, *Hylotrupes bajulus* (Cerambycidae) represent important wood pest species. In preliminary laboratory experiments, we studied the ability of *S. exarator* to parasitize and kill *L. brunneus* and *H. bajulus*.

### 2.4.1 *Lyctus brunneus*

A *L. brunneus* infested veneer cupboard was divided in parts of equal size and infestation, using the number of existing exit holes of *L. brunneus* as a measure for the intensity of infestation. Evenly infested parts were divided into two plates of equal size (21x18x2 cm) and distributed into two plastic faunariums (26x17x16 cm) with air permeable cover and gaze between box and cover. In this way, eight faunariums were prepared. One of the corresponding boxes was equipped with 10 female and 5 male *S. exarator* each, the second box served as a control without the addition of wasps. Over a period of 19 months, parasitoids were added three times (10 females, 5 males each). At irregular intervals, the number of newly hatched *S. exarator* and *L. brunneus*, as well as the number of heaps of drilling dust were documented.

### 2.4.2 *Hylotrupes bajulus*

Six test lumbers, containing one larva of *H. bajulus* each, were equally distributed onto two plastic boxes (23.5x15.3x16.5 cm) with air permeable cover and gaze between box and cover. One set of test lumbers served as a control, without the addition of *S. exarator*. To the second one 10 male and 5 female *S. exarator* were added twice, at an interval of 4.5 months. The number of newly hatched *S. exarator* and *H. bajulus* as well as the amount of drilling dust, produced by *H. bajulus* were documented in irregular intervals. The amount of drilling dust was measured using a 14ml plastic falcon (Scienova). After a period of 8 months, test lumbers were splitted into small shavings using a pry bar und checked for larvae of *S. exarator* and *H. bajulus*.

## 2.5 Commercial use and monitoring of success

The first treatments of *A. punctatum* infested churches started in summer 2012. Until fall 2016, a total of 53 objects was or is currently treated. Over a period of about two years, around six treatments were conducted in four-week intervals between May and October. Depending on the intensity of the infestation, four to ten units, containing around 100 *S. exarator* (20% males) were released at infested wooden objects within the buildings (figure 4). Each treatment was accompanied by a monitoring of success: At exactly defined areas, the number of existing exit holes of *S. exarator* and *A. punctatum* were counted before the first treatment started. Before

each release of *S. exarator*, the number of newly appeared exit holes of host and parasitoid was documented. Each *A. punctatum* exit hole represents a surviving, each *S. exarator* exit hole a killed beetle. Using these data, the yearly reduction of new *A. punctatum* exit holes was calculated. Since the eclosion of *A. punctatum* takes place between June and August and so far, no monitoring was conducted in the year before the first treatment, the reduction of newly eclosed furniture beetles can be only calculated after the second year of treatment. After a two years period of intensive treatment, the monitoring of success was continued and, if necessary, further single treatments were conducted.

Here we present the results of the monitoring in the representative church N, which was treated with *S. exarator* since 2012. In 2012 and 2013, six and eight releases were conducted respectively. In 2014 and 2015 a monitoring of success without the release of wasps was conducted once a year. In 2016, two treatments with monitoring took place. Two benches in the pewage with a total surface of 400x40 cm were used as monitoring area. Per treatment about 4 units of wasps were released.

Additionally to the reduction of eclosing furniture beetles, the predator-prey relationship was calculated as the number of hatched beetles per hatched wasp and was compared with published data from untreated, *A. punctatum* infested objects.

## 2.6 Statistics

Statistical analyses were conducted using the software PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis (version 2.12; Hammer *et al.*, 2001). Figures were made with Microsoft excel or the Microsoft excel add in SSC-Stat (Statistical service centre, University of Reading, UK).

## 3. Results

### 3.1 Life span and number of offspring

With a life span of 52 to 96 days ( $84.5 \pm 15.45$ , mean  $\pm$  standard deviation), *S. exarator* fed with honey solution lived significantly longer than unfed animals, living 16 to 21 days ( $17.5 \pm 2.75$ , mean  $\pm$  standard deviation; Mann-Whitney U-test,  $p=0.002$ ). Fed animals laid eggs until a maximum age of 60 days ( $39 \pm 18.92$ , mean  $\pm$  standard deviation), while unfed wasps laid eggs until a maximum age of 15 days ( $12 \pm 2.58$ , mean  $\pm$  standard deviation). Fed animals also had a significantly higher number of offspring ( $23.5 \pm 14.47$ ) compared to unfed animals ( $5.83 \pm 3.39$ ; Mann-Whitney U-test,  $p=0.048$ ). 81.25% of the offspring were females, 18.75 males. However, this distribution between the sexes depends on the size of the parasitized anobiid larvae, whereupon smaller larvae lead to a higher proportion of male *S. exarator* (personal observation). The mean number of ovipositions per day was 0.3 with a maximum number of three ovipositions per day in both groups.

### 3.2 Parasitization of *A. punctatum* by *S. exarator* in painted and unpainted wood

After a period of six months, all *A. punctatum* larvae were parasitized and killed by *S. exarator*. Disintegration of the test lumbers revealed no living larvae of *A. punctatum*. However, parasitization took longer in painted compared to unpainted wood. While the parasitization rate reached 100% in unpainted wood after a period of about two months (69 days), parasitization rates of 65% in painted wood were significantly lower at experimental days 69, 117 and 132 (Mann-Whitney U-test,  $p=0.01$ ; figure 5). A parasitization rate of 100% in painted wood was reached at experimental day 169 (about six months). Disintegrating the control lumbers after the end of the experiment, all *A. punctatum* were found alive, proving optimal developmental conditions for *A. punctatum*.

### 3.3 Parasitization of *L. brunneus* and *H. bajulus*

#### 3.3.1 *Lyctus brunneus*

Over the experimental period of 19 months, a total of 147 adult *L. brunneus* hatched from the control veneer plates without the addition of *S. exarator*. However, in the presence of *S. exarator*, only 18 new beetles eclosed. Moreover, *L. brunneus* larvae expelled significantly more drilling dust in the absence of *S. exarator* (331 drilling dust heaps) than in its presence (147 drilling dust heaps). During the experiment, a total of 17 adult *S. exarator* (15 small males, two females) hatched from the veneer plates, representing 17 parasitized *L. brunneus* larvae.



Remarkably, the developmental time of *S. exarator* on the larvae of *L. brunneus* seems at least partly delayed compared to *A. punctatum*: The last addition of wasps took place at the 15th of January 2016. Female *S. exarator* without any provision have a maximum life span of three weeks, i. e. the last oviposition should have happened around the 5th of February 2016, and, with a normal developmental time, new wasps should have emerged in the beginning of March. Between March 2016 and February 2017, only male *S. exarator* hatched from the veneer plates, making new ovipositions after the beginning of February 2016 impossible and thus an eclosion after the beginning of March 2016. However, newly hatched, male *S. exarator* were found in June, August and October 2016. Thus, the developmental time on *L. brunneus* larvae from oviposition to eclosion seems to be prolonged to 4 to 8 months.

### 3.3.2 *Hylotrupes bajulus*

During the 8 months of the experiment, neither new *H. bajulus* beetles, nor *S. exarator* hatched from the test lumbers. Disintegrating the test lumbers revealed all *H. bajulus* alive. Thus, no parasitization of *H. bajulus* by *S. exarator* took place. However, in the presence of *S. exarator*, *H. bajulus* larvae expelled clearly less drilling dust (2.2 ml) than in its absence (12.5 ml).

## 3.4 Application program and monitoring

Church N was treated with *S. exarator* six times in 2012 and eight times in 2013. After this period of intensive treatment, monitoring was continued to control the infestation. Figure 6 shows the number of newly appeared exit holes of *A. punctatum* in the monitored area of the pewage. The results show a reduction from 25 *A. punctatum* exit holes after the first to ten after the second year of the treatment, representing a reduction of 60%. No new exit holes of *A. punctatum* appeared in the third and fourth year, where no *S. exarator* were released, representing a reduction of 100%. However, in the fifth year, after a two years period without treatments, ten new *A. punctatum* beetles hatched in the monitored area, resulting in a net reduction of 60% from the first to the fifth treatment year. Because of the recurrence of new exit holes of *A. punctatum*, two further *S. exarator* treatments were conducted in 2016.

The number of *S. exarator* exit holes represents the number of parasitized *A. punctatum* larvae. In the first two years, a total of 128 anobiid larvae were parasitized in the monitored area (figure 7). In the third year, 22 new *S. exarator* exit holes appeared, even though no treatments were conducted in this year. In the fourth year, no parasitization was detected. After two single treatments in the fifth year, 17 further *A. punctatum* larvae were parasitized. Thus, during the hole treatment period, a total of 167 *S. exarator* hatched in the monitored area and just as much *A. punctatum* larvae were killed.

Previous studies in untreated objects revealed a yearly predator-prey ratio of 26.5 eclosed *A. punctatum* beetle per hatched *S. exarator* wasp (n=25; Haustein, 2010). Predator-prey relationship in *S. exarator* treated churches, with an average of 5.34 treatments per year, was 1.59 beetles per wasp after one year of treatment (n=22). After the second year, with an average of 5.41 treatments per year, predator-prey relationship further decreased to 0.19 beetles per wasp (n=13) and further decreased to 1:0.15 after the third year of treatment (n=7) with an average of 3.7 treatments per year. However, after the fourth year, in which the churches were not treated at all or only single treatments were performed (average of 0.7 treatments per year), the predator-prey-ratio slightly increased to 1:1.2 (n=3; figure 8).

## 4. Discussion

### 4.1 Laboratory experiments

*Spathius exarator* fed with honey solution had a longer life span, laid eggs for a longer time and produced more offspring than unfed animals. The maximum number of offspring per day was 3 for both groups, suggesting the higher number of offspring in the fed group results only from the longer life span. Provisioning of the wasps in the laboratory increases the number of offspring and thus raises the breeding success. If possible, a provision of *S. exarator* in the treated objects should be considered, to increase the parasitization rate. Moreover, with the knowledge of the number of offspring, the number of released *S. exarator* in the treated objects can be adapted to the infestation level. However, experiments were conducted on the substitute host *L. serricornis*. It is not known if the number of offspring varies on the natural host *A. punctatum* and should be studied separately.

*Spathius exarator* parasitized *A. punctatum* in painted and in unpainted test lumbers, however, untreated wood seems to be preferred: while, after a period of two months and one single addition of wasps, all larvae of *A. punctatum* were parasitized in unpainted wood, in painted wood parasitization of all furniture beetle larvae took six months.

Larvae of *L. brunneus* were killed by *S. exarator* effectively. In the presence of *S. exarator*, just 18 adult *L. brunneus* beetles hatched during the 19 months of the experiment, while in the control plates a total of 147 new beetles hatched. Also, the number of drilling dust heaps, expelled by the beetle larvae while feeding through the wood was lower in the presence of *S. exarator*. However, at the end of the experiment, only 17 adult *S. exarator* had developed on the larvae of *L. brunneus*, indicating a partial parasitization of the brown powderpost beetle. Moreover, compared to the parasitization of anobiid beetles, the proportion of males was clearly higher (88.24% compared to 18.75% on anobiid beetles). Parasitizing *A. punctatum*, the size of the adult wasps depends on the size of the parasitized larva (Lyngnes, 1956). The same is true for the development on the substitute host *L. serricornis*, whereas the parasitization of smaller host larvae also often results in the development of male *S. exarator* (personal observation). Possibly, larvae of *L. brunneus* were too small or provided not enough resources for a complete development of adult *S. exarator*. Furthermore, the developmental time of *S. exarator* on larvae of *L. brunneus* was clearly prolonged. There might be further, incompletely developed *S. exarator* within the veneer plates, which were not found under the experimental conditions.

Although, larvae of *H. bajulus* expelled clearly less drilling dust in the presence of *S. exarator* compared to control larvae without the addition of wasps, no parasitization took place. Disintegrating the test lumbers after the end of the experiment revealed all beetle larvae alive. Larvae of *H. bajulus* might have recognized the presence of the parasitoid and fed deeper within the test lumbers, so that the produced drilling dust did not trickle from the wood. In this case, parasitization might be prohibited because *S. exarator* could not reach the larvae with its ovipositor. However, larvae of *H. bajulus* reach a size of 30 mm, compared to a maximum size of 6 mm in *A. punctatum* larvae. Thus, it might also be possible, that *S. exarator* indeed pinpointed and pierced the beetle larvae, though the injected poison was not potent enough to completely paralyze it. The restricted motivity of the beetles might result in a lower amount of drilling dust, but did not allow permanent contact between the larvae of wasps and beetles. Thus, while *S. exarator* seems to kill but only incompletely parasitizes *L. brunneus*, *H. bajulus* is not parasitized. Thus, a commercial application of *S. exarator* at least against *H. bajulus* seems not possible.

## 4.2 Practical results

Monitoring of the practical application of *S. exarator* in *A. punctatum* infested objects showed good results. Already after a single year of treatments, the predator-prey-relationship clearly decreased in favor of the parasitoid wasps. The number of newly appeared exit holes of *A. punctatum* in the monitored area of church N decreased by 100% after a two years treatment period. However, after two more monitoring years, without new releases of *S. exarator*, a few new *A. punctatum* exit holes appeared, resulting in a net reduction of 60% between the second and fifth treatment year. The reduction of *A. punctatum* can be attributed to the parasitization activity of *S. exarator*, since, parallel to the decrease of new Anobiids, the number of new *S. exarator* exit holes increased. The fact that new exit holes of *S. exarator* still appeared after a one-year period without any releases also shows that *S. exarator* is able to develop autonomously within the treated objects and to colonize them at least for a certain time. However, the recurrence of new *A. punctatum* exit holes also shows the necessity of a sophisticated release protocol.

Due to the natural predator-prey-relationships, biological pest control cannot result in the total extinction of the pest species (Graf, 1992; Querner, 2017). The purpose of biological control methods is rather the regulation of the infestation under a certain, preassigned minimal infestation level (Haustein, 2010). Especially in the light of the infestation pattern of *A. punctatum*, with its long developmental time and the recurring infestation of the same objects, resulting in multiple generations of larvae within a single object, a continuous monitoring with few single treatments is strongly recommended after an intensive treatment period.

The parasitization success of *S. exarator* seems to depend on different factors like the intensity of infestation, paintings or previous insecticide treatments. Further laboratory experiments will reveal the effects of these factors, to allow the adaptation of the release protocol to the respective conditions in the infested objects.

## 5. Conclusion

In summary, laboratory and practical tests show a fast and effective parasitization of *A. punctatum* by the parasitoid wasp *S. exarator*. Nevertheless, further experiments as well as more practical experience is required, to develop a continuous control program against *A. punctatum*.

## 6. Acknowledgements

The authors would like to thank Deborah Schweinfest for technical and scientific assistance.

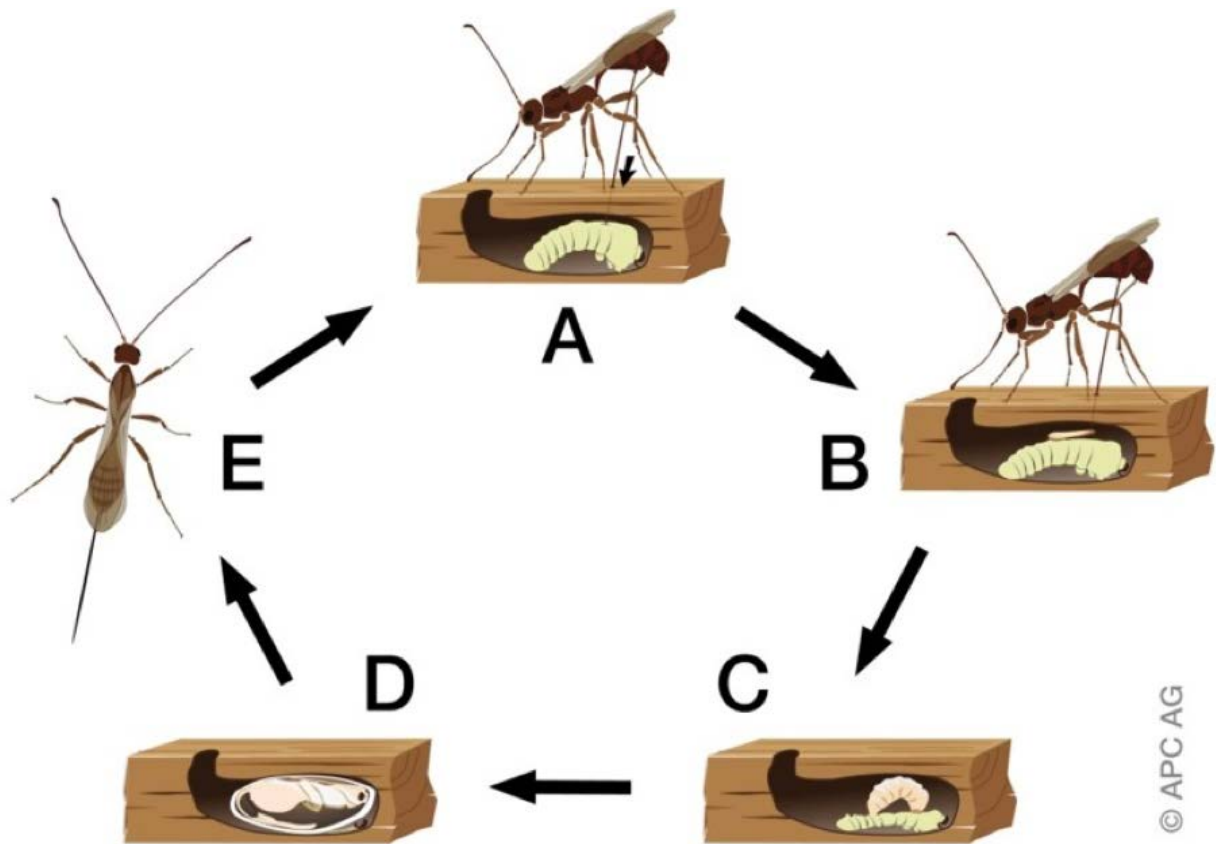
## 7. References

- Auer, J. and Kassel, A. 2014. Braconid Wasps: A Biological Control Method for the Common Furniture Beetle. In: Müller, G., Pospischil, R., and Robinson W.H. (ed.) Proceedings of the 8th International Conference on Urban Pests: 335-340.
- Becker, G., 1940. Beobachtungen über Schädlichkeit, Frass und Entwicklungsdauer von *Anobium punctatum* De-Geer ("Totenuhr"). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Vol. 50, No3/4, 159-172.
- Becker, G, 1942. Ökologische und physiologische Untersuchungen über die holzerstörenden Larven von *Anobium punctatum* de Geer. Z Morphol Tiere 39 (2), 98-152.
- Child, R. E., Pinniger, D. E., 2014. Current status and treatments for *Anobium punctatum*. Proceedings of the 8th International Conference on Urban pests, 20-23 July 2014, Zurich, Switzerland. 329-333.
- Graf, E., 1992. Biologischer Holzschutz – Möglichkeiten und Grenzen, in: Deutsche Gesellschaft für Holzfor-schung (Hrsg.) DGfH 19. Holzschutz-Tagung, Rosenheim.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp.
- Haustein, T., 2010. Zur Diagnose und integrierten Bekämpfung Holz zerstörender Insekten unter besonderer Berücksichtigung der Buntkäfer. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- Kassel, A. and Auer, J. 2015. A new biological control method for the common furniture beetle, *Anobium punctatum*. In: Integrated Protection of Stored Products. IOBC-WPRS Bulletin Vol. 111, 2015 pp. 455-461.
- Lygnes, R., 1956. Zur Kenntnis der Biologie von *Spathius exarator* L. (Hym., Bracon.). Z. angewandte Entomologie 38, 73-81.
- Paul, F., Prozell, S., Schöller, M., 2008. Monitoring natürlicher Feinde des Gemeinen Nagekäfers, *Anobium punctatum*. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 16, 323-326.
- Pinniger, D. E., Child, R. E., 1996. Woodworm – A necessary case for treatment? New techniques for the detection and control of furniture beetle. Proceedings of the Second International Conference on Urban Pests, 1996, 353-359.
- Querner, P., 2017. Success and failure in biological pest control with the larval parasitoid *Lariophagus distinguendus* in museums and historic buildings. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Urban Pests, 2017, submitted.
- Schmidt, H. 1952. Holzschädlingstafeln: *Anobium punctatum* De Geer, Zeitschrift HOLZ als Roh- und Werkstoff, 10.Jg., Heft 3: 119-120.



**Figure 1:** Female *Spathius exarator*

The wasp drills its ovipositor into a wooden surface to paralyze an *Anobium punctatum* larva and to lay an egg onto it.



**Figure 2:** Life cycle of *Spathius exarator*

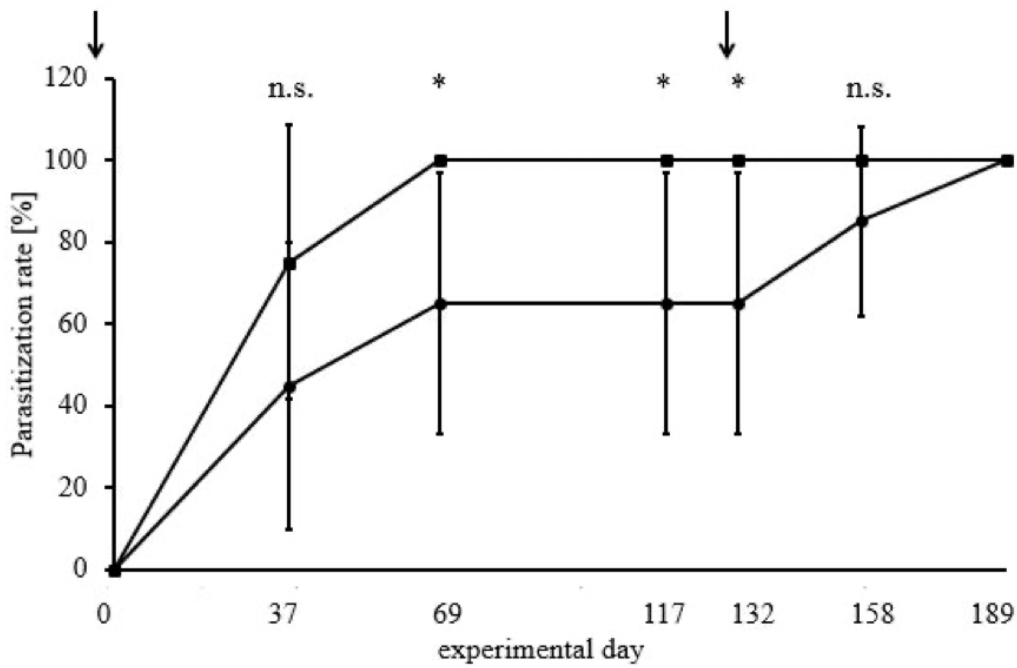
The braconid wasp localizes its host within the wood, paralyzes it (A), followed by oviposition onto the *Anobium punctatum* larva (B). Wasp larvae feed from the beetle larvae (C). Anobiid larvae eventually die and *Spathius exarator* larvae pupate (D) and hatch about 28 to 30 days after oviposition.



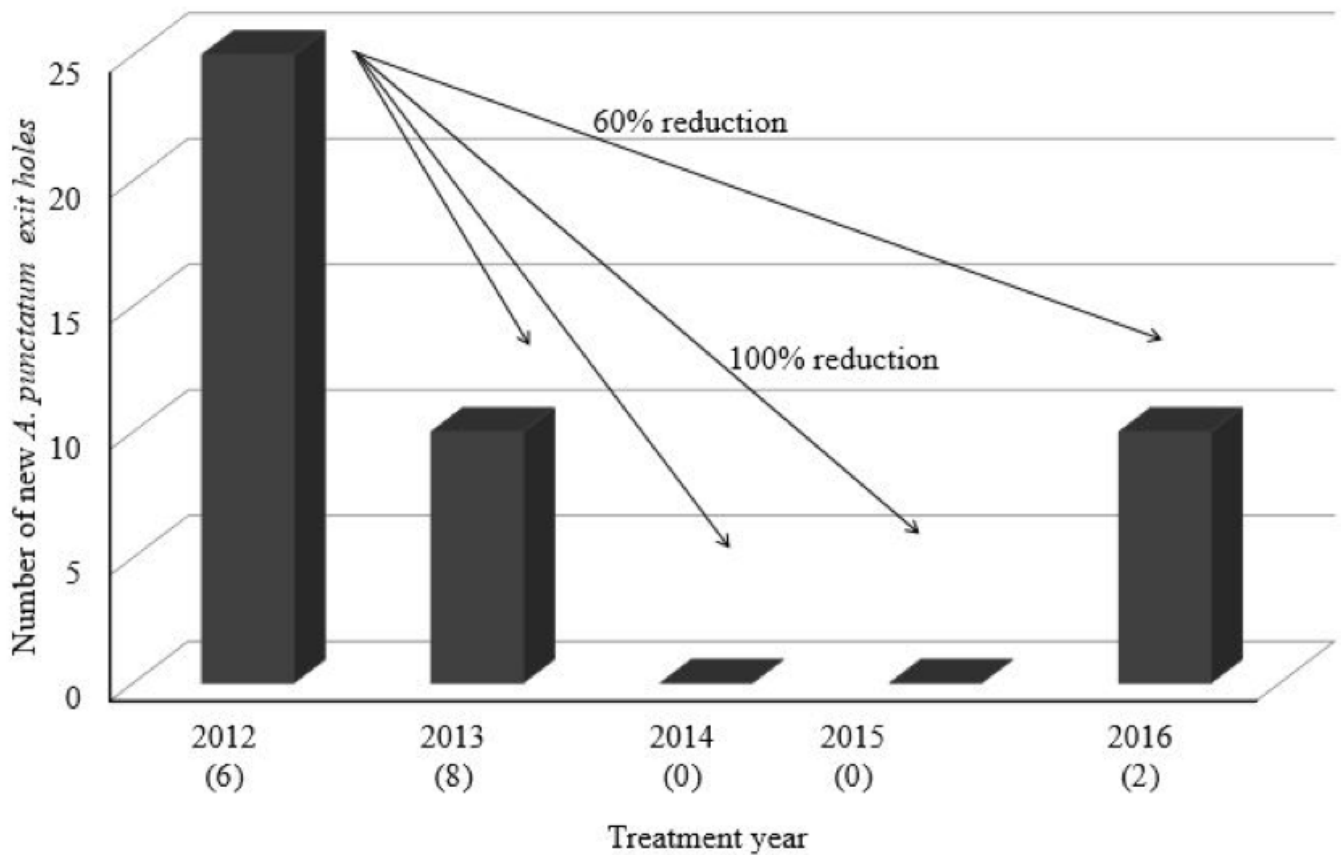
**Figure 3:** Exit holes of *Anobium punctatum* and *Spathius exarator*  
The exit holes of *Anobium punctatum* (about 2 mm) and *Spathius exarator* (about 0.5 mm; marked with a circle) are due to their differences in diameter clearly distinguishable and can be used as a measure for the monitoring of success.



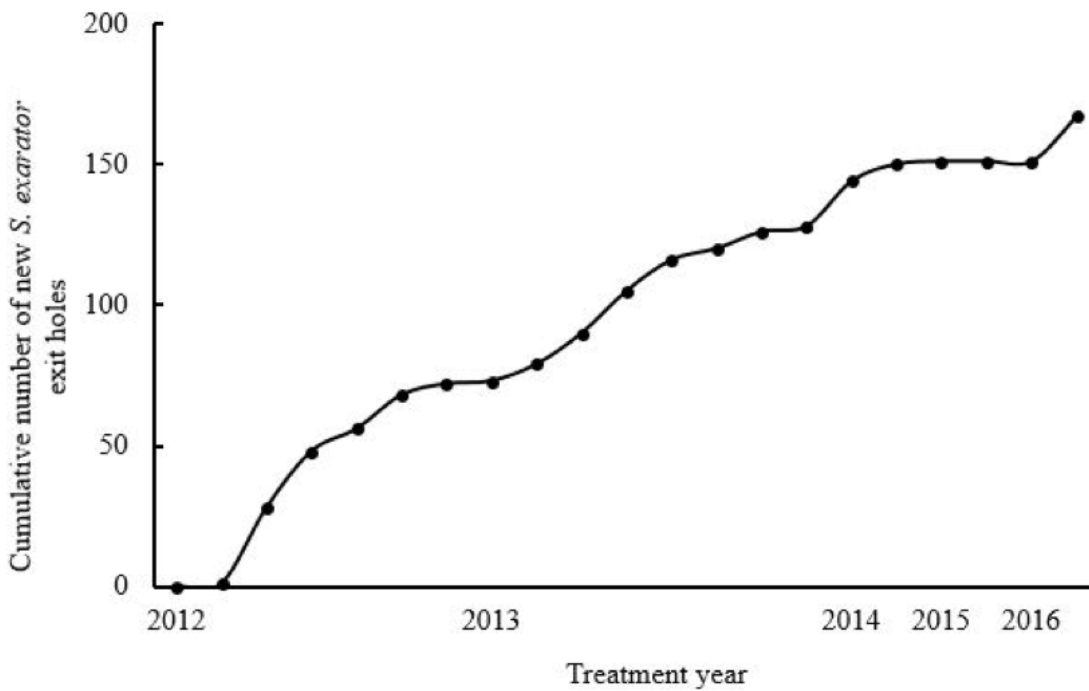
**Figure 4:** Release of *Spathius exarator*  
Depending on the infestation level, four to ten units, each containing about 100 wasps are released at infested objects within the treated buildings.



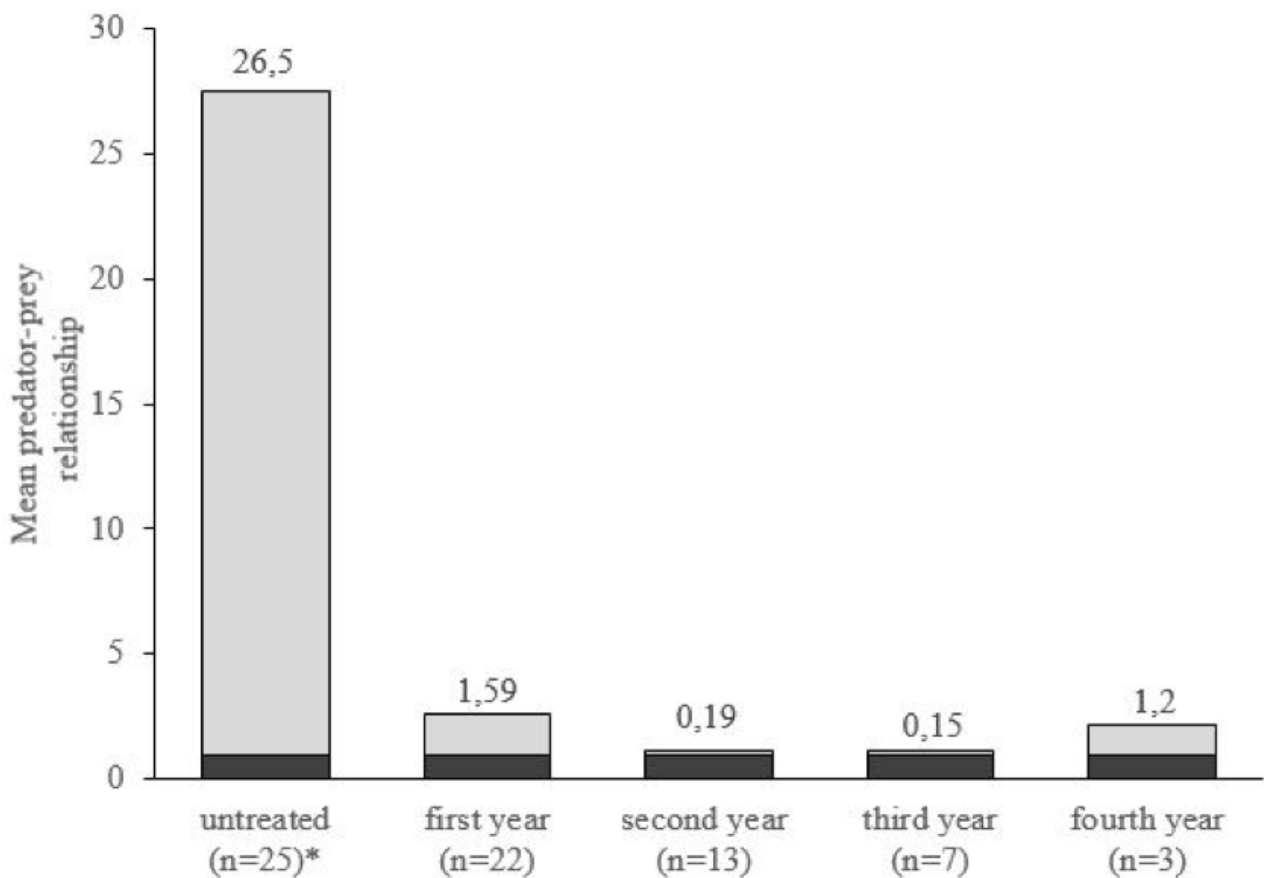
**Figure 5:** Parasitization rate in painted versus unpainted wood  
 Parasitization rate of *Anobium punctatum* in painted (black circles) and unpainted wood (black squares). Parasitization rate was significantly higher in unpainted compared to painted wood on experimental day 69, 117 and 132 (Mann-Whitney U Test;  $p = 0.01$ ). Arrows indicate the date of the addition of *Spathius exarator*.



**Figure 6:** Reduction of *Anobium punctatum* infestation in church N  
 Number of new exit holes of *Anobium punctatum* in the monitored area of the pewage in church N. Numbers in brackets represent the number of treatments for the respective year.



**Figure 7:** Increase of *Spathius exarator* activity in church N  
 Cumulative number of newly appeared exit holes of *Spathius exarator* in church N over the five-year treatment period.



**Figure 8:** Predator-prey relationship  
 Average predator-prey-relationship (number of hatched *Anobium punctatum* per hatched *Spathius exarator*) in untreated objects (Haustein, 2010) and objects treated with *Spathius exarator* up to four years. The mean number of treatments per year were 5.3, 5.4, 3.7 and 0.7 for treatment years 1, 2, 3 and 4 respectively. Numbers in brackets represent the number of objects.

# Cheap, easy and faster pest eradication treatments: a comparison of freezing, anoxia with oxygen scavengers and nitrogen fumigation

---

**Sophie Fürnkranz**

IPM and Textile Conservation,  
Weltmuseum Wien, Heldenplatz, 1010 Vienna  
*sophie.fuernkranz@weltmuseumwien.at*

## Abstract

With this study, I would like to encourage museum professionals to start pest treatments in-house by themselves. Therefore, I want to demystify the commonly held view that pest control treatments are expensive, time consuming and too difficult to execute without hiring external pest contractors.

Low temperature treatment and oxygen scavenger treatment (practiced at Weltmuseum Wien) as well as nitrogen gas treatment (carried out at the Federal Monuments Authority Austria – Bundesdenkmalamt [BDA]) are described step by step. Illustrated by tables, the data related to process set up, required man-power and costs as well as the applicability of all three pest eradication treatments are compared.

## Key words

pest control, pest eradication, pest eradication treatments, freezing, anoxia, low temperature treatment, oxygen scavenger treatment, nitrogen fumigation



# Des traitements d'éradication de nuisibles bon marché, plus rapides et facilement réalisables. Étude comparative de la congélation, de l'anoxie avec désoxygénant et de la fumigation à l'azote

**Sophie Fürnkranz**

IPM and Textile Conservation,  
Weltmuseum Wien, Heldenplatz, 1010 Vienna  
[sophie.fuernkranz@weltmuseumwien.at](mailto:sophie.fuernkranz@weltmuseumwien.at)

## Résumé

Par cette étude, je voudrais encourager les professionnels des musées à réaliser les traitements de nuisibles, sur place et sans intervention extérieure. Par conséquent, je voudrais démystifier l'opinion courante, relative au fait que les traitements antiparasitaires seraient coûteux, longs et trop difficiles à réaliser sans embaucher des spécialistes externes.

Le traitement à basse température et le traitement par privation d'oxygène pratiqués au Weltmuseum à Vienne et le traitement à l'azote effectué à l'Autorité des monuments fédéraux d'Autriche - Bundesdenkmalamt [BDA] sont décrits étape par étape et illustrés par des tableaux. Les données, relevant de la mise en œuvre du processus, de la main-d'œuvre et du coût requis, ainsi que de l'applicabilité des trois traitements, sont comparées dans cette étude.

## Mots clefs

contrôle des nuisibles, éradication des nuisibles, traitement d'éradication des nuisibles, congélation, anoxie, traitement à basse température, traitement par privation d'oxygène, fumigation à l'azote



**Fig. 1:** Weltmuseum Wien.

Weltmuseum Wien is famous for its old and large ethnological collections. The museum is currently closed due to renovations and will open its doors to an exciting permanent exhibition in 14 galleries as well as several temporary exhibitions on 25 October 2017.

## 1. Introduction

Weltmuseum Wien (WMW) – situated in the heart of Vienna – is one of the most important ethnological museums of the world (see fig. 1). In 2002 we started implementing IPM at WMW. Always struggling with a very limited IPM budget, we could neither afford an IPM expert, nor a permanently installed in-house nitrogen fumigation chamber.

That was the reason why I started with low temperature treatment in combination with oxygen scavenger treatment. Since beginning with pest eradication treatments I kept all my data recorded. In preparation for the possible future use of an in-house mobile nitrogen fumigation tent I started collecting information on this subject. The Bundesdenkmalamt (BDA; Federal Monuments Authority Austria) has a long time experience with mobile nitrogen gas treatment systems and Robert Linke was so kind to introduce me to this treatment method step by step by sharing his knowledge.

Each process of the three pest treatment methods is described. The recorded data are interpreted to demonstrate the workflow, investment and running costs, required man-power and time, when carried out by members of staff. In addition, the pros and cons of each treatment method are compared and their applicability is discussed.

## 2. Description of three pest treatment methods, which can easily be done by museum staff

### 2.1. Low temperature treatment at WMW.

For low temperature treatment I use two ordinary household chest freezers. My empty freezers are able to freeze down to  $-26^{\circ}\text{C}$ . Keep in mind that the temperature increases with the amount of loading. Inside very large

object-packages the temperature is even higher.

My loosely loaded freezers have a temperature around -25 to -22 °C.

Objects coming from cool areas must at first be acclimatized to room conditions for at least one month to avoid that some insects survive the subsequent freezing process. Before freezing, every object is wrapped in at least three to four layers of acid free tissue paper or in cotton blankets to prevent condensation on objects surfaces. The wrapped object is tightly packed in a bag of polyethylene film which is closed with clips or adhesive tapes. Because frozen plastic films are able to stick to other surfaces, I coat the wrapped object in addition into blankets or towels. It is important to avoid direct contact to freezer walls and floor, to offer enough space for free air circulation. Using boxes and trays makes handling the frozen objects easier and prevents damage by breaking. Objects of WMW are frozen at below -20 °C for 14 days. Very thin textiles or paper objects stay in the freezer for only one week. Massive wooden objects, however, are frozen for at least one month, to make sure, that wood boring insects are eliminated in all stages. For thawing I bring the frozen objects to a separate room – to prevent reinfestation – before unwrapping for one to four days.

## 2.2. Oxygen Scavenger Treatment at WMW

The other method we use at WMW is the generation of anoxic conditions with oxygen absorbers. All materials that should not be frozen as well as those who are too big for the freezer are treated in impermeable anoxia bags. In the beginning I used metalized oxygen barrier films. Sealing this kind of foil turned out to be difficult, as it develops cracks easily and becomes leaky.

Nowadays, I rely on laminated EVOH films instead. I use an Austrian product called Styria Bar, which was tested as the best of its kind. For sealing bags and tents I use an impulse heat sealer.

Experimenting with different oxygen absorbers, I work only with ZerO2 oxygen scavengers and DesiPak desiccant bags since 2012. The best result of combining these two products is gained by the use of one TME DesiPak for one sixth of ZerO2, simultaneously considering the correct relation of their amount to the bag volume. ZerO2 is delivered in sealed plastic bags containing two units with six connected packs of oxygen scavenger. I cut them in six pieces and use only the needed amount for the treatment. The rest is sealed immediately.

DesiPak is easy to regenerate in an oven, oxygen scavengers can be used only once.

With thermo hygrometers the climatic conditions (temperature and relative humidity) are monitored. The residual oxygen level is tested by an oxygen meter. After analyzing the puncture caused to the foil must be sealed properly.

Depending on the volume of the bag and the size and material of the objects the process takes three to six weeks at a constant room temperature above 22 °C and a residual oxygen level of 0.1 - 0.3 % at WMW.

I use anoxia bags with the size of 80 by 110 cm and bigger ones with 110 by 140 cm. These bags are kept in cardboard boxes to make their handling easier. For saving space I stockpile them one on top of each other.

For fragile and large objects I use special bags and constructions. The smaller the bags are the more successful is the treatment. In my experience, tents bigger than five cubic meter do not work properly.

If infested objects cannot be transported, they are treated in-situ in the storage. Reviewing the actual working time of the treatment process, the mounting of the objects inside the bags often is more time-consuming than the preparation of air-tight bags.

## 2.3. Nitrogen Gas Treatment at Bundesdenkmalamt (BDA)

The third method I want to introduce is nitrogen gas treatment. This method cannot be practiced at WMW, therefore, I decided to cooperate with an institution who is operating nitrogen fumigations for a long time – and who uses a mobile system without applying a fixed fumigation chamber. I am very thankful to Robert Linke from BDA for his assistance and especially for spending so much time answering my questions in detail.

For BDA it was essential to use a mobile system, offering the highest possible flexibility in bubble-size. Thirteen years ago BDA bought a complete nitrogen fumigation system, called VELOXY. It is a branded system designed for the preservation of Cultural Heritage – twenty years ago – by an Italian company called RGI bioSTERYL tech. In 2016 the BDA purchased a VELOXY system equipped with a generator for obtaining pure nitrogen from the air with the help of a compressor. Before introducing the nitrogen in the bubble the gas is humidified to the desired level of relative humidity. The climatic conditions and the residual oxygen level in the bag are constantly monitored.

The bubble is made out of oxygen impermeable plastic film and is connected to the fumigation system by a flexible tube. If handled with care, anoxia bags can be used more than once.

The exchange process of ambient air with nitrogen is done in two steps: At first the air is withdrawn from the bag by a vacuum cleaner. Afterwards the nitrogen flush is started. These two processes are alternately repeated till the oxygen level is as low as required. The heat emission of the machines guarantees a constant room temperature at around 25 °C.

Periodic checking and maintenance of all machines and analyzers is necessary. Especially the condensation of the compressor has to be drained regularly.

After keeping it for three to six weeks at a residual oxygen level of 0.1 - 0.3 % the bubble is opened.

### **3. Interpretation of the recorded data of all three pest eradication methods to demonstrate the workflow, investment and running costs, required man-power and time, when carried out by members of staff**

#### **3.1. How much time is needed for IPM matters at WMW within a year?**

The ethnographic collection of WMW comprises more than 250,000 ethnographic objects, historical photographs and archive material in great quantities. After recording pest treatments and other IPM matters since many years, I am able to specify all necessary activities and the required time as shown in table 1. For taking care of this huge collection I need approximately 460 hours for IPM matters within a year.

#### **3.2. Quantity of objects to be pest treated for prevention**

All new acquisitions and all objects, which left the storage for a certain time are preventively pest controlled at WMW. Nevertheless, this does not mean that all of them are actually pest treated. Some only need visual inspection and surface cleaning before relocation to the storage. Within one year around 1,000 to 4,000 objects enter the storage of WMW and, therefore, need some preventive measures. Only 70 % of them have to be actually pest treated (see table 2)

Two exceptions are not included in this calculation:

In 2013 the complete textile collection – comprising more than 15,000 objects – was pest treated by nitrogen fumigation in a 250 cubic meter tent because of relocation to a newly built storage. And also in 2013 one complete exhibition, which was returning from overseas with active pest infestation, was also treated by nitrogen gas fumigation in a 100 cubic meter bubble. Both treatments were executed by an external pest contractor.

#### **3.3. Required working time for pest treatment.**

To figure out, which treatment method takes most of the working time, I made the following experiment: While treating three similar object groups by each method I timed every working step. The results are summarized in table 3.

The required working time for freezing was half an hour. The most time-consuming step within this treatment method was the wrapping process.

Oxygen scavenger treatment needed at least four working steps and lasted half an hour.

The third method – nitrogen fumigation – was three times more time-consuming than the other methods in this experiment. Especially the process of nitrogen purging, monitoring and maintenance took a lot of time.

#### **3.4. Comparison of investment and running costs**

Considering table 4 it is not astonishing, that freezing with household freezers is the cheapest method. Nevertheless: anoxia with oxygen absorbers is only a little bit more expensive whereas nitrogen fumigation is absolutely the most expensive pest eradication method, because of its high investment costs. Even if you calculate the investment and running costs for e.g. 15 years there is not much change in the ranking of costs.

On the other hand, if you have the chance – like BDA – to offer a commercial service of pest treatments to other institutions, these investment costs can be recovered within about five years.

## 4. Comparison of pros and cons of each treatment and their applicability to different objects

### 4.1. Advantages and disadvantages of different pest eradication methods

Before installing a pest treatment method you have to carefully think of all pros and cons. First of all you have to find a suitable room for the pest treatment. Especially for nitrogen gas treatment the room needs extra facilities (see table 5).

For freezing and nitrogen fumigation you need electrical power and machines. Both emit noise and heat. Above all the nitrogen generator and compressor are very loud. In hot seasons you may even need an additional cooling system.

The exhaust nitrogen gas must be led off – you need either a suction system or at least windows to be opened. It is not allowed to litter used oxygen scavengers, they must be transported to a professional waste disposal.

Both anoxia methods need constant room temperature. As a synergetic effect I use the heat emission of the freezers for producing the appropriate climate for anoxia treatments.

Freezing needs the shortest treatment time, but is only applicable for thin and small objects.

If you have only extra-large objects, like carriages, auto-mobiles, heavy good vehicles, large machines, furniture, altars, large padded animals, or big paintings and sculptures, you need a large-scale method like nitrogen fumigation.

### 4.2. Possible failure risks of pest treatment methods

Every method has its risks – so it is mandatory to evaluate these risks like shown in table 6.

Depending on machines and electrical power supply always comprises some risks.

The leakage of films and sealings or perforation and cracks in plastic films can inhibit anoxia treatments.

Temperature and relative humidity must always be kept constant. The external climate can highly influence the positive result of the treatment. Beware of humidity levels that are too high or too low.

Wrong calculations of the amount of oxygen scavengers needed can impede successful treatments. A constantly low oxygen level is essential for positive pest eradication in anoxic treatments.

If the estimated treatment time is not fully reached without disturbances for the relevant parameters the process must be restarted.

### 4.3. Theoretical number of treatments at WMW per year.

The possible quantity of objects that may be treated within a year by each pest eradication method can be calculated for the WMW circumstances as shown in table 7.

To compare all three pest eradication methods you have to keep in mind that the possible amount of objects to be treated is dependent on the available size of space, man-power and investment costs as well as the size of the objects and their state of preservation.

Comparing all three methods it becomes clear, that with nitrogen fumigation the biggest quantity of objects can be treated.

### 4.4. Applicability to ethnographic objects and/or materials.

Ethnographic collections, due to their enormous diversity, are a big challenge for every IPM specialist. The majority of the objects are made out of mixtures of materials, having different construction techniques. Decision making concerning the pest treatment method to be applied, is not as difficult as it might seem.

4.4.1. Low temperature treatment – like described in IPM literature – is not applicable for:

- composite objects with glass and metal (thermal conductivity and condensation)
- tooth, horn, bone (composed of many layers),
- cracked objects (increasing of cracks),
- oily and waxy objects,
- rubber
- objects with a water content of more than 65 %,
- painted wood and paintings on canvas (possibility for increases in craquelures to painted and varnished objects,

linseed oil films [e.g. oil paint] and synthetic polymers [e.g. acrylic paint and soft vinyl]),

- audio-visual items, computer media, photographic material
- if working with house hold deep freezers, there is a limit in object size.

4.4.2. For the following materials I prefer other methods than freezing:

- feathers (too fragile for wrapping),
- all fragile and brittle materials (because of tight packing),
- composite textiles with glass beads or metal applications (condensation may occur),
- larger objects (the thinner and smaller the object, the better),
- all objects that cannot be wrapped in tissue paper or muslin (too sticky, an acanthoid shape and other problematic surface conditions and tricky object shapes),
- lacquer object (i.e. multi-layer construction on wood).

4.4.3. Oxygen deprivation

The absence of oxygen sometimes causes fading of dyes and pigments in water color when anoxia is applied for a long term.

4.4.3.1. Oxygen scavenger treatment is applicable for nearly all materials – except objects that are too large. Bubbles of more than five cubic meter volume often do not lead to successful results and are not cost-effective. Mould infestation must be removed before anoxia with oxygen scavengers.

4.4.3.2. For the following materials other methods than nitrogen gas treatment should be used:

- objects contaminated with pesticides, because the pesticides can spread while air exchange,
- feathers, fragmentary and brittle objects may be harmed by air and gas ventilation.,
- objects with mould infestation – because the spores will be spread while air exchange,
- in some cases nitrogen is able to contribute to the increase of growth of microorganisms.

4.4.3.3. In summary oxygen scavenger treatment is appropriate for a wide variety of collection materials, whereas nitrogen fumigation is connected to some and freezing to lots of restrictions.

## 5. Conclusion

In summary I can state that you do not need to be a specialist to carry out pest eradication for routine treatments. Before you start, it is advisable to attend a training workshop and study literature about IPM and pest treatments. Some training on test objects helps to get practice and experience before treating museum objects. Nonetheless, for treating a complete collection at once it is necessary to contract an IPM specialist.

If your museum has only a small amount of objects to treat per year low temperature treatment is the method of choice. Especially when you have only a small team, the budget is limited and the objects are of small and medium size.

If you have lots of objects that should not be frozen, and most of them are of bigger size, oxygen scavenger treatment suits you best.

With my experience I can state that operating both of the methods mentioned in parallel is most successful. Although, if you have a really large quantity of objects, and/or most of them are of larger size, and your budget and team is not limited you better rely on nitrogen gas treatment. If you have the chance to offer your treatment to other institutions, the investment costs will be recovered soon.

## 6. Acknowledgements

Robert Linke, who was so kind to introduce me to nitrogen fumigation at BDA and share all his data.  
Florian Rainer, head of the WMW conservation department, who always supports my work and ideas.  
Luba Nurse, conservator at WMW, who helped me to structure my recorded data.

Martina Griesser, head of the Conservation Science Department / Kunsthistorisches Museum Vienna, who assisted me with all calculations and lectured this article.

Please contact me, if you have further questions, or if you need help to start with pest eradication treatments.

## 7. Reference list

Daniel, V., Lambert F.L., 1993. Ageless Oxygen Scavenger: Practical Applications, *WAAC Newsletter* 15/2, pp. 12-14.

Kunsthistorisches Museum, 2010. Technologische Studien, Konservierung – Restaurierung – Forschung – Technologie, Band 7, Wien.

Maekawa, S., Elert, K., 2003. The Use of Oxygen Free Environment in the Control of Museum Insect Pests, Los Angeles.

Pinniger, D., 2001. Pest Management in Museums, Archives and Historic Houses, London.

Pinniger, D., Landsberger, B., Meyer, A., Querner, P., 2016. Handbuch Integriertes Schädlingsmanagement in Museen, Archiven und historischen Gebäuden, Berlin.

Selwitz, C., Maekawa, S., 1998. Inert Gases in the Control of Museum Insect Pests, Getty Conservation Institute.

Strang, T., 1997. Controlling Insect Pests with Low Temperature, *CCI Notes* 3/3, Ottawa.

Strang, T., Kigawa, R. 2009. Combating Pests of Cultural Property, *Technical Bulletin* 29, Ottawa.

**Table 1:** List of IPM operations at Weltmuseum Wien within a year. This timetable shows, that actual pest treatments in an ethnological museum amount to only 40 % of the total time spent for IPM per year.

List of IPM tasks at Weltmuseum Wien	Time calculation	Hours per year
Renewing insect traps in all storages and exhibition areas once a year	5 x 8 hours	40
Monitoring insects six times a year	6 x 13 hours	78
Pest identification including photo documentation	10 x 1 hour	10
Storage inspections: looking for flying insects, search for animal marks, climate and dust monitoring, etc.	46 x 30 min.	23
Data processing, correspondence, reports	46 x 1 hour	46
Supporting student projects	4 x 2 hours	8
Visual inspection of all objects going back to storage	46 x ~30 min.	20
Carrying out pest eradication treatments	46 x 4 hours	184
Cleaning of infested storage spaces	46 x ~15 min.	12
Surface cleaning of infested objects	46 x ~30 min.	26
Transporting objects to and from storage	46 x ~15 min.	13
Total sum of hours per year		460

**Table 2:** Preventive pest treatments.

Depending on material and condition of the objects, which are returning from exhibitions, loans or are just new, there are different actions to be taken to prevent museum pests. Only 70 % of these objects have to be actually pest treated at Weltmuseum Wien. The other 30 % need either a visual inspection or are set under quarantine for some time.

Percentage of objects	Actions, which are taken before objects enter a storage of Weltmuseum Wien
20 %	Objects out of inorganic material (e.g. glass, stone and metal) and pure synthetic materials need only careful visual inspection with respect to insects pupating on them. All sorts of dust – the best habitat for museum pests – must be removed.
10 %	Objects, which were exhibited in airtight show cases are put under quarantine by sealing them in plastic bags to watch if insects hatch. This group does not include wooden objects or organic objects highly in danger of infestation.
45%	Objects out of textiles, fur, leather, wood, paper, dry plant fibre, or books are treated by freezing.
24%	All brittle and fragile objects, as well as feather objects, painted and varnished wood, composite objects, horn, tooth, bone, lacquer, musical instruments and all large items are treated with anoxia by oxygen scavengers.
1%	Those objects, which are too large for in-house treatment – like altars, big statues, palanquins, carts, agricultural implements, furniture, etc. – are sent to an external nitrogen fumigation unit of Kunsthistorisches Museum.



**Table 3:** Required working time.

To calculate the needed man-power for three different pest eradication treatments some testings were made: I treated three similar sample groups of organic objects with a total volume of 270 liters. The sample groups consisted of the following objects: wooden statues, baskets made from plant fiber, books and woolen textiles. The documented length of time of all working steps for each treatment method is listed in the following table.

Conclusion: The more working steps are needed – the more time it takes.

<b>Low Temperature Treatment</b>	<b>Oxygen Scavenger Treatment</b>	<b>Nitrogen Gas Treatment</b>
Object wrapping and implementing to the freezer: 20 min.	Bubble making and adding oxygen absorbers, desiccant bags and thermo hygrometers: 15 min.	Bubble making, installing valves and connecting tubes, vacuum air: 25 min.
Transport to another room for thawing: 2 min.	1. Oxygen reading: 5 min.	1. Nitrogen flush: 8 min.
Unpacking: 7 min.	2. Oxygen reading: 5 min.	2. Nitrogen flush, inspection, maintenance: 10 min.
	Opening of bubble: 5 min.	3. Nitrogen flush, inspection, maintenance: 10 min.
		4. Nitrogen flush, inspection, maintenance: 10 min.
		5. Nitrogen flush, inspection, maintenance: 10 min.
		6. Nitrogen flush, inspection, maintenance: 10 min.
		7. Nitrogen flush, inspection, maintenance: 10 min.
		Opening of bubble: 8 min.
Total time: 29 min.	Total time: 30 min.	Total time: 91 min.

**Table 4:** Comparison of the investment and material costs within five years of utilization.

All mentioned data for freezing and anoxia with oxygen absorbers are documented by Weltmuseum Wien between March 2011 and March 2016. All data of nitrogen fumigation are provided by Robert Linke from BDA. Conclusion: Because of its high investment costs nitrogen gas treatment is the most expensive method.

	<b>Low Temperature Treatment</b>	<b>Oxygen Scavenger Treatment</b>	<b>Nitrogen Gas Treatment</b>
Machines	2 household deep freezers € 700,-	1 heat sealer € 380,-	1 complete Nitrogen fumigation system € 14,000,-
Analyzer	2 thermometers € 20,-	1 oxygen meter € 564,-	
Equipment	Old towels & blankets for wrapping € 0,-	20 mini thermo hygrometers € 220,-	1 heat sealer € 380,-
Equipment	Boxes, boards, Ethafoam, € 142,-	Ethafoam, PE-foam film, clips, desiccant bags,... € 334,-	Ethafoam, PE-foam film, € 97,-
Plastic films	PE film € 85,-	EVOH film € 400,-	O <sub>2</sub> barrier film € 290,-
Further materials	Clips & adhesive tapes € 50,-	Oxygen scavengers € 1,189,-	Maintenance € 2,000,-
	Total cost: € 997,-	Total cost: € 3,087,-	Total cost: € 16,767,-

**Table 5:** Differences between pest treatment methods.

Every method has to match to its user, therefore, this table shows an overview of all three pest eradication treatments and their differences.

	<b>Low Temperature Treatment</b>	<b>Oxygen Scavenger Treatment</b>	<b>Nitrogen Gas Treatment</b>
Electrical power	yes	no	yes
Machines	yes (1)	no	yes (3-4)
Noise emission	yes	no	yes (very loud)
Heat production	yes (machinery)	no	yes (machinery)
Exhaust production	no	no	yes (need suction)
Waste production	no	yes (oxygen scav.)	no
Special room climate	no	yes (> 20 °C)	yes (> 20 °C)
Treatment time	7 – 14 days	21 – 42 days	21 – 42 days
Object size	only small & thin	small - medium	small – XXL
Condensation on objects avoided by	object wrapping	desiccant bags	regulation of humidity
Treatment monitoring	not necessary	2-3 times	7-20 times
Treatment effective	yes	yes	yes

**Table 6:** Possible failure risks of pest treatment methods.

Starting with IPM treatments you should use dummy objects at first. After some experiments the following list will help to find a solution to make your treatment work properly:

	<b>Low Temperature Treatment</b>	<b>Oxygen Scavenger Treatment</b>	<b>Nitrogen Gas Treatment</b>
Electrical power failure while treatment	Treatment is not effective – restart necessary. May cause damage by thawing water.		Treatment is not effective – restart necessary. May cause damage by climate change.
Machine failure while treatment	Same effects like above.		Same effects like above.
Leakage of film and sealing, or pinholes	May cause damage of objects in combination with thawing.	Restart the treatment after acclimatization to normal oxygen level.	Restart the treatment after acclimatization to normal oxygen level.
Temperature fluctuation	Constant temperature is obligatory!	Constant temperature is obligatory!	Constant temperature is obligatory!
Bad calculation of...	Too dense loading may cause too high treatment temperature. Restart after acclimatization to room temperature.	Quantity of oxygen scavengers - treatment is not effective – restart necessary. Desiccant bags – condensation problems.	Humidity – climate damage. Residual oxygen level too high – treatment not effective – restart necessary. Nitrogen pressure too high – physical damage of objects.
Uneven O <sub>2</sub> level		Constant O <sub>2</sub> level is obligatory!	Constant O <sub>2</sub> level is obligatory!
Treatment time too short	Restart the treatment after acclimatization. Rarely possible, as thawing takes place in a different room from freezing.	Restart the treatment after acclimatization to normal oxygen level.	Restart the treatment after acclimatization to normal oxygen level.
Fluctuation of room climate		Constant room temperature is obligatory!	Constant room temperature is obligatory!
RH shock on objects		Lack of desiccant bags.	Insufficient humidification of dry nitrogen.
Acclimatization after treatment	Thawing 1-4 days is necessary.	During bubble opening.	During bubble opening.
Immediate re-infestation with pests	Rarely possible, as thawing takes place in a different room from freezing.	Possible. After treatment bring objects to a pest free zone immediately.	Possible. After treatment bring objects to a pest free zone immediately.

**Table 7:** Actual quantity of treatable object volume per year at WMW.

With low temperature treatment the smallest amount of objects can be processed.

If you have a big quantity of objects and many large sizes items nitrogen fumigation is your best choice.

	<b>Freezing with freezer 350 liters</b>	<b>Anoxia by oxygen sca- vengers</b>	<b>Nitrogen Fumigation</b>
Quantity of treatments per year	1 treatment: 2 weeks = <b>26 treatments</b> 2 freezer = <b>52 treatments</b>	1 treatment: 6 weeks (incl. packing & opening) = <b>9 treatm.</b>	9 treatments with same conditions like anoxia by oxygen scavengers.
Actual capacity of objects treatable per year	2 household deep freezers with 2 x 350 liters of objects = <b>18,200 liters</b>	6 medium gastight bags (130 x 100 x 20 cm) plus 2 extra size bags (250 x 100 x 130 cm) = 2,210 liters x 9 treatment = <b>19,890 liters</b>	10 m3 tent x 9 treatments = <b>90,000 liters</b>

# IPM – Conservation préventive et gestion intégrée des nuisibles : le cas du musée du Louvre

---

## **Anne de Wallens**

chef du service de la conservation préventive, direction de la recherche et des collections, Musée du Louvre

## **Résumé**

La gestion intégrée des nuisibles fait partie intégrante des missions d'un musée. À ce titre, l'IPM s'inscrit donc pleinement dans celles du musée du Louvre.

Nous proposons dans le présent article de présenter en quoi l'IPM constitue un maillon de la chaîne de conservation, et la manière dont il est appréhendé et mis en œuvre au Louvre. Le rôle très particulier du service de la conservation préventive sera à cette occasion précisé, pour montrer combien une entité de cette nature est un atout pour appréhender le large spectre que couvrent ces sujets.

## **Mots clefs**

altérations, bâtiment, chaîne de conservation, collaboration, collections, conservation restauration, conservation préventive, conservation curative, entretien des collections, facteurs d'altération, formation, gestion intégrée des nuisibles, grands projets, IPM, lutte intégrée, matériaux, musée, patrimoine, restauration

# Preventive conservation and IPM in cultural heritage at the Louvre Museum

---

**Anne de Wallens**

chef du service de la conservation préventive, direction de la recherche et des collections, Musée du Louvre

## Abstract

Integrated pest management is an essential part of the missions of a museum, which is why the Louvre Museum is fully involved in IPM.

In this study, we define IPM as a vital link in the conservation chain and relate how it is approached and implemented at the Louvre. The very particular role the preventive conservation department plays will be highlighted, thus showing the extent to which an entity of this nature is an asset for understanding the broad spectrum covered by these subjects.

## Key words

deterioration, building, conservation chain, collaboration, collections, conservation and restoration, preventive conservation, curative conservation, collection maintenance, factors of deterioration, training, integrated pest management, large scale projects, IPM, integrated management, materials, museum, heritage, restoration

Si nous sommes réunis pour parler de la gestion intégrée des nuisibles dans les établissements patrimoniaux, il me semble nécessaire, en préambule, de rappeler quelques éléments sémantiques et contextuels. Nous venons en effet d'horizons variés, et notre champ professionnel n'est peut-être pas parfaitement coutumier du contexte et de la terminologie de la conservation-restauration du patrimoine.

Les définitions des composantes de ce domaine ont fait couler beaucoup d'encre, mais nous en retiendrons si vous le voulez bien quelques-unes :

- Le dictionnaire de l'Académie française de 1932 précise que le mot **patrimoine** apparaît au XII<sup>e</sup> siècle. Il est emprunté du latin *patrimonium*, de même sens, lui-même dérivé de *pater*, « père ».

Il se définit comme l'ensemble des biens que l'on hérite de ses ascendants ou que l'on constitue pour le transmettre à ses descendants. Par extension, il s'agit de l'ensemble des biens, des richesses matérielles ou immatérielles qui appartiennent à une communauté, une nation, et constituent un héritage commun.

- La norme NF EN 15898, Conservation des biens culturels - Principaux termes généraux et définitions correspondantes, propose plusieurs définitions qui concourent à une meilleure appréhension du domaine de la conservation du patrimoine.

o Le « **patrimoine culturel (fr)** [cultural heritage (en); kulturelles Erbe (de), ou Kulturerbe (Syn.) (de)] » est défini comme les « entités matérielles et immatérielles présentant un intérêt patrimonial pour les générations présentes et futures ».

o Il se distingue du **bien (fr)**, ou **bien culturel (Syn.)** [object (en); Objekt (de)] qui est la « manifestation élémentaire du patrimoine culturel matériel ».

« Le terme bien est utilisé dans cette norme pour le **patrimoine culturel** », qu'il soit immobilier ou mobilier. « Dans des contextes professionnels spécifiques, d'autres termes sont utilisés : par exemple objet, bien culturel, élément, artefact, ensemble, site, bâtiment, édifice ».

o Enfin, l'« **intérêt patrimonial (fr)** [significance (en); Bedeutung (de)] est la « combinaison de toutes les valeurs assignées à un **bien, c'est-à-dire de l'importance** que des individus ou une société attribuent à un **bien** »

En évoquant ces définitions, il convient également de nous interroger sur les raisons pour lesquelles il faut conserver. Il s'agit, certes, de conserver la mémoire et de comprendre les civilisations passées. Mais comme le disait si bien l'Archiduc Otto de Habsbourg, pour savoir où l'on est et où l'on va, il importe de comprendre notre civilisation et notre histoire, ce qui permet de bâtir l'avenir de manière raisonnée. Ce sont donc là des raisons essentielles qui justifient les efforts déployés pour conserver notre patrimoine.

## 1. Conservation préventive

La conservation restauration est une discipline qui s'articule en deux grandes familles : la conservation et la restauration.

La conservation est définie comme toute action directe ou indirecte pour augmenter l'espérance de vie d'un ou des objets du patrimoine.

Deux branches la constituent :

- La conservation préventive s'attaque aux causes, car tout objet a une durée de vie limitée, et toute négligence peut causer des dommages irrémédiables. Il s'agit d'une fonction essentielle du domaine patrimonial, qui permet d'agir sur un groupe d'objets, et de limiter les coûts.

Elle donne lieu à un plan d'action, pour ralentir la vitesse de dégradation des objets et réduire les risques de dégradation du patrimoine.

Cette démarche est donc globale, stratégique, transversale et raisonnée sur le long terme. C'est donc en ce sens que l'IPM s'inscrit dans une démarche de conservation préventive.

- La conservation curative permet de stabiliser l'état d'un objet en cours de détérioration.

La restauration a pour objet, par une action directe, de mettre en valeur le ou les messages contenus dans un seul élément ou un seul objet.

Ces démarches ont pour objet de répondre à une soixantaine de facteurs d'altération, qu'ils soient d'origine humaine ou naturelle, et à effets lents ou cumulatifs (ill. 1).

Enfin, la vulnérabilité des objets aux facteurs d'altération dépend également de leurs matériaux constitutifs, suivant qu'ils sont organiques, inorganiques ou composites.

## 2. L'IPM: un maillon de la chaîne de conservation

Une des caractéristiques de la conservation est l'interdépendance des facteurs d'altération entre eux.

C'est pourquoi nous parlons de démarche globale.

La conservation est comparable à une chaîne constituée de maillons interdépendants, ou à un château de cartes. L'absence d'un maillon ou d'une carte, ou l'ouverture d'un maillon, génère une faille dans le processus de conservation sans proportion avec ladite faille et ses conséquences.

Isoler l'IPM de la démarche de conservation préventive n'a donc aucun sens. Elle en constitue une partie, en lien direct avec l'ensemble du processus.

Les matériaux organiques constitutifs du patrimoine sont une source d'alimentation presque inépuisable pour les nuisibles.

Leur présence est favorisée par de nombreux facteurs d'altération (cf. ill. 1) que nous pouvons rassembler en plusieurs familles :

- Tout ce qui touche à « l'enveloppe », c'est-à-dire au bâtiment, tels que l'entretien du bâtiment et des installations techniques, ou l'entretien des espaces (généralement nommé *ménage*);
- Tout ce qui touche à la conservation et la présentation des collections. Il s'agit par exemple de l'exposition de collections très sensibles sans protection telle qu'une vitrine, de la présence de plantes vertes, ou encore au choix de la distribution des espaces;
- Et enfin tout ce qui touche à l'homme, comme visiteur ou professionnel. Nous pensons plus particulièrement au manque de formation, de sensibilisation ou de conscience, mais aussi aux manifestations telles que les dîners de gala ou concerts dans les espaces muséographiques, ou encore à l'apport de nourriture par les visiteurs ou le personnel.

C'est donc parce que les facteurs d'altération sont interdépendants que l'on parle de gestion intégrée des nuisibles, et non de simple gestion des nuisibles.

De l'interdépendance des facteurs d'altération résulte une interdépendance des missions des professionnels.

Les causes expliquant la présence de nuisibles sont rattachées à des missions très variées de nos établissements. Il peut s'agir de missions techniques ou de maintenance du bâtiment, dont la charge incombe aux architectes du patrimoine, aux techniciens ou encore au personnel de ménage.

Il s'agit également des missions de conservation, qui sont au cœur de nos établissements. Elles sont confiées aux conservateurs, restaurateurs, régisseurs et documentalistes.

Ce sont enfin les missions de surveillance, puisque ce personnel est en contact direct avec le public et avec les collections.

Il n'est donc à aucun moment possible de considérer l'IPM comme l'affaire exclusive de scientifiques du domaine, j'entends d'entomologistes ou d'entreprises spécialisées dans l'éradication de ces animaux.

L'IPM, pour être efficace, doit être le fruit d'une collaboration entre personnes d'horizons complémentaires, réalisant un travail d'équipe, dans lequel chacun apporte, par ses compétences propres, les éléments d'une analyse partagée et d'une solution construite collectivement.



### 3. L'IPM au Louvre

Il n'est pas possible de citer l'ensemble des moyens mis en œuvre pour lutter contre les nuisibles, car nous ne pourrions être exhaustifs. Toutefois, le dispositif s'articule autour de trois axes.

La création d'un service de la conservation préventive depuis 2007, intégré depuis 2014 à la direction de la recherche et des collections, permet, d'appréhender cette question de manière globale et transversale au musée, et sur le long terme. La présence d'un tel service s'explique plus encore lorsque nous examinons les dimensions du musée, que nous pourrions en quelque sorte qualifier d'« inhumaines » (ill. 2).

Les restaurateurs et régisseurs qui la composent travaillent en collaboration avec le personnel des conservations et directions du musée, quels que soient leurs missions ou leur niveau hiérarchique.

Le service de la conservation préventive travaille également en lien étroit avec des laboratoires tels que le Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH), le Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF), le Centre interdisciplinaire de conservation et restauration du patrimoine à Marseille (CICRP), ceux de la Bibliothèque nationale de France (BNF), ou du musée de la Musique, avec des confrères étrangers rompus à la lutte intégrée, pour arriver à un travail aussi efficace que possible.

Les missions quotidiennes du service couvrent plus particulièrement quatre domaines distincts, mais dont l'IPM constitue le lien : le bâtiment, les collections, la formation, et les grands projets.

Dans le domaine du bâtiment, une collaboration étroite a été nouée avec les conservations et la direction technique. L'entretien des espaces, que l'on nommerait de manière plus *vulgaire* le ménage, a été source d'un travail conjoint avec un assistant à maîtrise d'ouvrage pour reformuler les termes du marché de ménage qui sera publié dans les prochains mois. Pour ce qui a trait au renouvellement des installations climatiques, le service de la conservation préventive a formulé des préconisations environnementales et de maintenance des installations, permettant d'améliorer les pratiques existantes. Enfin, le marché 3D – désinsectisation, dératisation, désinfestation –, qui fait l'objet d'une communication au cours du colloque, présente un bon exemple de gestion intégrée.

Des campagnes d'entretien des collections, comportant des constats d'état, hiérarchisation des altérations, dépoussiérage, et le cas échéant intervention de conservation curative, sont organisées avec les départements, la direction technique et la direction de la muséographie. Elles ne constituent bien entendu qu'un volet des missions, mais sont étroitement liées à l'IPM.

Par ailleurs, le service est très attaché à la formation du personnel, quel qu'il soit, sans laquelle ses interventions seraient vaines.

Les dépoussiéreurs de la maison, en charge de l'entretien des collections les moins vulnérables, bénéficient de formations « sur mesure », pour disposer des éléments permettant de faire un travail de qualité, d'identifier la présence d'insectes prédateurs, afin de s'inscrire dans un dispositif global. De même, le personnel de surveillance a accès à des formations qui leur sont plus particulièrement destinées au regard de leurs missions quotidiennes.

Parmi les grands projets, le service participe très étroitement à celui du Centre de conservation du Louvre à Liévin. En effet, ses premières interventions ont pris place dans les phases de préprogramme, programme, et dans la phase pro. Nous nous sommes tout particulièrement attachés à couvrir les domaines du bâtiment (implantation des espaces, parti pris architectural, comprenant les circulations et le toit végétalisé et la climatisation), de l'organisation et des ressources humaines, qu'il s'agisse de la qualification du personnel prévu, des procédures de veille sanitaire, ou du futur marché 3D.

L'objectif est, comme dans les autres cas de figure, de prévenir et d'anticiper le plus en amont possible pour limiter l'effet des altérations, et donc mieux conserver les collections en maîtrisant les coûts.

## Conclusion

Comme la conservation préventive, l'IPM est une démarche qui invite à l'humilité. L'une comme l'autre n'ont de sens que dans le cadre d'un travail d'équipe, dans lequel nos certitudes, méthodes, et connaissances doivent être constamment réexaminées.

De même, nos missions n'ont de sens et notre travail n'a d'efficacité que s'ils s'inscrivent dans le cadre d'une appréhension globale des espaces, des collections, et des facteurs d'altération, et sur le long terme.

La diversité des intervenants dans le processus de gestion intégrée constitue un atout majeur dans nos missions, et le travail conjoint permettra sans nul doute de progresser dans certains domaines de la lutte qui restent encore complexes. En cela, et d'une manière plus large, il convient de souligner qu'un travail en interaction ou en collaboration avec les laboratoires, les entomologistes, et les scientifiques, français et étrangers, est indispensable pour garantir l'efficacité de nos missions.

Nous pourrions considérer que notre connaissance des prédateurs semble bonne. Néanmoins, et à la lumière de nos expériences, nous constatons combien nous savons finalement peu de choses lorsque nous les pratiquons dans un espace muséal, où ils suscitent interrogations et surprises désagréables.

Nous ne sommes en effet pas au bout de nos peines puisque nous constatons des phénomènes inexpliqués, et que nous rencontrons des situations très complexes, accentuées par un échange plus large des biens patrimoniaux.

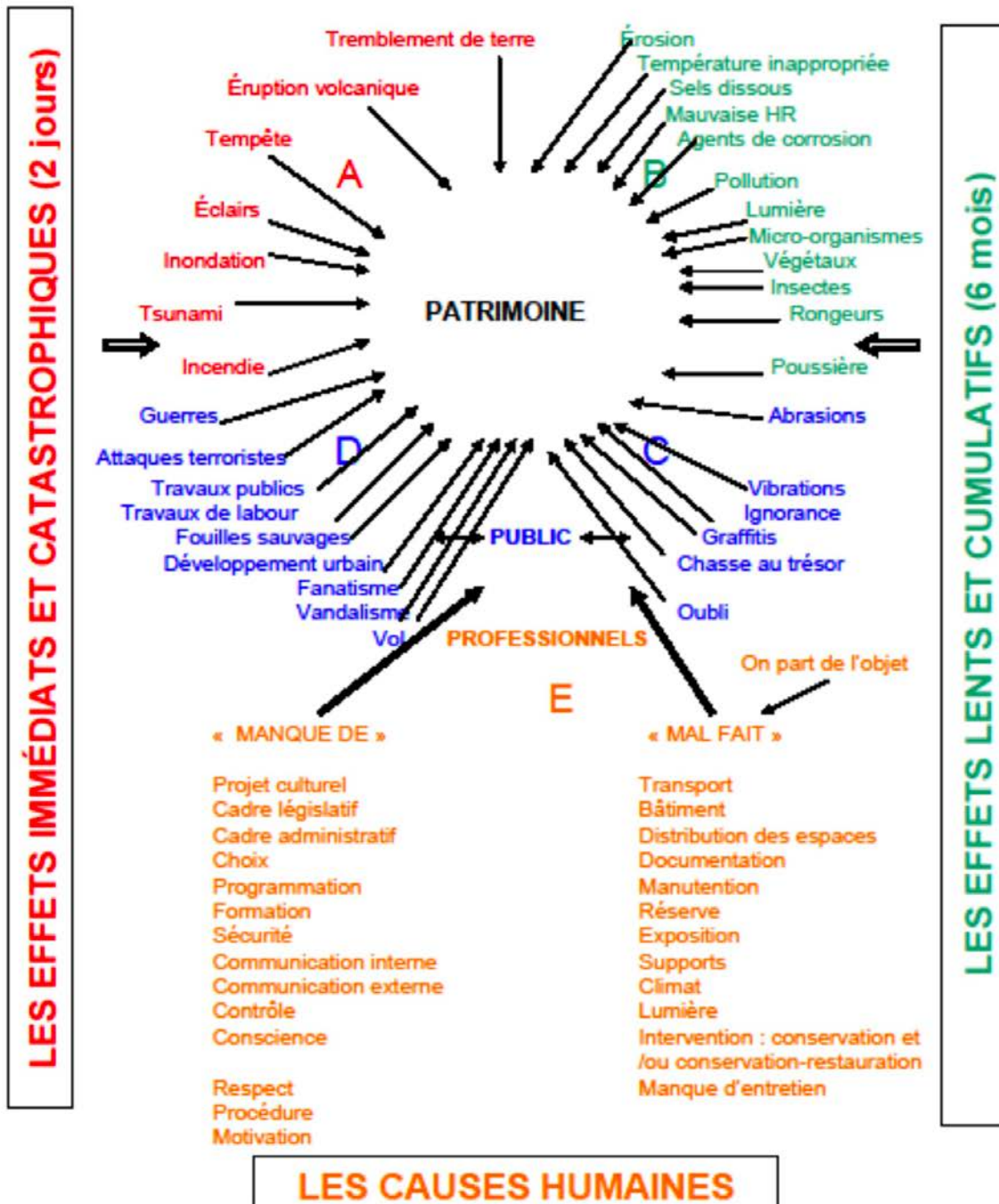
Il n'est donc toujours pas temps de nous endormir sur nos connaissances...

## Remerciements

L'ensemble de ces missions ne pourraient être conduites sans l'efficacité et la compétence de l'ensemble des collaborateurs du service: Marion Allary (régisseur), Hélène Boudin (régisseur), Lucie Cuquemelle (régisseur), Aurélien Huraux (régisseur), Bertrand Le Dantec (conservateur-restaurateur), Joëlle Le Roux (conservateur-restaurateur), Gaëlle Nicot (régisseur), Grazia Nicosia (conservateur-restaurateur), et Nicolas Pouget (régisseur). Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour la qualité de leur travail et l'excellence de leur état d'esprit.

De même, l'appui précieux de notre directrice, Anne-Solène Rolland, directrice de la recherche et des collections, mais également de la direction du musée et de l'ensemble des directeurs et de leurs collaborateurs, est essentiel dans la conduite de nos projets. Qu'ils soient vivement remerciés pour la confiance et les moyens qu'ils nous accordent.

## LES CAUSES NATURELLES



Source : ICCROM

III. 1 : Facteurs d'altération traités dans le cadre des missions de conservation préventive



Anne de Wallens - Musée du Louvre

**III. 2 :** Musée du Louvre - Quelques chiffres

# No entry for moths and their friends. How IPM accompanied the move

---

**Viktoria Wagesreiter**

Restorer

Wien Museum

Karlsplatz 8

1040 Wien

*viktoria.wagesreiter@wienmuseum.at*

## Abstract

The Wien Museum, with its large and diverse collection, had to move its treasures from eight individual spaces to one new, central storage unit outside of Vienna in Himberg. Planning for IPM strategy during the move was to be completed within half a year. Beginning in 2006, with IPM we were able to identify the objects that needed treatment and their volume. A temporary tent, filled six times and a nitrogen chamber were used. At the end of the process, the building itself was optimized to uphold the high standard for the new depository.

## Key words

move, temporary tent, mold, improvement

# Entrée interdite aux mites et à leurs amis. Comment l'IPM a accompagné le transfert des collections

---

## **Viktorija Wagesreiter**

Restorer

Wien Museum

Karlsplatz 8

1040 Wien

*viktorija.wagesreiter@wienmuseum.at*

## Résumé

Le Musée de Vienne, avec sa collection importante et diversifiée, a dû déménager ses collections de huit espaces différenciés vers une nouvelle unité de stockage centrale à Himberg, situé à l'extérieur de Vienne. La planification de la stratégie IPM pendant le déménagement devait être achevée dans un délai de six mois. À partir de 2006, l'IPM nous a permis d'identifier les objets à traiter et leur volume. Un abri temporaire, rempli six fois, et une chambre à azote ont été utilisés. À la fin du processus, le bâtiment lui-même a été optimisé pour maintenir le niveau élevé du nouveau dépôt.

## Mots clefs

déménagement, abri temporaire, moisissures, amélioration

# 1. Introduction

The WIEN MUSEUM (Fig. 1) is a broad ranging museum with 17 locations. In its collections it houses objects pertaining to all fields of fine and applied art. The objects were stored in eight different places spread all over the city and even in the outskirts of Vienna.

In summer 2012 it was announced that the museum would get a new storage outside Vienna at the beginning of 2013. By the end of 2014 the transport of all objects to the new storage would have to be completed

## 2. Material / Methods

In 2006 IPM had been installed, in four of our eight storages and the problems were known. *Tineola bisselliella* was most prominent in the old central depository, followed by *Anthrenus verbaski* to a much smaller extent. In the cellar of the old central storage where the lapidarium was placed, mould had grown on the stone monuments. *Anobium punctatum* was found in the wooden pallets. And mould was even discovered in the storage of the clock collection. *Anobium punctatum* had found a home in a warehouse outside Vienna, where museum objects and exhibition architecture were stored as well.

With this knowledge it was possible to identify the amount of objects that needed treatment.

The members of the conservation department had defined standards for cleaning, packing material and methods, identification of loans, emplacement and treatment. The cleaning standard defines that the objects surface should be cleaned with a vacuum cleaner, brushes and silicon sponge. All traces of insects and their larvae should be removed.

To follow the position of the objects during the move, they were divided in groups that we called convolutes. On the designed label (Fig. 2) the old position was given as well as the expected position in Himberg. This information was printed on colored paper. The color of the paper corresponded to the floor level in Himberg. Labels were fixed on every packing unit so that the colleagues in Himberg would know where to take the objects.

In order to identify those objects that needed treatment, a sticker (Fig. 3) had been designed to make sure they found their way to the quarantine rooms.

In Himberg, where the new storage is located, there was enough room for quarantine and temporary quarantine.

The bigger problem appeared in the old central storage because it was crammed with all sort of objects. The only way out to the transport lorry, was on the ground floor, where large objects closed this passage. Therefore the first job was to clean and stabilize the surfaces of these objects to get them out of the way to Himberg.

Erecting a quarantine tent, for the infected objects, in the old store was not possible for lack of space. So each packing unit was wrapped in foil to create quarantine in itself.

The truck drivers were also encouraged to clean their trucks by vacuum cleaner, in order to prevent further infestation.

### 2.1. Treatment

The IPM project team discussed Thermolignum, Sulfuryldiflorid and nitrogen treatment. Thermolignum was too expensive for the number of objects and Sulfuryldiflorid could react with other chemicals that were already on the object's surface. These reactions could be dangerous for the conservators too, as they would be the first ones to come into contact with the objects after treatment. Therefore, and also because members of the project team had already worked with it, we chose nitrogen treatment. In 2013 a nitrogen chamber that was 45cubic meters was installed. Each treatment would take 7 weeks.

This information in addition to the time limit of 2 years and 600 cubic meters of objects to treat leads to a temporary tent that would be able to be filled several times.

### 2.1.1. Nitrogen treatment

The location for the tent had to be big enough and climate controlled, to make the process successful. In addition, we needed to avoid extra transport. This space (Fig. 4) was found in our new storage in Himberg, about 22km outside Vienna, in the white section, an area where only pest-free objects are handled.

The challenges of the site were discussed with our biologist Pascal Querner, who explained to us the rules we had to follow.

“Always use one door and keep all the others closed, including the storage and elevator doors, during handling and be aware of cleaning the space after moving the objects.”

The last problem to solve before the emplacement could start was to find a company that would manage the nitrogen treatment for the museum. Several suppliers were contacted and luckily a small one from the countryside with a competitive price was found. As such, deal could be finalized by the end of 2012. Now the team was prepared for the adventures that would face them the following year.

## 3. Results

### 3.1. Temporary tent

The tent was constructed by a carpenter. The composite film of the tent was protected by a foil under the floor construction. This was made of oriented structural board. The wooden framework carried the tent's foil. The floor space was 100 square meters and the volume 400 cubic meters. The height of the tent was double size of the biggest packing unit.

To check the success of the treatment, the museum's biologist Pascal Querner advised the team to install samples of living insects (Fig. 5) inside and outside the tent. There were three samples inside with *Anobium punctatum*, *Tineola bisselliella* and *Anthrenus favipes* at different places and two outside the tent. After the treatment the samples inside should show dead insects, the others outside living insects. They were sent from Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin and were returned for evaluation. After six weeks of observation the experts sent us their examination report, so we knew our treatment had been successful. During the six passages in the tent we had to adapt our mode of operation to the changing circumstances.

The first tent was covert with composite film.

When the transports began, the climate was not already under control. Therefore space heaters were used to reach the necessary temperature. To hold the humidity level at 50% the nitrogen, which came from a tank outside the building, was moistened. The residual oxygen level was selected at 0, 3%.

Terms were held over five weeks, with about one week to get to the desired oxygen level and one week to return to normal levels. This in total – each run lasted seven weeks.

To fill a tent took two weeks and to clear out the objects 2 days.

The team worked with maps made with a computer aided drawing programme. As we were not allowed to put weight on the framework, we used heavy duty racks, that we could position the way we needed them. In the free area we used corletten, pallets with stacking frames and cardboard boxes. The colour-coding system indicated where packing units should be doubled. (Fig. 6)

From the second tent onwards we used a different procedure. An aluminium composite mjhfilm covered the composite film of the first tent. The space heaters were removed and three radiators had been installed, that where run with oil, inside the tent. A secure space of one square meter around them was chosen.

Beginning with the third tent, an air blower was used to spread the heat better inside the tent's area. The supplier of the tent was able to monitor the temperature, the humidity and the level of residual oxygen with the help of two sensors. The measured values were sent regularly to his computer. In this way he could adjust the parameter in the tent.



The last tent was filled with a large number of objects that were highly infested with *Anobium punctatum* and was stored in a depository outside of Vienna.

An expert on wood helped to split the objects into groups that belonged together.

The smaller objects were cleaned by vacuum cleaner in the warehouse itself during cold climate conditions in the early spring of 2014.

The other portion, with bigger items, was brought to the lorry box in Himberg where there was enough space to spread them out. They were then cleaned using a vacuum cleaner. After that the objects went directly to the tent to get treated.

After this treatment the tent was dismantled. A part of the foil was further used for nitrogen treatment demonstration. The framework of the tent was utilized to build racks for the packing material.

From June 2013 onwards the nitrogen chamber worked in addition to the tent. Therefore four extra height corletten were used like racks.

In this chamber it is possible to create a higher temperature level, which could also be lowered. The relative humidity rested at 50%. The level of residual oxygen was 0,4%.

### **3.2. Mould**

Mould was found in the storage of the clock collection and in the old central depository on the back side of some drawings and on the stone monuments in the lapidarium.

To add to that, the pallets of the stone monuments were infected with *Anobium punctatum*. In the old storage there was only one elevator for the whole building – so we had to ensure that none of those pests escaped.

The stone objects were laid and fixed on new pallets in the cellar with the help of a gantry crane and moved to the truck. We took care to get them, from the cellar to the truck without breakage, to minimize the risk of contamination to the other objects in the storage. After each load the elevator and the truck had to be cleaned with a mix of 70% Ethanol and water.

The stones that finally arrived in Himberg, were first of all stored in containers and under a big tent outside the storage building. Katja Sterflinger, an expert on microbiology, analyzed the surfaces of the objects and gave her opinion. She found bacteria that could transfer spores. These could destroy the objects' surfaces and were dangerous to human beings as well. As a result of these findings, the objects had to be treated following stringent occupational health and safety regulations.

The effective and sustainable Fungicide Benzalkoniumchlorid was used for surfaces with a paint layer or objects that came from an outdoor area. They were pre-washed with clean water and then treated with the fungicide Benzalkoniumchlorid in a 2, 5% solution and neutralized again with clean water. After that, the objects were dried in the sun and transferred to new heat treated pallets to be put into the stores. Objects of gypsum and sculptures with water sensitive surfaces couldn't be cleaned the same way. They were cleaned with soft brushes and a vacuum cleaner. Disinfection was executed with a mix of 70% Ethanol and water.

The work on the clock collection was different. Ms Sterflinger, our specialist for mould, had been contacted again and the health risk was taken seriously. My colleagues had to work in protective clothing with breathing equipment. To prevent the contamination of already cleaned objects, a lock had to be built between the area where the clocks were stored, the cleaning place and the transportation area.

The objects were carefully cleaned without moisture and the wooden parts were then treated with nitrogen.

All these steps of special cleaning and treatment were recorded in the museum's computer program for future reference.

### 3.3 Daily life in the new storage

In order not to undermine the results of our hard work, the gaps between wall and floor were closed wherever necessary. We also tried to close the tiny gaps between doors and door frames. Despite being a new building the storage facility did not adhere to the standards required for museum storage. Various solutions were tested, but in the end we used tape to cover the area, which was the cheapest and most effective method.

For our housekeeping a small company was engaged that guaranteed that only two people were responsible for our storage, which is cleaned twice a week.

Pascal Querner, our biologist, put out 250 sticky traps and pheromone traps. In the delivery hall a big light trap is used.

Our storage rules require each person to leave the outer wear and bags in the coat check, the same applies food and drinks, except for water.

A museums passport had been designed for all museums objects. Each new museum object has to be cleaned and nitrogen treated with the exception of objects made of inorganic material.

Museums objects that return to the depository are examined carefully to discern if they need treatment too.

If they are part textile, the nitrogen treatment is compulsory.

In this way we hope to sustain the high level of control in our storage facility.

## 4. Conclusion

To get to the end and to fulfill the mission impossible, 50 additional staff members had been hired. Luckily, a transport company had been chosen whose employees could adapt to the needs of our museum. IPM helped, and only 6% of the objects had to be treated with nitrogen.

Last but not least, I would like to emphasize that one of the core success factors was our museum staff. Without their hard work and self initiative this project would not have been possible.

So, make sure to keep your staff motivated! I can recommend Viennese coffee and cake. We celebrated even partial success that way.



**Fig. 1:** WIEN MUSEUM in the heart of the city

Standort Alt:  
**Theresiendenkmal (ZD/4. Stock/  
Regal 1578)**

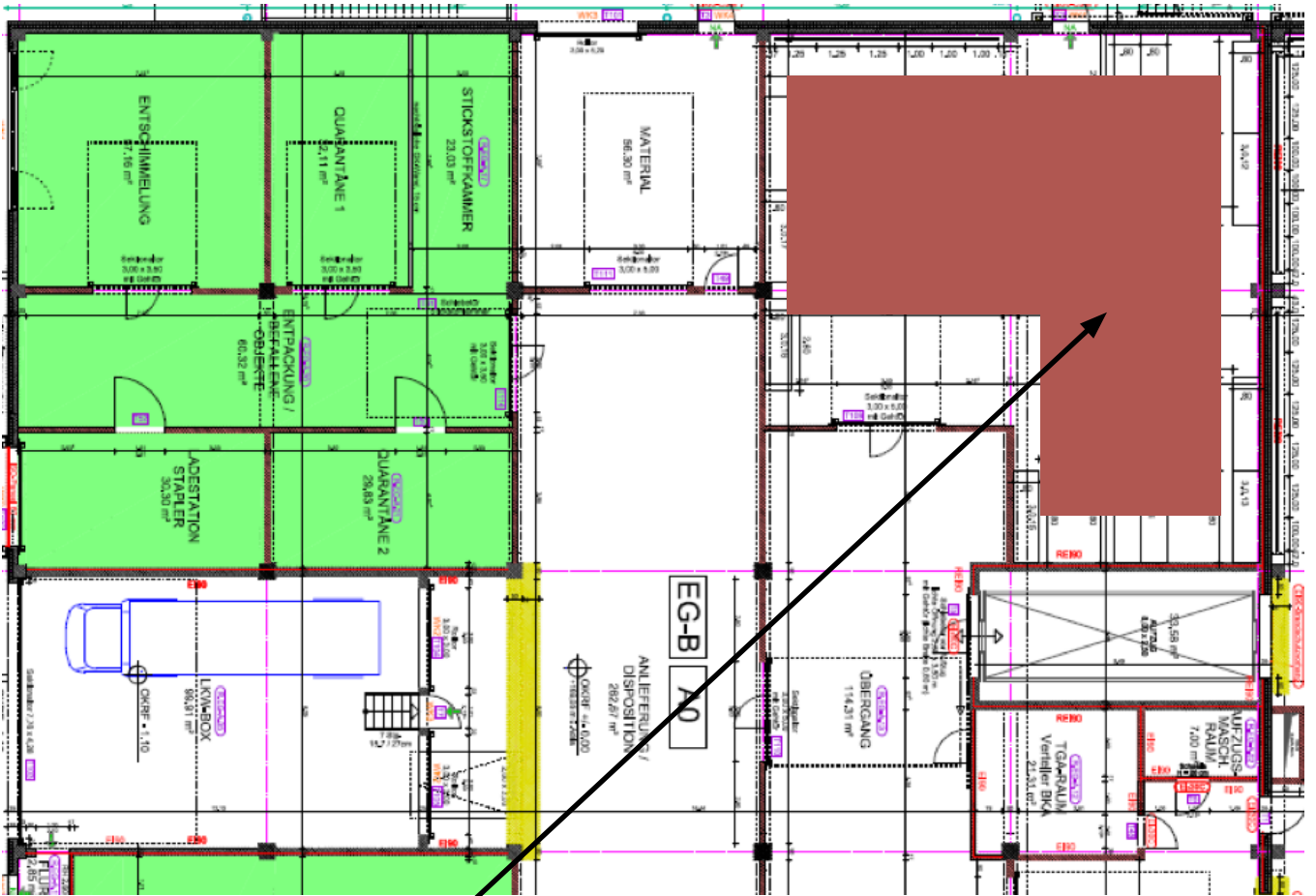
Konvolut:  
**Konvolut Maria-Theresia-Denkmal Kasten**

Konkordanz Standort:  
**B0 (DH)**

**Fig. 2:** One of the colored labels with the position in the new storage



**Fig. 3:** Packing unit with the moth label was brought to the quarantine room



**Fig. 4:** The tent in the white section



**Fig. 5:** Samples with insects





**Fig. 7:** Closed gaps between doors and doorframe with tape

## References

Valerie Thausig, Die Übersiedlung des Lapidariums, Depot neu – Die Sammlung des Wien Museums zieht um, 2015 Wien Museum74

Mag. Dr. Pascal Querner, Universität für Bodenkultur, Institut für Zoologie,  
Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien, Austria  
E-Mail: [pascal.querner@boku.ac.at](mailto:pascal.querner@boku.ac.at)

Assoc. Prof.Dr. Katja Sterflinger-Gleixner, Institut für Biotechnologie,  
Muthgasse 18, 1190 Wien, Austria  
E-Mail: [katja.sterflinger@boku.ac.at](mailto:katja.sterflinger@boku.ac.at)



# EU biocide products regulations 528/2012. History, present status and effect on the heritage sector

---

## **Bob Child**

Historyonics,  
Cardiff, Wales, United Kingdom  
*bob.child@ntlworld.com*

## **Abstract**

In the late 20th Century, most European Union countries had some legislation regarding the use of biocides. These were sometimes incorporated in health and safety legislation, or in the case of the UK, in separate specific Control of Pesticides Regulations (1986) as amended. The attempt to harmonise throughout the EU came with the Biocidal Products Directive 98/8/EC. This proved unsatisfactory and was replaced with the EU Biocides Regulation 528/2012, which came into operation in 2013. It has since been amended (Amending Regulation 334/2014) and is still being implemented.

The new regulations are already affecting the definition and use of biocides with very strong and potentially damaging effects on the heritage industry. With many effective biocides becoming illegal, uncertainty exists over the use of some materials such as pheromone attractants, and discussion on some processes such as anoxic fumigation is ongoing.

This study aims to make sense of the current situation and the likely consequences for IPM in heritage institutions in the future.

## **Key words**

biocidal products regulations

# La réglementation européenne relative aux produits biocides 528/2012. Son histoire, son actualité et ses effets sur le secteur patrimonial

## Bob Child

Historyonics,  
Cardiff, Wales, United Kingdom  
bob.child@ntlworld.com

## Résumé

À la fin du XX<sup>e</sup> siècle, la plupart des pays de l'Union Européenne (UE) avaient une certaine législation concernant l'utilisation des biocides. Ceux-ci étaient parfois intégrés dans la législation relative à la santé et la sécurité, ou, comme c'était le cas au Royaume-Uni, dans une réglementation spécifique et distincte relative au contrôle des pesticides (1986). La tentative d'harmonisation dans toute l'UE est abordée avec la directive européenne 98/8/CE relative aux produits biocides. Celle-ci s'est révélée insatisfaisante et a été remplacée par le règlement 528/2012 relatif aux produits biocides de l'UE, qui est entré en vigueur en 2013. Celui-ci a été modifié par le règlement 334/2014 qui est toujours en vigueur.

L'application de la nouvelle réglementation affecte déjà la définition et donc l'utilisation des biocides et a des effets très importants et potentiellement dommageables pour le domaine du patrimoine. De nombreux biocides efficaces devenant illégaux, l'incertitude plane sur l'utilisation de certains moyens tels que les attractifs aux phéromones et les procédés tels que la fumigation anoxique.

Ce document vise à donner une orientation, quant à la situation en cours et aux conséquences probables à l'avenir, de la lutte antiparasitaire intégrée dans les institutions du patrimoine.

## Mots clefs

réglementation des produits biocides

# Muséophagies... jusqu'où peut-on lutter ?

**Jacques Cuisin**

**Christophe Gottini**

**Anne Préviateo**

Direction des Collections,  
Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, Ile-de-France, France

Correspondance : [cuisin@mnhn.fr](mailto:cuisin@mnhn.fr)

## Résumé

Les auteurs reviennent sur 25 ans de lutte contre les ravageurs des collections au Muséum national d'Histoire naturelle, et plus spécialement des collections de vertébrés naturalisés.

Ces collections sont déployées principalement dans des espaces de visite ou en réserves, dans de nombreux bâtiments dispersés sur l'ensemble du Jardin des Plantes, mais aussi en prêts extérieurs. Ancienne ou récente, issues de plusieurs techniques de fabrication différentes, la sensibilité de ces collections aux ravageurs reste de toute façon aléatoire : la compréhension des phénomènes de dispersion des infestations est ainsi considérée comme un enjeu important pour l'efficacité des moyens de lutte.

Une grande partie de l'intervention est consacrée aux insectes kérotophages, et aux moyens qu'il a fallu progressivement développer pour tenter d'en limiter les ravages incessants, à cause de résistances progressivement développées par les insectes.

Il y a ainsi un parallèle qui existe depuis longtemps entre les nouveaux moyens de détection et/ou de lutte, et les réponses adaptatives de la part des organismes ravageurs, chacun essayant de devancer l'autre. Cette « course à étapes » a généré discussion et entraide parmi les équipes des différents musées et dialogues avec les professionnels spécialisés. Toutefois, en complément des partages professionnels intensifiés au travers de réseaux de discussion, il importe aujourd'hui de pouvoir initier ou encadrer des études de mesures de la résistance et des capacités d'adaptation des ravageurs, afin de mieux comprendre et de lutter plus efficacement.

Une partie de l'intervention est aussi consacrée à un cas récent de contamination en réserve souterraine par de multiples souches fongiques, à la manière dont elle a été cernée, puis analysée et traitée. L'intérêt de ce cas réside dans la surface contaminée, la variété des collections affectées, la chaîne des intervenants, ainsi que l'identification des points faibles du bâtiment et des processus engagés.

Qu'il s'agisse d'infestation ou de contamination, les moyens de lutte possibles sont de plus en plus sous le feu de réglementations croisées, qui concernent tout autant la nature des produits mis en œuvre que leur influence avérée et potentielle, voire putative, sur la santé des personnels et des publics. La réglementation agit-elle comme un nouvel acteur direct pour la conservation du patrimoine ?

Au-delà du simple retour d'expérience, les auteurs souhaitent souligner, au travers de cas concrets, l'importance des approches préventives. Ils souhaitent également souligner la difficulté de maintenir une activité élevée d'exploitation scientifique, muséographique ou autre, des collections, en relation avec un indice sanitaire satisfaisant, dans des contextes matériels et financiers de plus en plus contraints et restreints.

## Mots clés

naturalia, contamination, *Tineolidae*

# Fighting against pests in cultural institutions, how far can we go?

**Jacques Cuisin**

**Christophe Gottini**

**Anne Préviateo**

Direction des Collections,  
Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, Ile-de-France, France

Corresponding author: *cuisin@mnhn.fr*

## Abstract

The authors look back on 25 years of pest control for the collections at the National Museum of Natural History, in particular regarding the naturalized vertebrate collections.

These collections are mainly displayed in visiting areas or reserves, within buildings scattered throughout the Jardin des Plantes, but also on loan elsewhere. The vulnerability of the collections to pests remains uncertain due to their diversity, as pieces can be old or recent, and a variety of techniques were used to create them. Understanding the phenomena of infestation dispersal is thus considered a key issue for the effectiveness of control methods.

A considerable part of our study is devoted to keratophagous insects and the means that have been developed progressively to try to limit the damage they cause. The problem is nonetheless ongoing, due to the natural resistances developed, also progressively, by the insects.

Thus a parallel has existed for a long time between new means of detection and/or control and adaptive responses from pest organisms, each one trying to stay ahead of the other. This "stage race" has generated discussion and mutual aid among the teams of the different museums and dialogue with specialist professionals as well. In addition to sharing through professional discussion networks, it is now important to initiate or supervise studies focusing on measuring pest resistance and adaptive capacities in order to better understand pests and control them more effectively.

Part of our presentation is also devoted to a recent case of contamination with multiple fungal strains in an underground reservoir and how it was identified, analyzed and treated. The interest of this case lies in the contaminated surface area, the variety of collections affected, the chain of stakeholders, the identification of weak points of the building, and the processes involved.

Whether it is a question of infestation or contamination, the possible means of control are increasingly under the fire of cross-regulations. At issue are both the nature of the products used and their proven, potential, even putative influence on the health of staff and the public. Does regulation act as a new direct player for heritage conservation?

Beyond simple feedback, the authors highlight, through concrete cases, the importance of preventive approaches. They also emphasize the difficulty of maintaining a high level of exploitation of the collections – be it scientific, museographic or other – while guaranteeing a satisfactory health index, in material and financial contexts that are increasingly constrained and restricted.

## Key words

*naturalia*, contamination, *Tineolidae*

# Retour sur 10 ans de pratique: l'IPM au Musée du quai Branly (2006-2016)

**Fabrice Sauvagnargues**

Musée du quai Branly, Paris, France

*fsa@quaibranly.fr*

## Résumé

L'objet de cette communication sera de présenter la façon dont se sont mis en place les différents instruments de lutte intégrée au Musée du quai Branly en insistant sur les allers-retours, les tâtonnements et les limites de la pratique aujourd'hui.

La présentation mettra ainsi l'accent sur le fait que les questions d'IPM existent, en partie, dès l'origine du fonctionnement du musée et qu'elles sont partie intégrante des procédures, mais que des mécanismes institutionnels et des principes d'organisation, s'ils n'ont pas entravé, ont au moins freiné leur plein développement.

La présentation pourrait s'articuler selon les axes suivants:

- \* Présentation succincte du musée, ses collections.
- \* Présentation des étapes et de la façon dont s'est mise en place l'IPM au musée.
- \* Conditions structurelles (bâtiment neuf, mais non performant en termes de prévention des risques) et organisationnelles (plusieurs personnes qui se succèdent, mais pas de pratiques uniformes et un manque chronique d'archive et de transmission des informations) qui posent problème.
- \* La question de la fiabilité des données sur le temps long: comment comparer des données qui ne sont pas collectées de la même façon sur une décennie?
- \* La question du risque d'enfermement dans une méthode sans réflexivité sur les pratiques.

## Mots clefs

IPM, retour d'expérience

# Sharing 10 years of practice: IPM at the quai Branly Museum

---

**Fabrice Sauvagnargues**

Musée du quai Branly, Paris, France

*fsa@quaibranly.fr*

## Abstract

The purpose of this presentation is to describe how the various IPM instruments were set up in the quai Branly Museum, while emphasizing the back and forth, trial and error and limits of this practice today.

IPM was incorporated into the procedures from the very start of the activity of quai Branly Museum. However, institutional mechanisms and organizational principles have hindered its full development.

This presentation covers the following areas and issues:

- \* Brief introduction to the museum and its collections.
- \* Presentation of the stages and the way IPM was set up in the museum.
- \* Structural and organizational conditions. The new building is not efficient for risk prevention, and different people work one after another without uniform practices. Archives and transmission of information are also lacking.
- \* Reflection on the reliability of data over time: how can data be compared when they were collected in different ways for over a decade?
- \* Reflection on the risk of becoming trapped in a method without reflexivity on practices.

## Key words

IPM, sharing experience

# Insect pest management in the private country house

**Amber Xavier-Rowe**

Collections Conservation,  
English Heritage, Luton, United Kingdom  
*amber.xavier-rowe@english-heritage.org.uk*

## Abstract

The effectiveness of insect pest management (IPM) based on monitoring, identification, recording, cleaning and targeted treatment is a proven strategy for controlling insect pests in museums and heritage organisations. Can this approach be applied to a private country house which is both a visitor attraction and a family home?

The author has spent the past three years working with four large privately owned country houses in England – Althorp in Northamptonshire; Syon House on the outskirts of London; Alnwick Castle in Northumberland and Holkham Hall in Norfolk. Except for Syon House the families live in the houses and use the show rooms when they are not open to the public. The Head Housekeeper is crucial to the operation of these houses with responsibility for daily cleaning and handling the contents in the showrooms and private family areas.

All of the houses have had or are actively dealing with Webbing Clothes Moth *Tineola bisselliella* infestations. The main sources being:

- inaccessible areas of woollen carpets under furniture,
- modern carpets rolled and stored,
- crowded storage rooms,
- chimneys blocked with nesting material and dead birds.

The increase in winter indoor temperatures to comfort levels as heating systems get upgraded is also contributing to an increase in numbers.

Insect Pest Management as the principal insect pest control strategy for these privately owned properties is having a measure of success. The principal reasons for this success include:

- having a staff member who becomes the IPM champion
- access to IPM expertise at least once a year for one to two days
- an active monitoring programme using pheromone and blunder traps
- thorough and targeted cleaning
- targeted localised treatment
- disposal and reorganisation of stored collections
- good general awareness of insect pests and how to prevent infestation across the staff team and with the family.

The opportunity to work with private country houses has confirmed the author's experience that IPM can only be successfully delivered and sustained when an IPM professional is employed or consulted.

The author would like to acknowledge the support for this abstract and presentation from Clare Baxter, Collections Manger, Alnwick Castle & Syon House; James Ward, General Manager, Althorp and Sharon Cheshire, Hall Manager, Holkham Hall.

## Key words

insect pest management, private country houses, IPM professional, webbing clothes moth, trapping programme

# L'IPM dans les demeures privées ouvertes au public

## **Amber Xavier-Rowe**

Collections Conservation,  
English Heritage, Luton, United Kingdom  
*amber.xavier-rowe@english-heritage.org.uk*

## Résumé

L'efficacité de la gestion intégrée des nuisibles (IPM) basée sur le contrôle, l'identification, l'enregistrement, le nettoyage et le traitement ciblé est une stratégie éprouvée pour contrôler les insectes nuisibles dans les musées et les organisations patrimoniales. Cette approche peut-elle être appliquée à une maison de campagne privée qui est à la fois une attraction pour les visiteurs et une maison familiale ?

L'auteur a passé les trois dernières années à travailler avec quatre grandes maisons de campagne privées en Angleterre : Althorp dans le Northamptonshire ; Syon House dans la banlieue de Londres ; Alwick Castle dans le Northumberland et Holkham Hall dans le Norfolk. À l'exception de Syon House, les familles vivent dans les maisons et utilisent les salles d'exposition lorsqu'elles ne sont pas ouvertes au public. La personne responsable de l'entretien est essentielle au fonctionnement de ces maisons. Elle est responsable du nettoyage quotidien et de la manutention du contenu des salles d'exposition et des zones familiales privées.

Toutes les maisons ont été ou sont activement confrontées à des infestations de la mite des vêtements *Tineola bisselliella*. Les sources principales de celles-ci sont :

- des zones inaccessibles de tapis en laine sous les meubles,
- des tapis modernes roulés et stockés,
- des salles de stockage encombrées,
- des cheminées bloquées par des matériaux de nidification et des oiseaux morts.

L'augmentation de la température intérieure en hiver, qui atteint des niveaux de confort grâce à l'amélioration des systèmes de chauffage, contribue également à l'augmentation du nombre de nuisibles.

La gestion intégrée des nuisibles, en tant que stratégie principale de contrôle des insectes nuisibles pour ces propriétés privées, connaît un certain succès. Les raisons principales de ce succès comprennent :

- la présence d'un membre du personnel qui devient le champion de la lutte contre les insectes nuisibles,
- l'accès à l'expertise en matière de lutte contre les parasites au moins une fois par an pendant un à deux jours,
- un programme de surveillance active utilisant des phéromones et des pièges à colle,
- un nettoyage approfondi et ciblé,
- un traitement local ciblé,
- l'agencement et la réorganisation des collections stockées,
- une bonne connaissance générale des insectes nuisibles et la manière de prévenir les infestations au sein de l'équipe du personnel et de la famille.

Ce travail avec des maisons de campagne privées a confirmé les observations de l'auteur, à savoir que la lutte intégrée contre les parasites ne peut être menée à bien et durablement que si un professionnel de la lutte intégrée est employé ou consulté.



L'auteur tient à remercier Clare Baxter, responsable des collections, Alnwick Castle & Syon House, James Ward, directeur général, Althorp et Sharon Cheshire, responsable du hall, Holkham Hall, pour leur soutien à l'occasion de la réalisation de ce résumé et de cette présentation.

## Mots clefs

contrôle des insectes, maisons de campagne, professionnels en IPM, mite des vêtements, programme de piégeage

# IPM, projets de conservation au Mobilier national à court, moyen et long terme

## **Sandra Isakovitch**

Département des collections,  
Mobilier national, Paris, France  
[sandra.isakovitch@culture.gouv.fr](mailto:sandra.isakovitch@culture.gouv.fr)

## Résumé

Les collections du Mobilier national sont estimées à 120 000 biens culturels dont environ 70 000 conservés en réserve. Les autres sont en dépôt dans les résidences de l'État ou dans des châteaux-musées ouverts au public.

Composées en grande majorité d'éléments meublants (sièges, bureaux, commodes), elles comprennent également une collection textile de premier ordre, issue des ateliers de production des Manufactures nationales des Gobelins, de la Savonnerie de Beauvais, ainsi que des ateliers conservatoires nationaux de dentelles d'Alençon et du Puy-en-Velay.

Les matériaux organiques, sensibles aux contaminants biologiques, sont ainsi très largement représentés.

La surface totale utilisée actuellement pour le stockage des collections est de 15 400 m<sup>2</sup> répartis sur 4 sites dont deux principaux, sur Paris et sur la région parisienne.

Les collections ont été longtemps stockées dans des conditions inadéquates, avec un suivi sanitaire irrégulier. La mobilité des objets et leur caractère utilitaire augmentent par ailleurs les risques d'infestation.

Depuis une vingtaine d'années, les rénovations de certaines réserves ont été entreprises. Cependant les difficultés persistent. Le suremboulement des espaces entrave notamment l'accessibilité aux œuvres et la mise en place des veilles et des maintenances sanitaires. La mixité des espaces constitue également un facteur aggravant.

La présence d'insectes est notable sur une partie des biens conservés. L'établissement se place aujourd'hui dans la perspective d'un chantier de collections, accompagné d'un traitement de désinsectisation globale avec, à moyen terme, la création d'un centre de conservation hors les murs.

Dans l'attente de ce projet, les équipes gestionnaires des réserves mettent en place des actions visant à limiter le développement des foyers existants :

- Nettoyage et entretien régulier des réserves.
- Elargissement de la zone de piégeage.
- Détection des biens potentiellement infestés lors des entrées et traitement par congélation en interne.

# IPM and conservation projects at the Mobilier National: short, medium and long term

**Sandra Isakovitch**

Département des collections,  
Mobilier national, Paris, France  
*sandra.isakovitch@culture.gouv.fr*

## Abstract

The collections of the Mobilier National are estimated at 120,000 items of cultural property, of which approximately 70,000 are kept in reserve, while the others are on deposit in State residences or in museum castles open to the public.

Composed mainly of furniture, they also include a first-rate textile collection from the production workshops of the national manufactories – Manufactures nationales des Gobelins, de la Savonnerie and de Beauvais – as well as the National conservatory lace workshops of Alençon and Puy-en-Velay.

Organic materials, sensitive to biological contaminants, are widely present in these traditionally crafted pieces.

The total surface area currently used for collection storage is 15,400 m<sup>2</sup> spread over 4 sites, and the main facilities are Paris and the Paris area.

The collections have been stored for a long time in inadequate conditions with irregular monitoring. Loan transportation of the pieces and their utilitarian nature also increase the risk of infestation.

During the last 20 years, some of the museum storage areas have been renovated, but overall storage conditions are still inadequate.

Overcrowding of spaces obstructs access to objects and impedes monitoring and maintenance. The diversity of the storage spaces is also a contributing factor.

Due to the presence of insects in parts of the collections, plans are being made for a comprehensive pest control treatment, including an off-site conservation center for medium term.

Pending this project, the teams managing the reserves are implementing actions to limit the spread of existing infestations:

- regular storage facility cleaning and maintenance.
- extending the trapping area.
- detecting potentially infested properties upon entry and conducting on site freezing treatment.

# Insect pest preventive measures included in gallery displays at the V&A

## Valerie Blyth

Conservation and collections management,  
Victoria and Albert museum, London, United Kingdom

## David Pinniger

Consultant entomologist,  
Cookham, Berkshire

Corresponding author: [valblyth@vam.ac.uk](mailto:valblyth@vam.ac.uk)

## Abstract

Included in the Integrated Pest Management strategy at the V&A are guidelines for incorporating IPM preventive measures within gallery re-design or new builds. It has long been recognised that there are indigenous insect pests within the fabric of the buildings of most cultural institutions. The present study will discuss V&A guidelines in relation to current and past projects and the challenges of working with architects and design teams involved in the presentation of the re display of the museum collections. This context is an opportunity to address infestation issues; when designing new spaces such as one gallery, a suite of galleries, or a new building, we should endeavour to make every space as inhospitable to insect pests as possible. These generic guidelines point out the most common areas of insect ingress: raised floors or the creation of voids are likely to lead to future insect pest problems. Some suggestions are made about how to deal with voids, raised floors, floor wall angles and treatment of air vents. As there is an established link between the build-up of dirt and dust in galleries and the rise in numbers of museum insect pests, access for cleaning should also be considered by designers. The V&A guidelines have successfully been employed in major projects, including: 1600-1815 new Europe galleries completed in November last year and the Japanese (Toshiba) gallery and the Exhibition Road project. Most recently, IPM measures were considered in the early stages of the design brief for two V&A outreach projects. Design society in Shekou, China, was a new collaboration with China and the V&A Museum of Design, in Dundee. Furthermore, a new outpost of the V&A is being planned in the Queen Elizabeth Olympic park in East London. Additionally, there are proposals for a new storage facility where IPM and other preventive measures will be a bigger consideration in terms of preparation and treatment of potentially thousands of object moves. Past projects at the V&A also required remedial works to combat pest ingress. Thus, our study will discuss missed opportunity and some design drawbacks for access to objects and essential maintenance and cleaning. Main points for insect ingress are disused heating ducts and floor grilles, cavity walls, raised floors, between floor boards and dead spaces or voids. Key preventive actions include treatment of space below raised floors, application of desiccant dust and sealing wall and floor junctions. Good communication is essential between all project personnel and IPM guidelines for new construction and builds should become the norm in tender documents.

Val Blyth senior preventive conservator May 2016

## Key words

preventive, guidelines, insects, displays, treatment

# Les mesures préventives contre les insectes dans les espaces d'exposition du V&A

## Valerie Blyth

Conservation and collections management,  
Victoria and Albert museum, London, United Kingdom

## David Pinniger

Consultant entomologist,  
Cookham, Berkshire

Correspondance : [valblyth@vam.ac.uk](mailto:valblyth@vam.ac.uk)

## Résumé

La stratégie de gestion des nuisibles intégrée de la V&A (Victoria & Albert Museum) comprend des lignes directrices pour l'intégration de mesures préventives de la gestion intégrée des nuisibles, dans le réagencement des galeries ou les nouvelles constructions. Il est reconnu depuis longtemps que des insectes nuisibles indigènes sont présents dans les bâtiments de la plupart des institutions culturelles. Le présent document traitera des lignes directrices du V&A, en relation avec les projets actuels et passés et les défis que représente la collaboration avec les architectes et les équipes de concepteurs impliqués dans la présentation de la nouvelle exposition des collections du musée. La conception de nouveaux espaces, qu'il s'agisse d'une galerie, d'une série de galeries ou d'un nouveau bâtiment, offre donc la possibilité de répondre à ces questions. Nous nous efforçons de rendre les espaces aussi inhospitaliers que possible aux insectes nuisibles. Ces recommandations génériques indiquent les zones où la pénétration des insectes est la plus probable, où les planchers surélevés ou la création de vides sont susceptibles d'entraîner des problèmes futurs de parasites. Ainsi, certaines propositions évoquent la manière de traiter les vides, les planchers surélevés, les angles des murs et du plancher, et le traitement des bouches d'aération. Comme il existe un lien établi entre l'accumulation de saleté et de poussière dans les galeries et l'augmentation du nombre d'insectes nuisibles dans les musées, les concepteurs doivent également envisager l'accès pour le nettoyage. Les recommandations du V&A ont été appliquées avec succès dans des projets majeurs, notamment : dans les nouvelles galeries européennes 1600-1815 achevées en novembre de l'année dernière, dans la galerie japonaise (Toshiba) et dans le projet *Exhibition Road*.

Plus récemment, des mesures IPM ont été envisagées dès les premières étapes de la conception de deux projets de sensibilisation au V&A. Le Design society à Shekou, en Chine, est une nouvelle collaboration entre la Chine et le musée du design V&A, à Dundee. Une nouvelle annexe au V&A est prévue dans le parc olympique de la Reine Elizabeth à l'est de Londres. Il existe également des propositions pour une nouvelle installation de stockage, où l'IPM et d'autres mesures préventives seront davantage prises en compte en termes de préparation et de traitement de milliers de mouvements potentiels d'objets. Un regard est également apporté sur d'autres projets V&A qui ont nécessité des travaux correctifs pour pallier la pénétration des parasites. L'article traitera des occasions manquées et de certains inconvénients posés par la structure, relatifs à l'accès aux objets, à l'entretien et au nettoyage essentiel. Les principaux points d'entrée des insectes sont les conduits de chauffage et les grilles de sol désaffectées, les murs creux, les planchers surélevés, les espaces entre les planches de sol et les autres espaces vides. Les principales mesures préventives comprennent le traitement de l'espace

sous les planchers surélevés, l'application de poudre de dessiccation et le scellement des jonctions entre les murs et les planchers. Une bonne communication des projets est essentielle entre tout le personnel, et les directives de l'IPM devraient devenir la norme dans les documents d'appels d'offres des nouveaux travaux et bâtiments.  
Val Blyth restauratrice préventive senior, mai 2016.

## Mots clefs

prévention, lignes directrices, insectes, affichages, traitement

# Museon Arlaten: un projet de rénovation - conséquences pour l'IPM

**Michaela Berner**

Biologiste consultante, Paris, France

**Ghislaine Vallée**

Attachée de conservation responsable collections,  
Museon Arlaten musée départemental d'ethnographie, Arles, France

Correspondance : [mberner@club-internet.fr](mailto:mberner@club-internet.fr)

## Résumé

Le Museon Arlaten est l'un des tout premiers musées ethnographiques créés en France, pour conserver les traces d'une culture régionale. Situé à Arles et fondé à l'initiative du poète Frédéric Mistral, le musée fut inauguré en 1899 et possède aujourd'hui près de 40 000 objets et documents illustrant la vie quotidienne des Provençaux, du XVIII<sup>e</sup> siècle à nos jours.

Après plus d'un siècle d'utilisation des bâtiments historiques le constituant, un projet de rénovation s'est révélé indispensable pour poursuivre dans les meilleures conditions la mise en valeur d'objets de collections aussi riches de sens que divers de matériaux (textile, bois, métal, de nombreux objets composites...).

Lancée en 2006, la rénovation du musée suit son cours, mais la première phase du projet est d'ores et déjà achevée, avec le Centre d'Etude, de Restauration et de Conservation des Œuvres (CERCO), livré en 2011 : lieu pérenne qui associe aux réserves un espace de consultation, des ateliers techniques de restauration, de dépoussiérage, d'encadrement et de menuiserie légère, ainsi qu'une salle dédiée à la désinsectisation des œuvres par congélation et par anoxie.

Les bâtiments du musée hébergeaient de nombreuses espèces d'insectes nuisibles saprophages, nécrophages et xylophages qui ont provoqué des altérations importantes sur des objets de la collection. Le dermeste *Thyrodrias contractus* et les xylophages du genre *Oligomerus* étaient très fréquents. La présence des différents insectes s'expliquait par la perméabilité du bâtiment, la proximité permanente de pigeons ainsi que par l'accumulation de débris organiques dans des zones difficiles à entretenir.

Impliqué dans le projet de rénovation, dont la réalisation a dû être inscrite dans la durée, et limité dans les possibilités d'intervention, le musée a mis en place un programme de surveillance biologique en 2006 ; il a été maintenu après la fermeture du musée en 2009 et durant toute la phase de conditionnement des objets. Dès la concrétisation du projet de construction du CERCO, et dans la perspective du déménagement, le programme IPM a été adapté au nouveau contexte et renforcé. Des traitements curatifs ont été appliqués sur tous les matériaux organiques par congélation et par anoxie avant introduction dans les réserves. Des campagnes de piégeage effectuées dès l'ouverture du bâtiment, avant l'arrivée des collections, ont permis de cerner les insectes caractéristiques du nouvel environnement, leurs voies d'entrées, les zones à risques et de vérifier l'efficacité des mesures curatives prises. Le dispositif de piégeage et le suivi ont été améliorés, les formations reprises pour réajuster les connaissances de l'équipe face aux nouvelles espèces rencontrées, aux risques microbiologiques et aux problématiques spécifiques du nouveau bâtiment.

## Mots clefs

environnement différent, biocontaminants différents, étude de cas, IPM et rénovation

# A renovation project and its consequences for IPM at the Museon Arlaten

**Michaela Berner**

Biologiste consultante, Paris, France

**Ghislaine Vallée**

Attachée de conservation responsable collections,  
Museon Arlaten musée départemental d'ethnographie, Arles, France

Corresponding author: [mberner@club-internet.fr](mailto:mberner@club-internet.fr)

## Abstract

The Museon Arlaten is one of the very first ethnographic museums created in France to preserve the traces of a regional culture. Located in Arles, and founded on the initiative of the poet Frédéric Mistral, the museum was inaugurated in 1899. Today it houses nearly 40,000 objects and documents illustrating the daily life of the Provençal people from the 18<sup>th</sup> century to the present day.

After more than a century of use of its historic buildings, a renovation project was essential to provide the best conditions for objects from collections as rich in meaning as they are diverse in materials, including textiles, wood, metal, and numerous composite objects, for example.

Launched in 2006, the renovation of the museum is ongoing, but the first phase of the project has already been completed, with the delivery in 2011 of the Centre d'Etude, de Restauration et de Conservation des Œuvres (CERCO). The center combines storage facilities with a consultation area and technical studios for restoration, dust removal, framing and light carpentry, as well as a room dedicated to the disinsectization of works by freezing and anoxia.

The former museum buildings housed many species of saprophagous, scavenging and wood-boring pests that caused significant damage to objects in the collection. The dermestids *Thylosinidius contractus* and woodborers of the genus *Oligomerus* were very common. The presence of these insects was likely due to the permeability of the building, the permanent proximity of pigeons and the accumulation of organic debris in areas difficult to access.

As part of the renovation project, the museum set up a biological monitoring program in 2006. The program was maintained after the closure of the museum in 2009 and throughout the object conditioning phase. As soon as the CERCO construction project was completed, with the move in mind, the IPM program was adapted to the new context and reinforced. Curative treatments were carried out on all organic materials with freezing and anoxia before they were introduced into the reserves. Trapping campaigns, set up as soon as the building was opened and before the arrival of the collections, made it possible to identify the insects characteristic of the new environment, their routes of entry, risk areas and to check the effectiveness of the curative measures taken. Accordingly, trapping and monitoring systems were reinforced, and training was held to inform the team about the new species encountered, the microbiological risks and the problems specific to the new building.

## Key words

different environment, different biocontaminants, case study, IPM and renovation



# Mise en place d'une politique globale d'IPM au Musée du Louvre

**Christophe Gautelier**

**Jean-Claude N'Dzana-Ekania**

DPAJ-SMA, Musée du Louvre, Paris cedex 01, France

**Grazia Nicosia**

**Joëlle Le Roux**

DRC-SCP, Musée du Louvre, Paris cedex 01, France

Correspondance : [christophe.gautelier@louvre.fr](mailto:christophe.gautelier@louvre.fr)

## Résumé

Le musée du Louvre souhaite présenter ses intentions concernant sa politique d'IPM au travers de l'implantation du nouveau marché 3D du musée. En amont de la passation du marché, un travail d'étude préalable a été engagé avec l'ISTAV, une société spécialisée dans la maîtrise des populations de nuisibles, nous permettant de bénéficier de l'expertise d'un vétérinaire et d'un entomologiste, pour définir précisément les besoins et les méthodologies à mettre en œuvre. Cela passe par 3 volets: un audit interne avec visite et catégorisation des espaces, une analyse des risques par catégorie de surfaces et des mesures à mettre en rapport; un travail de benchmarking (retours d'expériences d'institutions comparables) et de *sourcing* (recherche de prestataires ayant les compétences nécessaires pour s'adapter au besoin); et un appui sur les sources normatives et réglementaires (normes 16 636 sur les applicateurs; pré-norme 16 790 sur l'IPM appliquée au patrimoine, réglementation européenne « biocide »).

L'originalité de la démarche engagée tient au travail de collaboration entre un service bâtiment et un service conservation préventive dans l'objectif commun de développer la stratégie IPM sur l'ensemble du domaine du Louvre, comprenant bâtiments et jardins.

Actuellement, les nuisibles sont pris en charge par le service bâtiment, avec l'aide d'un prestataire extérieur (marché 3D: dératisation, désinsectisation, désinfestation), axé principalement sur les rongeurs et blattes en lien avec les activités alimentaires mais aussi sur la désinfection bactéricide des bases-vie des agents de surveillance. Le but recherché, inscrit au marché, est l'absence totale de rongeurs et blattes, passant principalement par des traitements répétés.

Le service de conservation préventive travaille de son côté sur l'environnement des collections, principalement dans les espaces muséographiques et les réserves d'œuvres, en évaluant les risques, par le biais de piégeages circonscrits et par des inspections. Les mesures correctives consistent en un renforcement de l'entretien des espaces et des collections. Pour le traitement des collections, seule l'anoxie est utilisée.

C'est ce cheminement vers le développement d'une politique commune d'IPM qui sera abordé ici, répondant au besoin d'une meilleure maîtrise du risque biologique, passant par une meilleure connaissance des populations et de leur apparition ou développement et une stratégie élaborée ne se limitant plus au seul traitement, mais privilégiant au contraire le monitoring et la mise en place d'outils de suivi pérennes ainsi que la conjonction d'actions de prévention variées.

Au-delà de la définition de ce nouveau marché qui officialise la démarche de l'institution, l'ensemble du personnel du musée est convié à une prise de conscience de la démarche préventive. Ainsi, l'adaptation des protocoles et procédures de travail, comme la coordination entre divers corps de métiers (entretien des espaces, entretien et veille sur les collections, climatisation, personnel de surveillance) est un corollaire à la réussite de la démarche.

## Mots clefs

politique IPM, prévention, norme

# Setting up comprehensive IPM policy at the Musée du Louvre

**Christophe Gautelier**

**Jean-Claude N'Dzana-Ekania**

DPAJ-SMA, Musée du Louvre, Paris cedex 01, France

**Grazia Nicosia**

**Joëlle Le Roux**

DRC-SCP, Musée du Louvre, Paris cedex 01, France

Corresponding author: [christophe.gautelier@louvre.fr](mailto:christophe.gautelier@louvre.fr)

## Abstract

The focus of this presentation is to highlight the IPM policy of the Musée du Louvre through the implementation of its new Disinfection, Disinsectization and Deratization (3D) contract. Prior to awarding the contract, a preliminary study was undertaken with ISTAV, a company specialized in pest control. This allowed us to benefit from the expertise of a veterinary doctor and an entomologist to accurately define the needs and methodologies to be implemented. The resulting procedure was threefold; it started with an internal audit plus a visit to assign categories to the different parts of the Louvre and perform risk analysis by category and size of area. Second, benchmarking (via feedback from comparable institutions) and sourcing (finding service providers with the necessary skills to adapt to the need) were completed. Additionally, we consulted normative and regulatory sources: standards 16 636 on applicators, pre-standard 16 790 on IPM applied to heritage, and European biocide regulations.

The originality of the approach lies in the collaboration of a building department and a preventive conservation department whose common objective is to develop IPM strategy for the entire Louvre, buildings and grounds.

Pests are currently managed by the buildings department, with the help of an external service provider and a 3D contract. This mainly deals with rodents and cockroaches related to food activities and bactericidal disinfection of the surveillance agents' living area, the aim being a total absence of rodents and cockroaches, mainly through repeated treatments.

The Preventive Conservation department manages the collection environment, particularly in museum spaces and storage facilities, through risk assessment, traps and inspections. Corrective measures consist of reinforcing space and collection maintenance. To treat the collections, only anoxia is used.

Progress toward a common IPM policy to meet our needs for improved pest control will be addressed here. Gaining knowledge on populations and their appearance or development enables us to develop the appropriate strategy. The approach — much more than treatment alone — includes a combination of monitoring, implementation of sustainable tracking tools, and different preventive measures.

Beyond the meaning of this new contract which formalizes our approach at the Louvre, we invite all museum staff to become aware of the significance behind the preventive approach. That way, adapting protocols and procedures, such as coordination between teams working in various areas — maintenance of spaces, maintenance and monitoring of the collections, air conditioning monitoring, and surveillance — will continue to develop as the result of a successful preventive approach.

## **Key words**

IPM Policy, prevention, standard

# Maîtrise de la qualité de l'air pendant un chantier des collections

## **Valentin Rottier**

Département de la conservation,  
Bibliothèque nationale de France, Bussy-Saint-Georges, France

## **Caroline Laffont**

## **Clémentine Kumar**

Département de la conservation,  
Bibliothèque nationale de France, Paris, 75002, France

Correspondance : [valentin.rottier@bnf.fr](mailto:valentin.rottier@bnf.fr)

## Résumé

Une des principales missions de la Bibliothèque nationale de France (BnF) est la conservation de façon pérenne des collections afin de les diffuser au public et les transmettre aux générations futures. À ce jour la BnF conserve plusieurs millions de documents de natures diverses (documents graphiques, audiovisuels, mais aussi monnaies et médailles, objets, costumes de scènes...). Ces collections sont sensibles pour la plupart aux contaminations biologiques notamment aux moisissures. Dans le cadre de sa politique de conservation préventive, une attention toute particulière est apportée au contrôle de l'état sanitaire des collections et des locaux, combinée à la maîtrise des conditions climatiques et de la qualité de l'air, et ce afin d'éviter les risques de développements fongiques.

La rénovation du site historique de la BnF nécessite de lourds chantiers de collections préparatoires à leur transfert sur d'autres sites : récolement, dépoussiérage ou conditionnement. Or ces chantiers se font parfois dans des magasins de stockage qui, en termes de ventilation, ne sont pas destinés à accueillir du personnel travaillant de façon continue (débit, taux de renouvellement d'air neuf...).

Dans un souci de prévention des risques sanitaires, pour les collections mais aussi pour les personnes, le pôle Biologie-Environnement du laboratoire de conservation a proposé la mise en place d'épurateurs d'air afin de renforcer la maîtrise de la qualité de l'air et des contaminations aéroportées pendant ces chantiers.

L'étude, réalisée au sein d'un magasin du département des Cartes et Plans, a pour objectif d'évaluer l'efficacité quantitative et qualitative d'une unité mobile de décontamination de l'air fonctionnant sur le principe de la filtration de l'air, grâce à l'utilisation de filtres particuliers. Le matériel testé est le DOPAIR @premium, de la société ATA climatisation.

Les tests d'efficacité ont été réalisés sur plusieurs mois, par des campagnes de prélèvements d'air en différents points du magasin, par l'utilisation d'un biocollecteur, afin de suivre l'évolution de l'aérobiocontamination à l'aide d'un compteur à particules, pour suivre l'évolution du dénombrement particulaire de l'air. Parallèlement aux prélèvements d'air, un capteur climatique électronique a été mis en place à proximité de l'unité mobile de traitement, afin d'estimer l'impact d'un tel dispositif sur le climat du magasin.

Des prélèvements d'air ont été réalisés, avant les essais, pour estimer l'état initial de l'aérobiocontamination, pendant la phase de fonctionnement de l'épurateur pour évaluer son efficacité, et après les essais, pour juger de la recontamination de l'air.

La communication que nous proposons présente le protocole et des résultats de cette étude.

## Mots clefs

qualité de l'air, aérobiocontamination, décontamination, moisissures, prévention

# Control of air quality during a collection preservation program

---

**Valentin Rottier**

Département de la conservation,  
Bibliothèque nationale de France, Bussy-Saint-Georges, France

**Caroline Laffont**

**Clémentine Kumar**

Département de la conservation,  
Bibliothèque nationale de France, Paris, 75002, France

Corresponding author: *valentin.rottier@bnf.fr*

## Abstract

One of the main missions of the Bibliothèque nationale de France (BnF) is the long-term preservation of collections so they can circulate to the public and be passed on to future generations. To date, the BnF takes care of several million documents of various kinds, such as graphic and audiovisual documents but also coins and medals, objects and stage costumes. Most of these collections are sensitive to biological contamination, especially mold. As part of our preventive conservation policy, very particular attention is paid to monitoring the sanitary state of the collections and premises, as well as controlling climatic conditions and air quality, in order to avoid the risk of fungal development.

When the historic site of the BnF is renovated, a great deal of manual preparation is required prior to collection transfers to other sites. In particular, collections are grouped together, dusted and packaged. However, these projects are sometimes carried out in storage warehouses which, in terms of ventilation, are not equipped to accommodate staff working continuously, with regard to rate of air flow, rate of fresh air renewal, and so on.

To prevent sanitary risks for the collections and also for people, the Biology-Environment team of the conservation laboratory recommended that we install air purifiers to reinforce air quality and airborne contamination management measures during these projects.

The aim of the study, carried out in a storage facility of the Maps and Plans Department, was to evaluate the quantitative and qualitative efficiency of a mobile air decontamination unit with an air filtration system using particulate filters. The model we tested was DOPAIR® premium, from the company ATA climatization.

Efficiency tests were carried out over several months through air sampling at different points in the storage facility, using a bio-collector to monitor airborne contamination and a particle counter for air particle count. Parallel to air sampling, an electronic climate sensor was installed near the mobile treatment unit to obtain an estimate of the impact of such a device on the overall climate. Air samples taken before, during and after testing allowed us to estimate airborne contamination levels initially, during the operating phase of the purifier to evaluate its efficiency, and afterwards to assess the level of air recontamination.

Our presentation will describe the protocol and results of our study.

## Key words

air quality, airborne contamination, decontamination, mold, prevention

# Petit-Spiennes : Suivi des particules biologiques en suspension dans l'air dans les minières néolithiques de silex avant et après leur ouverture au public

**Johann Leplat**

**Alexandre François**

Microbiologie,  
Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, Champs-sur-Marne, France

**Laurent Fontaine**

Laboratoire des Monuments,  
Institut du Patrimoine Artistique, Bruxelles, Belgique

**Hélène Collet**

Service de l'Archéologie,  
Service Public de Wallonie, Mons, Belgique

**Nancy Verstraelen**

Service de l'Archéologie,  
Service Public de Wallonie, Liège, Belgique

Correspondance : [johann.leplat@culture.gouv.fr](mailto:johann.leplat@culture.gouv.fr)

## Résumé

Les minières de Petit-Spiennes en Belgique font partie du site archéologique des minières néolithiques de silex de Spiennes, classé comme monument et site en 1991 pour ses valeurs esthétiques et scientifiques, et figurant sur la liste du patrimoine exceptionnel de Wallonie depuis 1993. Ces minières figurent parmi les plus anciennes mines de silex du nord-ouest européen et sont inscrites à ce titre au patrimoine mondial de l'humanité (UNESCO) depuis 2000. Elles sont creusées dans la craie du Crétacé (Campanien supérieur) et remontent à 4 300/4 000 avant Jésus-Christ. Dans le cadre de l'ouverture au public, le Service Public de Wallonie a demandé une étude climatique et microbiologique des minières de Petit-Spiennes au laboratoire des Monuments de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique (IRPA, Belgique) et au pôle microbiologie du Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH, France). Un des objectifs de cette étude est d'évaluer la quantité et la diversité des particules biologiques (bactéries, spores fongiques et micro-algues) en suspension dans l'atmosphère du site souterrain, de manière à disposer de valeurs de référence avant l'ouverture au public. Ceci permettra de déterminer des seuils à ne pas dépasser, pour respecter l'équilibre naturel de la cavité et d'adapter le cas échéant le plan d'exploitation du site.

Les différentes campagnes d'analyses microbiologiques menées sur site pendant les travaux nécessaires à l'ouverture au public, puis suite à l'ouverture au public, ont montré un état sanitaire satisfaisant de la cavité. Toutefois, quelques perturbations au niveau des parois ont été constatées quelques mois après l'ouverture au public. Le taux de spores fongiques dans l'air, qui était élevé au cours de la première campagne de prélèvements en raison des travaux, est revenu à des valeurs habituelles pour les milieux souterrains lors des deux dernières campagnes. Cette flore fongique est composée pour partie de contaminants atmosphériques typiques et, d'autre part, d'organismes plus représentatifs des milieux souterrains. Le taux



de bactéries dans l'air, élevé au cours des trois campagnes de prélèvements, est fortement marqué par la présence humaine dans les minières. Toutefois, cette importante présence bactérienne ne représenterait pas de risque pour la conservation du site. Enfin, aucune algue n'a été détectée dans l'air des minières.

Des recouvrements blancs dus à la présence de moisissures ont été identifiés sur les parois situées autour de l'échelle d'accès aux minières. Ces recouvrements sont stables. Un suivi dans le temps a été mis en place pour déterminer l'évolution de ces microorganismes. Un an après l'ouverture au public, une perturbation a été constatée dans une petite zone assez localisée de la cavité. Ce développement anarchique paraît lié à une modification locale des paramètres physiques, à mettre en relation avec l'absence de ventilation du site en période de non-exploitation (fermeture annuelle de novembre à mars).

## Mots clefs

minières, ouverture au public, suivi microbiologique

# Measuring biological particles suspended in the air in flint Neolithic caves before and after opening to the public

**Johann Leplat**

**Alexandre François**

Microbiologie,  
Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, Champs-sur-Marne, France

**Laurent Fontaine**

Laboratoire des Monuments,  
Institut du Patrimoine Artistique, Bruxelles, Belgium

**Hélène Collet**

Service de l'Archéologie,  
Service Public de Wallonie, Mons, Belgium

**Nancy Verstraelen**

Service de l'Archéologie,  
Service Public de Wallonie, Liège, Belgium

Corresponding author: [johann.leplat@culture.gouv.fr](mailto:johann.leplat@culture.gouv.fr)

## Abstract

The Petit-Spiennes mines in Belgium are part of the archaeological site of the Neolithic flint mines of Spiennes, classified as a monument and site in 1991 for its aesthetic and scientific value, and included in the list of the exceptional heritage of Wallonia since 1993. These are among the oldest flint mines in north-western Europe, and they have been listed as such on the UNESCO World Heritage List since 2000. They were dug in Cretaceous (Upper Campanian) chalk and date back to 4,300/4,000 BC. Prior to opening them to the public, the Public Service of Wallonia requested a climatic and microbiological study of the Petit-Spiennes mines from the Monuments laboratory of the Monuments de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique (IRPA, Belgium) and the Microbiology unit of the Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH, France). One of the aims of the study was to evaluate the quantity and diversity of biological particles – bacteria, fungal spores and micro-algae – suspended in the atmosphere of the underground area, in order to obtain reference values before opening to visitors. This allowed us to determine the thresholds not to be exceeded, in order to respect the natural balance of the cavity and adapt the operating plan of the site, if necessary.

Microbiological analysis campaigns carried out on site prior to and following opening to the public showed a satisfactory sanitary state of the cavity. A few disturbances to the walls were observed a few months after the public opening. The level of fungal spores in the air, high during the first sampling campaign due to the preparatory work before opening, returned to normal values for the underground environment during the last campaigns. This fungal flora was composed partly of typical airborne contaminants and also of organisms more representative of the underground environment. The level of bacteria in the air, high during the three sampling campaigns, was strongly marked by the presence of humans in the mines.

However, this significant bacterial presence did not represent a risk for the conservation of the site. In addition, no algae were detected in the air of the mines.

Various white overlaps due to the presence of mold were identified on the walls around the access ladder to the mines. These coverings were stable. Monitoring over time was conducted to determine the evolution of these microorganisms. One year after opening to the public, a disturbance was observed in a small, fairly localized area of the cavity. This anarchic development appeared to be linked to a local modification of physical parameters, due to a lack of ventilation of the site during the non-operational period (annual closing from November to March).

## **Key words**

mining, opening to the public, microbiological monitoring

# Relation between the presence of fungal species and insect pests in cultural heritage institutions

**Bartłomiej Pankowski**

**Jarosław Pawłowicz**

**Aleksandra Wojcik**

SET Bartłomiej Pankowski, Mysiadło, Poland

Corresponding author: *bartlomiej@panko.pl*

## Abstract

The use of monitoring traps provides a variety of information about the behavior of insect pests in their current habitat. In particular, the data obtained from traps allow to draw up a dynamic map of monitored facilities, covering the degree of infestation and the pathways of particular species as well as the places they choose for reproduction and egg laying. Properly interpreted, the data draw us nearer to an in-depth understanding of the degree of vital threats to different areas within the facility, which is fundamental to establishing IPM guidelines.

During monitoring of insect pests to analyze their behavior, we attempted to establish a clear relation between observations and environmental factors, such as relative humidity and temperature, as well as the type of locally stored museum and library material. However, we faced difficulty trying to define a clear key to accurate threat mapping. To make defining such a key more feasible, we decided to refer to earlier studies and observations which linked the presence of particular species of fungi with specific species of insects and thus to broaden the scope of variables with fungi by superposing them on the insect activity map.

Following this idea, we took the following steps:

- We attempted to initially track and distinguish the species of fungi consistently co occurring with particular insect species, regardless of the insect location, including neighborhoods beyond cultural heritage institutions.
- The next step was to identify the fungal species present at all insect monitoring points in the areas where museum and library collections were stored.

By repeating the tests in different facilities, we tried to indicate a relationship between the two living organisms monitored within IPM.

The results were analyzed according to repeating patterns of fungal species occurring with the monitored insect species and forms. That relationship was further differentiated into fungi consistently co-occurring with certain insects that can breed on living bodies:

- Museum beetles (*Anthrenus museorum*), Silverfish (*Lepisma saccharina*), Brown carpet beetles (*Attagenus smirnovi*), and Booklice (*Psocoptera*).

A number of questions arose from the relationship assessment which, when answered, could help pin down the exact type of relationship involved.

Establishing the type of relationship, a challenging task, was not our goal as it requires more complex research work. Our goal was to attempt to prove the existence of such a relationship, which may become a valuable tool for direct dynamic mapping of pest insect threats, especially in facilities housing cultural heritage.

## **Key words**

silverfish, beetle, booklice, fungi, monitoring

# Les liens entre la présence de champignons et d'insectes dans les institutions culturelles

**Bartłomiej Pankowski**

**Jarosław Pawłowicz**

**Aleksandra Wojcik**

SET Bartłomiej Pankowski, Mysiadło, Poland

Correspondance : [bartlomiej@panko.pl](mailto:bartlomiej@panko.pl)

## Résumé

L'utilisation de pièges de surveillance nous fournit un ensemble d'informations sur le comportement des insectes nuisibles dans leur habitat actuel. Les données obtenues permettent d'établir une carte dynamique des installations surveillées, couvrant à la fois le degré d'infestation et les voies de passage de certaines espèces, ainsi que les lieux qu'elles choisissent pour la reproduction et la ponte. Bien interprétées, ces données nous rapprochent d'une compréhension approfondie du degré de menaces vitales pour les différentes zones de l'installation ; ce qui est fondamental pour établir des lignes directrices en matière de lutte intégrée contre les nuisibles.

Tout en surveillant les insectes nuisibles pour analyser leur comportement, nous avons tenté d'établir une relation claire entre les observations et les facteurs environnementaux, tels que l'humidité relative et la température, ainsi que le type de matériel de musée et de bibliothèque conservé localement. Cependant, nous avons rencontré quelques difficultés pour définir une clé claire pour l'élaboration d'une cartographie précise des menaces à l'aide de ces données. Afin de rendre la définition d'une telle clé plus réalisable, nous avons décidé de nous référer à des études et des observations antérieures qui établissent un lien entre la présence d'espèces particulières de champignons et celle d'espèces spécifiques d'insectes. Cette observation nous a permis d'élargir le champ des variables relatives aux champignons en les superposant à la carte de l'activité des insectes. En suivant cette idée, nous avons pris les mesures suivantes :

- Nous avons d'abord tenté de suivre et de distinguer les espèces de champignons qui coexistent avec des espèces particulières d'insectes, quelle que soit la localisation de l'insecte, y compris dans les quartiers situés à l'extérieur des institutions du patrimoine culturel.
- L'étape suivante a consisté à identifier les espèces de champignons présentes à tous les points de contrôle des insectes et dans les zones où les collections des musées et des bibliothèques étaient entreposées.

En répétant les tests dans différentes installations, nous avons essayé d'indiquer une relation entre les deux organismes vivants, dans le cadre de la lutte intégrée contre les parasites. Les résultats ont été analysés en fonction des schémas répétitifs des espèces fongiques présentes avec les espèces et formes d'insectes surveillées et indiquées ci-dessous. Cette relation a ensuite été différenciée en fonction des champignons qui coexistent systématiquement avec les insectes, c'est-à-dire ceux qui peuvent se reproduire sur des organismes vivants : anthrène des musées (*Anthrenus museorum*), lépisme (*Lepisma saccharinea*), attagène des tapis (*Attagenus smirnovi*), et psocque (*Psocoptera*).

L'évaluation de la relation a soulevé un certain nombre de questions qui, une fois résolues,

pourraient aider à déterminer le type exact de la relation.

L'établissement du type de relation est une tâche difficile, qui n'était pas notre objectif, car elle nécessite un travail de recherche plus complexe. Notre objectif était de tenter de prouver l'existence d'une telle relation, ce qui pourrait devenir un outil précieux, pour la cartographie dynamique et directe des menaces que représentent les insectes nuisibles, en particulier dans les installations abritant un patrimoine culturel.

## Mots clefs

poisson d'argent, coléoptère, psoque, moisissures, contrôle

# Biodétecteur d'un développement fongique précoce ou caché dédié au patrimoine

**Stéphane Moularat<sup>a</sup>**

**Rukshala Anton<sup>a</sup>**

**Faisl Bousta<sup>b</sup>**

**Enric Robine<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Direction Santé Confort,  
Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Marne-la-Vallée Cedex 2, Seine et Marne, France

<sup>b</sup>Pôle Microbiologie,  
Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (CRC-LRMH, USR3224, UPS), Champs sur Marne, 77420, France

Correspondance : [stephane.moularat@cstb.fr](mailto:stephane.moularat@cstb.fr)

## Résumé

Les champignons sont des contaminants fréquemment retrouvés dans les environnements intérieurs. De nombreuses études ont démontré qu'ils peuvent détériorer les matériaux qu'ils colonisent, tels que le bois, les textiles, le papier, les pigments, le vernis, etc., aboutissant même parfois à la destruction totale de ces substrats.

Aujourd'hui, la contamination fongique reste un problème croissant dans les environnements intérieurs, notamment dans les sites patrimoniaux tels que les bibliothèques, archives, magasins, musées, châteaux, grottes ou encore salles de stockages, gravement menacés par ce problème (Sterflinger 2010). À l'heure actuelle, les responsables de la conservation du patrimoine peuvent mettre en œuvre des mesures correctives, afin de restaurer les matériaux endommagés (Bousta et al., 2008); mais aucune stratégie de prévention efficace n'est disponible, et il n'existe pas de systèmes qui pourraient déclencher une alerte, dès la germination des spores, permettant ainsi de stopper une contamination avant toute dégradation visible. En effet, les techniques classiques disponibles ne permettent pas de détecter les moisissures à un stade précoce de leur développement ou lorsqu'elles sont cachées.

Dans ce contexte, Moularat et al., en 2008 a mis en place une empreinte chimique de développement de moisissures, à partir de Composés Organiques Volatils (COV) provenant spécifiquement du métabolisme fongique. L'Indice de Contamination Fongique (ICF), construit à partir de ces COV et largement éprouvé au cours de différentes études (Joblin, Moularat et al. 2010; Moularat, Hulin et al. 2011; Hulin, Moularat et al. 2013), a l'avantage de détecter un développement fongique, de manière à la fois fiable et rapide, avant que des signes de contamination ne soient visibles. Depuis le développement de cet ICF, d'autres indices spécifiques ont été développés pour surveiller les sites patrimoniaux et les œuvres d'art et déterminer le type de support contaminé. Leurs applications constituent une nouvelle approche pour le diagnostic (Moularat 2007; Moularat et Robine 2011).

Afin de proposer une stratégie de surveillance en temps réel dans les environnements intérieurs, les recherches autour de l'exploitation de l'ICF ont conduit au développement d'une balise de surveillance déployable sur site. Ce dispositif est le résultat de la miniaturisation



d'une chaîne d'analyse basée d'une part sur la concentration et la sélection des composés chimiques et d'autre part sur le développement d'une matrice de capteurs, afin d'obtenir l'empreinte spécifique (Anton, Moularat et al. 2015). Ce microsysteme innovant impliquant la collecte, l'analyse et l'interprétation des données remplace l'ensemble des étapes indispensables au calcul d'indice. Ce dispositif de détection de la contamination fongique a fait l'objet de dépôts de brevets par le CSTB.

## Mots clefs

détection fongique, indice de contamination fongique, qualité de l'air intérieur, balise de surveillance, analyse COV

# Biodetector of early or hidden fungal growth for heritage uses

**Stéphane Moularat<sup>a</sup>**

**Rukshala Anton<sup>a</sup>**

**Faisl Bousta<sup>b</sup>**

**Enric Robine<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Direction Santé Confort,  
Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Marne-la-Vallée Cedex 2, Seine et Marne, France

<sup>b</sup>Pôle Microbiologie,  
Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (CRC-LRMH, USR3224, UPS), Champs sur Marne, 77420, France

Corresponding author: *stephane.moularat@cstb.fr*

## Abstract

Fungi are common contaminants found in indoor environments. Numerous studies have shown how these organisms can damage the materials they colonize, such as wood, textiles, paper, pigments and varnish, and sometimes even completely destroy them.

Fungal contamination remains a growing problem in indoor environments, especially in heritage sites such as libraries, archives, shops, museums, castles, caves and storage rooms, seriously threatened by the problem (Sterflinger 2010). Heritage conservation curators can implement corrective measures to restore damaged materials (Bousta et al. 2008), but no effective prevention strategy is available. Particularly, there are no systems to trigger an alert as soon as spores germinate, so that contamination might be stopped before any visible damage occurs. Indeed, conventional techniques do not detect mold at an early stage of its development or when it is hidden.

With that in mind, Moularat et al. (2008) established a chemical fingerprint of mold development from volatile organic compounds (VOCs), specifically from fungal metabolism. The Fungal Contamination Index (FCI), constructed from these VOCs and widely tested in various studies (Joblin, Moularat et al 2010; Moularat, Hulin et al 2011; Hulin, Moularat et al 2013), has the advantage of detecting fungal growth both reliably and quickly before any signs of contamination are visible. Since the development of the FCI, other specific indexes have been developed to monitor heritage sites and works of art and determine the type of media contaminated. Their applications provide a new approach to diagnosis (Moularat 2007; Moularat and Robine 2011). In order to propose a strategy for real-time monitoring in indoor environments, research into practical applications of the ICF led to the development of a surveillance beacon for use on site. The device results from the miniaturization of an analysis chain, based on the concentration and selection of chemical compounds and also on the development of a sensor matrix, in order to obtain the specific fingerprint (Anton, Moularat et al. 2015). This innovative microsystem, involving collection, analysis and interpretation of data, replaces all the steps required for index calculation. The fungal contamination detecting device was patented by the CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Marne-la-Vallée).

## Key words

fungal detection, fungal contamination index, indoor air quality, monitoring beacon, VOC analysis

# Modelling the mortality of *Hylotrupes bajulus* (L.) larvae exposed to anoxic treatment for disinfestation of wooden art objects

Géraud de Streel<sup>a</sup>

Jean-Marc Henin<sup>b</sup>

Patrick Bogaert<sup>a</sup>

Emmanuelle Mercier<sup>c</sup>

Erika Rabelo<sup>c</sup>

Caroline Vincke<sup>a</sup>

Benoît Jourez<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Earth and Life Institute/Environmental Sciences (ELI-e),  
Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium

<sup>b</sup>Laboratory of Wood Technology, Public service of Wallonia, Gembloux, Belgium

<sup>c</sup>Royal Institute for Cultural Heritage, Bruxelles, Belgium

Corresponding author: [geraud.destreel@uclouvain.be](mailto:geraud.destreel@uclouvain.be)

## Abstract

A series of experiments were conducted to quantify the effect of several variables on the mortality of insects exposed to an anoxic treatment, in order to generate a model linking mortality to these variables. This study aims to explore the possible interest of using such a model to determine the characteristics of treatment – especially duration – needed to guarantee insect mortality with a given level of probability. Trials were performed on *Hylotrupes bajulus* larvae, a widespread species known for its high tolerance to anoxic conditions. The variables studied are the initial mass of the larvae, the treatment temperature (21, 30 and 40°C), the treatment duration (four durations for each temperature tested) and whether the larva is held in wood or in a petri dish (directly exposed to anoxic atmosphere) during the experiment. It was found that while the last variable is not correlated with mortality, treatment duration and temperature are significantly and positively correlated with it. Larvae with higher body mass were also shown to have a better resistance to the treatment. Based on these results, a model including insect initial mass, treatment temperature and duration, together with the interaction between these two variables, was determined. This relatively simple model appeared to be a useful tool in overcoming the difficulty in defining the modalities for anoxic treatment in order to reach a given level of mortality.

## Key words

non-chemical treatment, anoxia, *Hylotrupes bajulus*, modelling, wood

# Modélisation de la mortalité de la larve *Hylotrupes bajulus* (L.) soumise à un traitement par anoxie pour la désinfestation d'objets d'art en bois

Géraud de Streel<sup>a</sup>

Jean-Marc Henin<sup>b</sup>

Patrick Bogaert<sup>a</sup>

Emmanuelle Mercier<sup>c</sup>

Erika Rabelo<sup>c</sup>

Caroline Vincke<sup>a</sup>

Benoît Jourez<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Earth and Life Institute/Environmental Sciences (ELI-e),  
Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique

<sup>b</sup>Laboratory of Wood Technology, Public service of Wallonia, Gembloux, Belgique

<sup>c</sup>Royal Institute for Cultural Heritage, Bruxelles, Belgique

Correspondance : [geraud.destreel@uclouvain.be](mailto:geraud.destreel@uclouvain.be)

## Résumé

Des expériences ont été menées pour quantifier l'effet de plusieurs variables sur la mortalité des insectes exposés à un traitement anoxique afin de générer un modèle liant la mortalité à ces variables. Cette étude vise à explorer l'intérêt éventuel d'utiliser un tel modèle, pour déterminer les caractéristiques du traitement (notamment la durée) nécessaires pour garantir la mortalité des insectes avec un niveau de probabilité donné. Des essais ont été réalisés sur des larves d'*Hylotrupes bajulus*, une espèce très répandue et connue pour sa grande tolérance aux conditions anoxiques. Les variables étudiées sont la masse initiale des larves, la température de traitement (21, 30 et 40 °C), la durée du traitement (quatre durées pour chaque température testée), et si la larve est maintenue dans du bois ou dans une boîte de pétri, directement exposée à une atmosphère anoxique, pendant l'expérience. Il a été constaté que, bien que la dernière variable ne soit pas corrélée avec la mortalité, la durée du traitement et la température sont corrélées de manière significative et positive avec celle-ci. Il a également été démontré que les larves ayant une masse corporelle plus importante résistaient mieux au traitement. À partir de ces résultats, un modèle intégrant la masse initiale des insectes, la température et la durée du traitement, ainsi que l'interaction entre ces deux variables, a été déterminé. Ce modèle, relativement simple, semble être un outil adapté pour surmonter la difficulté pour définir les modalités d'un traitement anoxique, afin d'atteindre un niveau de mortalité donné.

## Mots clefs

traitement non chimique, anoxie, *Hylotrupes bajulus*, modélisation, bois

# Utilisation des textiles préimprégnés de pyréthrinoïdes pour la protection des biens culturels

## **Grazia Nicosia**

Service de la conservation préventive

Direction de la recherche et des collections, Musée du Louvre, Paris Cédex 01, France

## **Fabien Fohrer**

Entomologie,

CICRP, Marseille, France

## **Yoanna Dechezleprêtre**

Conservatrice-restauratrice, Freelance, Avignon, France

Correspondance : [grazia.nicosia@louvre.fr](mailto:grazia.nicosia@louvre.fr)

## Résumé

Certaines collections patrimoniales sont infestées de manière cyclique par les insectes ravageurs. Depuis 2011, nous avons testé des méthodes préventives afin de tenir à distance les nuisibles. Une première étude a été réalisée sur l'efficacité et l'impact des huiles essentielles en diffusion dans un conditionnement fermé<sup>1</sup>. Ces premiers résultats ont montré une efficacité certaine à fortes concentrations, mais l'impact colorimétrique sur les matériaux qui composent les œuvres nous a conduits à orienter différemment notre recherche sur la protection rapprochée des œuvres sensibles aux infestations.

Notre attention s'est portée sur de nouveaux matériaux « barrières » pouvant être utilisés pour le conditionnement des biens culturels. Nous avons choisi des textiles pré-imprégnés de pyréthrinoïdes, disponibles dans le commerce et permettant un barrage chimique : deux moustiquaires pré imprégnées, dont une à base de polyester recouvert de deltaméthrine (MILD DawaPlus) et une seconde à base d'alpha cyperméthrine incorporée dans les fils de polyéthylène (MILD DuraNet). Toutes les deux sont recommandées par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) contre le paludisme et ont une rémanence annoncée de cinq ans. De nombreux articles attestent, d'une part, de leur efficacité sur les moustiques, les puces et les poux, et d'autre part, d'une certaine innocuité envers l'homme, pour un faible coût.

C'est pourquoi nous avons souhaité tester ces moustiquaires, pour vérifier leur efficacité vis-à-vis des insectes nuisibles du patrimoine, ainsi que leurs conditions d'emploi en tant que matériaux de conditionnement.

Les tests en laboratoire nous ont permis de vérifier leurs efficacités sur l'antrène des tapis et la vrillette du pain ainsi que leur adéquation avec le conditionnement des biens culturels. La mise en œuvre aisée de ces moustiquaires, leur rémanence, l'utilisation minimale de biocide, le relargage contrôlé et le faible coût de revient en font un produit intéressant pour le conditionnement. Il est important de noter que les textiles pré-imprégnés sont utilisés depuis peu dans le stockage des denrées alimentaires.

Ces tests se sont conclus par la réalisation d'un prototype de conditionnement, couplant l'emploi de barrière chimique et physique afin de protéger les biens culturels sensibles aux infestations.

Cette étude a été financée par le Centre National des Arts Plastiques (CNAP), le ministère de la Culture et de la Communication (allocation de recherche) et le laboratoire d'entomologie du CICRP (Centre Interdisciplinaire de Conservation et de Restauration du Patrimoine).

<sup>1</sup> Grazia Nicosia, Fabien Fohrer, Yoanna Dechezleprêtre et Virginia Gisel de Billerbeck, « Étude comparative de substances bioactives pour la protection des biens patrimoniaux contre les insectes ravageurs », *CeROArt* [En ligne], | 2013, mis en ligne le 14 août 2013, consulté le 29 mai 2016. URL: <http://ceroart.revues.org/3361>

## Mots clefs

moustiquaire pré-imprégnée de pyréthriinoïde, conservation préventive, conditionnement, rémanence, insectes dangereux

# Using textiles preimpregnated with pyrethrinoids to protect cultural artefacts

## Grazia Nicosia

Service de la conservation préventive

Direction de la recherche et des collections, Musée du Louvre, Paris Cédex 01, France

## Fabien Fohrer

Entomologie,

CICRP, Marseille, France

## Yoanna Dechezleprêtre

Conservatrice-restauratrice, Freelance, Avignon, France

Corresponding author: [grazia.nicosia@louvre.fr](mailto:grazia.nicosia@louvre.fr)

## Abstract

Certain heritage collections are cyclically infested with insects. Since 2011, we have been testing preventive methods to keep pests out. Our first study on close-up protection of works prone to infestations examined the effectiveness and impact of essential oils diffused in a closed conditioning system<sup>1</sup>. These initial results showed some benefits at high concentrations, but the colorimetric impact on the materials that make up the art pieces led us to reorient our research.

Our attention turned to new barrier materials used for conditioning cultural goods. In particular, we chose to focus on commercially available pyrethroid-treated textiles that provide a chemical barrier: two types of treated mosquito nets, one made of polyester coated with deltamethrin (MILD DawaPlus) and another made of alpha cypermethrin incorporated in polyethylene yarn (MILD DuraNet). Both nets are recommended by the World Health Organization (WHO) against malaria and have a predicted duration of efficacy of five years. Numerous articles attest to their effectiveness on mosquitoes, fleas and lice and also to their innocuousness towards humans, at a low cost. We tested these mosquito nets to verify their effectiveness against heritage collection pests as well as their conditions of use as conditioning materials.

Laboratory tests enabled us to verify their effectiveness against carpet beetles and bread beetles as well as their suitability for the packaging of cultural artefacts. The easy use of these mosquito nets, their duration of efficacy, minimal amount of biocide, controlled release action and low cost make them an interesting product for conditioning. It is important to note that pre-treated textiles have recently been used in the storage of food.

We concluded the tests by creating a conditioning prototype with chemical and physical barriers to protect vulnerable cultural property from infestation.

This study was funded by the Centre National des Arts Plastiques (CNAP), the Ministry of Culture and Communication (research grant) and the CICRP entomology laboratory.

<sup>1</sup> Grazia Nicosia, Fabien Fohrer, Yoanna Dechezleprêtre et Virginia Gisel de Billerbeck, «Étude comparative de substances bioactives pour la protection des biens patrimoniaux contre les insectes ravageurs», CeROArt [Online], | 2013, online August 14, 2013, consulted May 29, 2016. URL : <http://ceroart.revues.org/3361>

## Key words

pyrethroid-treated mosquito net, preventive conservation, conditioning, duration of efficacy, dangerous insects



# Impact of oxygen reduced atmospheres on the survival of museum pest insects – The “Anoxia-Project” of the National Museums in Berlin

**Harro Frauendorf**

**Bill Landsberger**

Rathgen-Forschungslabor, Berlin, Germany

Corresponding author: [H.Frauendorf@smb.spk-berlin.de](mailto:H.Frauendorf@smb.spk-berlin.de)

## Abstract

Pest control is a fundamental pillar for protecting museum objects from destruction by insects. Just one single insect pest can be sufficient to establish a population that causes disastrous damage and non-recoverable loss of unique treasures.

In the past, it was common to control pest insects with a massive application of toxic substances acting as insecticides. However, more recently the use of biocides in museums has been increasingly banned in order to protect people from harmful side effects and object materials from unpredictable chemical influences of these harmful compounds. One environmentally compatible way to avoid chemical measures is through oxygen reduction. This is achieved by replacing atmospheric oxygen with gaseous nitrogen. As an inert gas, nitrogen does not interact with the components of museum objects, and furthermore it is non-toxic, cost-efficient and relatively easy to handle.

Previously, other studies also dealt with pest control using nitrogen. However, most of these trials are either not comprehensible, not reproducible or were performed under conditions that are not feasible in museum environments. A recent review of available data summarizes efforts and compares results about pest control through nitrogen. Thus, to bridge the gap in knowledge, the first data of a systematic research study are presented here, in view of controlling common museum pests with nitrogen, while taking into consideration the climate conditions representative of museum collections.

## Key words

anoxia, pest control, nitrogen

# Impact des atmosphères à teneur réduite en oxygène sur la survie des insectes nuisibles des musées - Le projet « Anoxie » dans les musées nationaux de Berlin

**Harro Frauendorf**

**Bill Landsberger**

Rathgen-Forschungslabor, Berlin, Germany

Correspondance : [H.Frauendorf@smb.spk-berlin.de](mailto:H.Frauendorf@smb.spk-berlin.de)

## Résumé

La lutte contre les nuisibles est un pilier fondamental dans la protection des objets de musée contre la destruction par les insectes. Un seul insecte nuisible peut suffire à établir une population qui cause des dommages désastreux et la perte non récupérable de trésors uniques.

Dans le passé, il était courant de lutter contre les insectes nuisibles par une application massive de substances toxiques comme les insecticides. Cependant, plus récemment, l'utilisation de biocides dans les musées est de plus en plus interdite afin de protéger les visiteurs et les employés des effets secondaires nocifs, ainsi que de préserver les matériaux des objets d'art des influences chimiques imprévisibles de ces composés nocifs. L'éradication des nuisibles par réduction de l'oxygène est un moyen écologique qui permet d'éviter les mesures chimiques. On y parvient en remplaçant l'oxygène atmosphérique par de l'azote gazeux. En tant que gaz inerte, l'azote n'interagit pas avec les composants des objets de musée. De plus, il est non toxique, bon marché et relativement facile à manipuler.

Auparavant, d'autres études ont déjà été réalisées sur la lutte contre les parasites par l'azote. Cependant, la plupart de ces essais ne sont ni compréhensibles, ni reproductibles, ou ont été effectués dans des conditions qui ne sont pas réalisables dans un environnement muséal. Récemment, une revue a présenté les données disponibles, a résumé les efforts et a comparé les résultats concernant la lutte contre les nuisibles par l'utilisation de l'azote. De plus, pour combler les lacunes dans les connaissances, les premières données d'une étude de recherche systématique sont présentées, en vue de la lutte contre les nuisibles courants des musées par l'azote, tout en tenant compte des conditions climatiques représentatives des collections des musées.

## Mots clefs

anoxie, contrôle des nuisibles, azote

# A Trail to control *Tineola bisselliella* using synthetic pheromones as part of an IPM program

---

**Suzanne Ryder**

**Armando Mendez**

Life Sciences, Natural History Museum, London, United Kingdom

**Claire Kelly**

Conservation, Natural History Museum (London), London, United Kingdom

Corresponding author: [s.ryder@nhm.ac.uk](mailto:s.ryder@nhm.ac.uk) (Suzanne Ryder)

## Abstract

As the traces of the now banned pesticide Dichlorvos fade away, museums across the U.K. have reported an alarming increase in numbers of the webbing clothes moth *Tineola bisselliella* over the last few years, and the NHM, London is no exception. We now have a quarantine facility to treat infestations, but we are keen to look at ways to control pests without relying on the use of pesticides. The list of pesticides available for use seems to be ever decreasing due to different restrictions being imposed, so we do not want to rely on them. For the last three years, we have been trailing a moth confusion system called Exosect®. Exosect is a mating confusion system for controlling clothes moths (*Tineola bisseiliella*) without using pesticides. It works by deploying an Entostat powder, which is a natural food grade product, combined with a pheromone specific to the female cloth moths. As contact between the males continues, the Entostat powder is passed on to more and more male moths. The illusion that there are only females in the space causes confusion and a disruption to the mating cycle; hence the number of moths produced is reduced.

## Key words

IPM, *Tineola*, control, pheromone, sustainable

# Essai de contrôle de *Tineola bisselliella* avec des phéromones de synthèse au sein d'un programme IPM

**Suzanne Ryder**

**Armando Mendez**

Life Sciences, Natural History Museum, London, United Kingdom

**Claire Kelly**

Conservation, Natural History Museum (London), London, United Kingdom

Correspondance : [s.ryder@nhm.ac.uk](mailto:s.ryder@nhm.ac.uk) (Suzanne Ryder)

## Résumé

Alors que les traces du pesticide Dichlorvos, désormais interdit, s'estompent, les musées du Royaume-Uni ont signalé une augmentation alarmante du nombre de mites des vêtements *Tineola bisselliella* au cours des dernières années, dont le NHM de Londres ne fait pas exception. Nous disposons désormais d'une installation de mise en quarantaine pour traiter toute infestation, mais nous souhaitons trouver des moyens de lutter contre les parasites sans avoir recours aux pesticides. La liste des pesticides autorisés semble être de plus en plus réduite en raison des différentes restrictions imposées. Nous ne voulons donc pas nous reposer sur eux. Ces trois dernières années, nous avons suivi un système de confusion des mites par Exosect®. Exosect est un système de confusion sexuelle pour lutter contre les mites (*Tineola bisseiliella*) sans utiliser de pesticides. Il fonctionne en déployant une poudre d'Entostat, qui est un produit naturel de qualité alimentaire, combinée à une phéromone spécifique aux mites femelles. Au fur et à mesure que le contact entre les mâles se poursuit, la poudre Entostat est transmise à un nombre croissant de mites mâles. Le fait de penser qu'il n'y a que des femelles dans l'espace provoque une confusion et une perturbation du cycle d'accouplement, d'où une réduction du nombre de mites produites.

## Mots clefs

IPM, *Tineola*, contrôle, phéromone, durable

# Conservation of a large acrylic canvas painting including the eradication of a *Nicobium castaneum* infestation

**Nikolaus Wilke**

Thermo Lignum International GmbH, Salzburg, Österreich

**David Lainé**

IPARC cvba, Melsbroek, Belgium

Corresponding author: [nikolaus.wilke@thermolignum.de](mailto:nikolaus.wilke@thermolignum.de)

## Abstract

In autumn 2014, the company Thermo Lignum was contacted by the New York Metropolitan Museum of Art and asked to evaluate if a humidity controlled warm air treatment could be performed on an actively and severely infested Gustave Singier painting located in a Jacques Couëlle house in Southern France. There were thousands of exit holes in the canvas. French preventive conservator Roch Payet had examined the situation before, concluded it was impossible to treat with inert gas and recommended that treatment be done by Thermo Lignum. During inspection, Nikolaus Wilke of Thermo Lignum International and paintings conservator David Lainé of IPARC/Thermo Lignum Benelux were able to confirm Payet's evaluation. Furthermore, a cross infestation was found in a work by Judith Rothschild. At that point it was unclear if (1) the painting could be removed from the wall or (2) if the canvas could be taken off the panel or (3) if the painting would have to be treated where it was: on the wall, in-situ.

Treatment and conservation were performed in summer 2015. First, given the irregular shape of the painting, a template was made. A facing layer made of lens tissue and tylose was then laid down to protect the paint layer. Plaster around the painting was removed and the edge of the staple-pinned canvas was loosened. Only now the full impact of the infestation became visible. Eaten by the insects, the canvas had in many areas simply disintegrated; it had become far too fragile for manipulation. Hence, the only option was an in-situ treatment.

On the front side, the painting was sealed off with a gastight, moisture-proof and temperature insulating enclosure. A technical infrastructure was installed in the tent: four room temperature sensors, a humidity sensor, a core temperature reference block, and ducts for air intake and outgoing air. Climatic values were preset to a maximum temperature of 55°C and relative humidity to 50%. Treatment lasted around 24 hours.

Coincidentally, the beetles started exiting the painting when David Lainé prepared it for conservation. Using the facing layer as a monitoring tool, the exact number of emerging beetles could be determined. Over the 12 days prior to treatment there were 10–17 per day, while after treatment there were 0 over an 8-day control period.

After treatment, the weakened parts of the painting were consolidated, and the surface was cleaned with demineralized water. All exit holes were filled using BEVA® mastic, and all re-touching was done by means of pigments in Paraloid. The canvas edges were reattached. By using the template, new plaster was applied around the painting and modelled to fit the irregular topography of the original plaster. Finally, the newly applied plaster was painted with white acrylic paint.

The cross infested Judith Rothschild work plus all other moveable wooden objects in the house were treated in a second custom made tent. Infested fire wood, often the source for cross infestation, was simply removed.

## Key words

Thermo Lignum humidity controlled warm air treatment, woodworm infestation, *Nicobium castaneum*, insect eradication, Gustave Singier

# La conservation d'une toile acrylique de grand format comprenant l'éradication d'une infestation de *Nicobium castaneum*

## **Nikolaus Wilke**

Thermo Lignum International GmbH, Salzburg, Autriche

## **David Lainé**

IPARC cvba, Melsbroek, Belgique

Correspondance : [nikolaus.wilke@thermolignum.de](mailto:nikolaus.wilke@thermolignum.de)

## Résumé

À l'automne 2014, la société Thermo Lignum a été contactée par le Metropolitan Museum of Art de New York pour savoir si un traitement à l'air chaud et à humidité contrôlée pouvait être effectué sur une peinture de Gustave Singier activement et gravement infestée. Cette toile était conservée dans une maison de Jacques Couëlle dans le sud de la France. La toile présentait des milliers de trous de sortie. Le restaurateur préventif français Roch Payet avait déjà examiné la situation et avait conclu qu'il était impossible de la traiter avec un gaz inerte. Il recommandait un traitement proposé par la société Thermo Lignum.

Lors de leur inspection, Nikolaus Wilke de Thermo Lignum International et le restaurateur de peintures David Lainé de l'IPARC/Thermo Lignum Benelux ont pu confirmer l'évaluation de Roch Payet. Une infestation croisée a également été constatée dans une œuvre de Judith Rothschild. À ce stade, il n'était pas déterminé si (1) la peinture pouvait être enlevée du mur ou (2) si la toile pouvait être retirée du panneau ou (3) si la peinture devait être traitée à l'endroit où elle se trouvait : sur le mur, *in situ*.

Le traitement et la conservation ont été effectués à l'été 2015. Tout d'abord, étant donné la forme irrégulière du tableau, un modèle a été réalisé. Une couche de protection en papier optique et en tylose a été appliquée sur la couche de peinture. Le plâtre autour du tableau a été enlevé et le bord de la toile agrafée a été détaché. À ce moment, l'étendue de l'impact de l'infestation est devenue visible : mangée par les insectes, la toile s'était en de nombreux endroits simplement désintégrée ; elle était devenue beaucoup trop fragile pour être manipulée. La seule option était donc un traitement *in situ*.

Sur son côté face, le tableau a été scellé par une enceinte étanche au gaz, à l'humidité et à la température. L'infrastructure technique a été installée dans l'enceinte : quatre capteurs de température ambiante, un capteur d'humidité, un bloc de référence de température centrale et des conduits pour l'entrée et la sortie d'air. Les valeurs climatiques ont été pré-réglées à une température maximale de 55 °C et une humidité relative de 50 %. La durée du traitement a été d'environ 24 heures.

Par coïncidence, les coléoptères ont commencé à sortir du tableau une fois que David Lainé avait préparé celui-ci pour la conservation. En utilisant la couche de protection de la peinture comme outil de contrôle, le nombre exact de scarabées émergeant a pu être déterminé : entre 10 à 17 par jour au cours des 12 jours précédant le traitement ; mais aucun après le traitement, sur une période de contrôle de 8 jours.

Après le traitement, les parties affaiblies de la peinture ont été consolidées. La surface a été nettoyée avec de l'eau déminéralisée. Tous les trous de sortie ont été remplis avec du mastic BEVA®, toutes les retouches ont été faites au moyen de pigments et de Paraloid. Les bords de la toile ont été recollés. En utilisant le gabarit, un nouveau plâtre a été appliqué

autour de la peinture et modelé pour imiter les irrégularités du plâtre d'origine. Enfin, le plâtre nouvellement appliqué a été peint avec de la peinture acrylique blanche.

L'œuvre de Judith Rothschild infestée par proximité ainsi que tous les autres objets mobiles en bois de la maison ont été traités dans une deuxième enceinte faite sur mesure. Du bois de chauffage infesté, ce qui est souvent la source de l'infestation par proximité, a été retiré.

## Mots clefs

traitement à air chaud et à humidité contrôlée par Thermo Lignum, infestation aux insectes xylophages, *Nicobium castaneum*, éradication d'insectes, Gustave Singier



# Mega Pest Prevention: Low-Temperature Treatment of Contemporary Art at the Museum of Fine Arts, Boston

**Cara Kuball**

Conservation and Collections Management,  
Scientific Research Division, Museum of Fine Arts, Boston, Boston, MA, United States  
[ckuball@mfa.org](mailto:ckuball@mfa.org)

## Abstract

From April to July 2016, the Boston Museum of Fine Arts (MFA) presented an original exhibition of installations by contemporary artists from Asian megacities (populations of ten million or more). Megacities Asia featured 17 works by 11 artists from Beijing and Shanghai, China; Mumbai and Delhi, India; and Seoul, South Korea, made from a diverse range of materials. This included salvaged wooden architectural elements found at Shanghai flea markets, reclaimed bamboo scaffolding from Delhi, rubble and clothing extracted from demolished Beijing houses, and green plastic packaged products from Seoul supermarkets.

Beginning in August 2015, MFA conservators, curators, an exhibitions manager, and a manager of preventive conservation discussed the risks associated with bringing a large volume of salvaged wood, used clothing, and repurposed plastic food containers into galleries and art storage facilities. It was decided that certain materials in the proposed installations were high-risk for pest activity and could not be brought into the museum building without first undergoing some treatment.

The highest-risk materials were flagged for preventive pest treatment, with a combined crate volume totaling 91 m<sup>3</sup> (3,207 ft<sup>3</sup>). Such volume was far too great to treat using the usual MFA pesticide-free methods, oxygen-scavenging anoxia or CO<sub>2</sub> controlled atmosphere. Toxic gas fumigation was dismissed as an option due to the risks to environment, human health, and object safety. After research and consultation with fellow conservation professionals, we decided to treat the crates at an off-site art storage facility, using commercial freezer trailers. Thus, the first low-temperature treatment performed by the MFA would be on 11,599 kg (25,572 lbs.) of loaned contemporary artwork, set to be installed in the largest-ever exhibition of contemporary art of the MFA. The challenge was to keep the art as safe as possible while completing a timely treatment off-site, between its arrival on sea containers from China and its scheduled installation in the museum galleries.

This talk will present a large-scale, low-temperature pest control treatment, coordinated across multiple museum departments and several outside vendors. Insight into decision-making processes will be shared, as will lessons learned from 6 months of planning, 6 weeks of treatment, and 4 weeks of exhibition installation.

Specific challenges to be addressed include the following:

- Justifying a logistically-complex non-chemical treatment.
- Planning safe treatment of objects never seen in person, and packed in unknown materials.
- Identifying and protecting components in artworks that could be damaged by freezing.
- Protecting artwork from condensation if individually poly-sealing objects is not possible.
- Adjusting to unexpected difficulty of renting trailers that reach an ideal temperature of -35C.
- Responding to sudden equipment failures.
- Powering trailers for 6 weeks when no direct hook-up to a building is available.

## Key words

low-temperature pest control, preventive conservation, contemporary art, integrated pest management, collections care

# Prévention des nuisibles à grande échelle : un traitement à basse température pour les collections d'art contemporain au Museum of Fine Arts de Boston

## Cara Kuball

Conservation and Collections Management,  
Scientific Research Division, Museum of Fine Arts, Boston, Boston, MA, United States  
[ckuball@mfa.org](mailto:ckuball@mfa.org)

## Résumé

D'avril à juillet 2016, le Museum of Fine Arts de Boston (MFA) a présenté une exposition originale d'installations d'artistes contemporains issus des mégapoles asiatiques (dix millions d'habitants ou plus). Megacities Asia comportait 17 œuvres de 11 artistes originaires de Pékin et de Shanghai (Chine), de Mumbai et de Delhi (Inde) et de Séoul (Corée du Sud). Les œuvres avaient été réalisées à partir de matériaux divers : éléments architecturaux en bois de récupération trouvés dans les marchés aux puces de Shanghai, échafaudages en bambou récupérés à Delhi, décombres et vêtements extraits de maisons démolies de Pékin et produits emballés dans du plastique vert provenant de supermarchés de Séoul.

À partir d'août 2015, les conservateurs-restaurateurs du MFA, les conservateurs de musée, les responsables des expositions et les responsables de la conservation préventive ont débattu des risques liés à l'introduction d'un grand volume de bois récupéré, de vêtements usagés et de récipients alimentaires en plastique réutilisés dans les galeries et les lieux de stockage des œuvres d'art. Il a été décidé que certains matériaux dans les installations proposées présentaient un risque élevé d'activité parasitaire et ne pouvaient être introduits dans le bâtiment du musée sans un traitement préalable.

Les matériaux présentant le risque le plus élevé ont été signalés pour un traitement préventif contre les nuisibles, avec un volume total de 91 m<sup>3</sup> (3207 ft<sup>3</sup>). Un tel volume était bien trop important pour être traité avec les méthodes habituelles sans pesticide du MFA : l'anoxie par piégeage de l'oxygène et l'atmosphère contrôlée au CO<sub>2</sub>. La fumigation de gaz toxiques a été une option rejetée, en raison des risques qu'elle comporte pour l'environnement, la santé humaine et la sécurité des objets. Après des recherches et des consultations avec d'autres professionnels de la conservation, nous avons décidé de traiter les caisses dans une installation de stockage d'art hors site, en utilisant des remorques frigorifiques commerciales. Ainsi, le premier traitement à basse température effectué par le MFA portait sur 11 599 kg d'œuvres d'art contemporain prêtées, en vue de leur installation dans la plus grande exposition d'art contemporain jamais organisée par le musée. Le défi consistait à maintenir les œuvres d'art en sécurité tout en effectuant un traitement assez rapide et hors site, entre leur arrivée par conteneurs maritimes en provenance de Chine et leur installation prévue dans les galeries du MFA. Cet exposé présentera notre démarche : un traitement antiparasitaire à grande échelle et à basse température, coordonné par plusieurs départements du musée et plusieurs fournisseurs extérieurs. Nous partageons des informations relatives aux processus décisionnels, ainsi que les leçons tirées au bout de six mois de planification, six semaines de traitement et quatre semaines d'installation de l'exposition.

Les défis spécifiques à relever sont les suivants :

- Justifier d'un traitement non chimique complexe sur le plan logistique.
- Planification d'un traitement fiable sur des objets jamais vus en personne et emballés dans des matériaux inconnus.
- Identifier et protéger les composants des œuvres d'art qui pourraient être endommagés par le gel.
- Protéger les œuvres d'art contre la condensation lorsque le scellement individuel des objets n'est pas possible.
- S'adapter à la difficulté inattendue de louer des remorques qui atteignent une température idéale de -35 °C.
- Réagir aux pannes soudaines d'équipement.
- Alimenter des remorques pendant 6 semaines sans connexion directe à un bâtiment.

## Mots clefs

contrôle des nuisibles à basse température, conservation préventive, art contemporain, contrôle intégré des nuisibles, soin des collections

# Outil clé pour la cartographie des zones à risque de développement biologique

**Jacques Pages**

BioDev' mlhl, Rosis, France

*biodev-mlhl@laposte.net*

## Résumé

Un diagnostic sanitaire, effectué dans une église de Lyon, a pris en compte les conditions environnementales.

Trois professionnels, acteurs de la conservation du patrimoine dans leur discipline (entomologie, microbiologie et conservation restauration du patrimoine), ont réalisé ce diagnostic, chacun dans sa spécialité, mais en utilisant le même référentiel de risque.

Processus :

- Les données environnementales, essentiellement basées sur l'humidité, ont été constituées par 700 points de mesure relevés au sol à proximité des murs et sur les murs jusqu'à 2 m de hauteur.
- Les données biologiques (cyanobactéries, micromycètes, macromycètes, arthropodes, algues, mousses, lichens), issues des nombreux prélèvements sur site, ont été identifiées ultérieurement par les laboratoires « ELIOS » et « BioDev' mlhl ».
- Les données du diagnostic sanitaire ont été relevées sur site par G. Nicosia.

Chacun de ces jeux de données (environnementales, entomologiques, microbiologiques, diagnostic sanitaire) a été géo-référencé sur site et saisi sur un calque de cartographie (QGIS, logiciel libre compatible MapInfo et ArcGis).

Outre la génération d'un atlas cartographique compilant toutes les données relevées, la superposition de ces différents calques, crée une information nouvelle qui a permis d'établir des zones à risques, à surveiller ou à traiter, car il y a une forte corrélation entre les « contaminations actives » et les conditions environnementales.

C'est un outil précieux pour les conservateurs, architectes du bâtiment, préventeurs car il produit une information synthétique des contaminations en fonction d'une échelle commune de risque.

Cette technique pourrait être appliquée avec intérêt à d'autres institutions patrimoniales.

## Mots clefs

diagnostic sanitaire, conditions environnementales, entomologie, microbiologie, conservation restauration

# A key tool for mapping zones at risk of biological development

**Jacques Pages**

BioDev' mlhl, Rosis, France

*biodev-mlhl@laposte.net*

## Abstract

An infestation diagnosis, carried out in a church in Lyon, took into account environmental conditions through a multi-disciplinary approach.

Three professionals, actors of heritage conservation in their respective disciplines (entomology, microbiology and heritage conservation and restoration), conducted the diagnosis, each through the angle of their specialty while using the same risk reference frame.

The process involved various sets of data as follows:

- Environmental data, essentially based on humidity, came from 700 measurement points on the ground near the walls and on the walls up to 2 meters high.
- Biological data, the cyanobacteria, micromycetes, macromycetes, arthropods, algae, mosses and lichens from numerous samples taken on site were identified by the "ELIOS" and "BioDev' mlhl" laboratories.
- Infestation data related to diagnostics was collected on site by G. Nicosia.

Each of these sets (environmental, entomological, microbiological and diagnostic) was geo-referenced on site and entered on a mapping layer (QGIS, MapInfo and ArcGis compatible open source software).

In addition to producing a cartographic atlas from the data collected, superimposing these different layers created new information, making it possible to establish risk zones for monitoring or treatment purposes, due to a strong correlation between active contamination and environmental conditions.

This method is a valuable tool for curators, building architects and prevention specialists, in that it provides synthetic information on contamination according to a common scale of risk.

The technique could also be useful to other institutions for heritage.

## Key words

infestation diagnosis, environmental conditions, entomology, microbiology, conservation and restoration

# Innovation technologique : des pièges lumineux spécifiques pour détecter et surveiller les populations d'insectes nuisibles pour le patrimoine

**Mathieu Sachoux**

IPM technologies,  
Abiotec, Le Plessis Robinson, France  
[mathieu.sachoux@abiotec.fr](mailto:mathieu.sachoux@abiotec.fr)

## Résumé

La maîtrise des risques liés aux insectes et le développement durable sont deux enjeux majeurs pour l'avenir du patrimoine. La mondialisation favorise les échanges des œuvres, mais augmente aussi considérablement le risque de contamination dû aux insectes, ce qui impliquait souvent un traitement préventif systématique des objets potentiellement infestés. Dans le passé, le seul moyen de surveiller les populations d'insectes était l'inspection visuelle et les pièges à phéromones. Mais, comment savoir quelle phéromone utiliser si l'on ne connaît pas les espèces d'insectes à surveiller ?

Dans le but d'aider les musées et les bibliothèques à prévenir les risques et réduire l'utilisation des traitements chimiques, la société Abiotec a mis au point une gamme de pièges lumineux et une méthode originale parfaitement adaptée aux problématiques du patrimoine, et efficace sur plus de 90 % des espèces d'insectes présentes dans les collections patrimoniales.

En partenariat avec des Universités, Abiotec travaille sur la sensibilité des insectes aux différentes couleurs et longueurs d'onde. Ces années de recherche ont permis à Abiotec de commercialiser des solutions écologiques, économiques et innovantes, sans risque pour les œuvres ni pour le personnel. La solution Abiotec a été largement testée et est maintenant utilisée par de nombreuses institutions, comme le Museum national d'histoire naturelle, le musée du quai Branly, le Château de Versailles, le centre Pompidou, ou encore le musée du Louvre. Ces pièges sont devenus un outil indispensable à une démarche IPM efficace.

Cette communication présente la technologie et les installations réalisées dans le nouveau bâtiment de l'herbier et le hangar des grands mammifères du Museum national d'histoire naturelle de Paris.

## Mots clefs

détection des insectes, prévention, innovation technologique, surveillance des insectes, pièges lumineux

# Technological innovation: specific light traps for monitoring insect pests for cultural heritage

**Mathieu Sachoux**

IPM technologies,

Abiotec, Le Plessis Robinson, France

*mathieu.sachoux@abiotec.fr*

## Abstract

Risk control of insects and sustainable development are two major challenges for the future of cultural heritage. As globalization fosters the exchange of works, risks of contamination due to insects are increasing considerably, along with systematic preventive treatment of potentially infested objects. Until now, the only means of monitoring insect populations was visual inspection and pheromone traps. But how do we know which pheromone to use if we do not know which insect species to monitor?

In order to help museums, libraries, and other institutions prevent risks and reduce the use of chemical treatments, the company Abiotec has developed a range of light traps and an original method perfectly adapted to heritage issues, effective on more than 90% of insect species present in heritage collections.

In partnership with several universities, Abiotec studied the sensitivity of insects to different colors and wavelengths. Years of research enabled Abiotec to market ecological, economical and innovative solutions. With no risk for works of art or staff, the Abiotec solution has been widely tested and is now used by many institutions such as the Museum National d'Histoire Naturelle, Musée du quai Branly, Château de Versailles, Centre Pompidou and Musée du Louvre. These traps have thus become an indispensable tool for an efficient IPM approach.

This presentation points out the technology and installations set up in the new building of the herbarium for special plant species and the building for large mammals of the Museum National d'Histoire Naturelle in Paris.

## Key words

insect detection, prevention, technological innovation, insect monitoring, light trap



# L'analyse des vermoulures de bois: une aide à l'identification de quelques espèces d'insectes *Ptinidae* (Coleoptera)

**Magali Toriti**

**Aline Durand**

Archéologie-UMR 6566-CReAAH, Université du Maine, Le Mans, France

**Fabien Fohrer**

Entomologie,  
CICRP, Marseille, PACA, France

Correspondance : [fabien.fohrer@cicrp.fr](mailto:fabien.fohrer@cicrp.fr)

## Résumé

Parmi les insectes xylophages de la famille des *Ptinidae*, la petite vrillette (*Anobium punctatum*, (De Geer, 1774)), espèce cosmopolite, est la plus fréquemment rencontrée dans les espaces et lieux patrimoniaux. Par ailleurs, d'autres espèces de *Ptinidae*, comme la vrillette brune (*Oligomerus ptilinoides*, (Wollaston, 1854)) et la vrillette des bibliothèques (*Nicobium castaneum*, (Olivier, 1790)) se rencontrent souvent dans ces mêmes lieux. Toutes occasionnent de nombreux dégâts sur divers objets patrimoniaux, et les traces qu'elles génèrent (trous d'émergence, taille et forme des déjections, présence ou non de coque de nymphose, entre autres) ne sont pas identiques d'une espèce à l'autre. Pour les trois espèces considérées, cette étude présente une approche comparative, morphologique et statistique de ces traces d'activité, permettant ainsi leur différenciation et leur identification en l'absence de larves ou d'imagos.

## Mots clefs

insectes xylophages, traces d'activité, identification, patrimoine, dégradations

# Analysis of wood dust: contribution to identifying various *Ptinidae* insect species (Coleoptera)

**Magali Toriti**

**Aline Durand**

Archéologie-UMR 6566-CReAAH, Université du Maine, Le Mans, France

**Fabien Fohrer**

Entomologie,  
CICRP, Marseille, PACA, France

Corresponding author: [fabien.fohrer@cicrp.fr](mailto:fabien.fohrer@cicrp.fr)

## Abstract

Among the wood-eating insects of the *Ptinidae* family, the small woodworm (*Anobium punctatum*, (De Geer, 1774)), a cosmopolitan species, is the most frequently encountered pest in heritage spaces and buildings. Other *Ptinidae* species such as the brown woodworm (*Oligomerus ptilinoides*, (Wollaston, 1854)) and the library beetle (*Nicobium castaneum*, (Olivier, 1790)) are often found in these same places. All of them cause a great deal of damage to various heritage objects. Interestingly, the signs they leave – emergence holes, size and shape of droppings, presence or absence of nymphosis shells and so on – are by no means identical from one species to another.

The present study offers a comparative morphological and statistical approach to signs of activity of the three species under consideration, enabling their differentiation and identification in the absence of larvae or imagos.

## Key words

wood boring insects, signs of activity, identification, heritage, deterioration

# ATAX : analyse des traces acoustiques de xylophages

---

## **Sandie Le Conte**

Laboratoire du Musée de la musique, Philharmonie de Paris, Paris, France

## **Stéphane Vaiedelich**

Philharmonie de Paris, Paris, France

## **Eleonore Kissel**

Musée du quai Branly, Paris, France

Correspondance : [sleconte@cite-musique.fr](mailto:sleconte@cite-musique.fr)

## Résumé

Aujourd'hui, face à une infestation potentielle ou suspectée, les équipes en charge de la conservation des œuvres n'ont d'autre choix que de réaliser un traitement curatif afin de ne pas mettre en péril l'ensemble de leurs collections. Depuis quelque temps, le procédé breveté « ATAX » (Analyse des traces acoustiques de xylophages) par la Cité de la Musique semble une voie efficace pour développer un outil simple d'utilisation, et permettant d'identifier avec certitude la présence d'insectes au sein des bois. La présente communication, propose de développer une première mise en place de mesures de détection *in situ* d'insectes xylophages au sein d'une collection muséale, en prenant l'exemple de la collection du Musée du quai Branly. On cherchera dans ce travail à conforter la rigueur du système développé grâce à l'acquisition de signaux sur des structures composites de plus en plus complexes. On présentera, en parallèle, le développement du matériel, en associant au procédé actuel une interface conviviale rendant le traitement du signal accessible aux non spécialistes.

## Mots clefs

xylophage, acoustique, détection, prévention

# ATAX : analysis of acoustic signals from wood-boring insects

---

**Sandie Le Conte**

Laboratoire du Musée de la musique, Philharmonie de Paris, Paris, France

**Stéphane Vaiedelich**

Philharmonie de Paris, Paris, France

**Eleonore Kissel**

Musée du quai Branly, Paris, France

Corresponding author: [sleconte@cite-musique.fr](mailto:sleconte@cite-musique.fr)

## Abstract

Today, museum conservation teams faced with potential, suspected infestations have no choice but to carry out curative treatments so as not to jeopardize their entire collections. For some time, the process patented "ATAX" (Analyse des Traces Acoustiques de Xylophages) by the Cité de la Musique has been appreciated as an efficient means of developing an easy-to-use tool to detect the presence of insects in wood with certainty. Following the example of the Musée Quai Branly, the present study focuses on the initial implementation of *in situ* detection measures for wood-boring insects within a museum collection. The aim is to reinforce the reliability of the ATAX process by focusing on signal acquisition for increasingly complex composite structures. In parallel, we will also present a development of the process, as adding a user-friendly interface makes signal processing accessible to non-specialists.

## Key words

wood-boring insects, acoustics, detection, prevention

# Les enjeux de conservation du patrimoine végétal des jardins historiques face aux nouveaux ravageurs: impacts et contraintes de lutte

**Anne Marchand**

Direction de la conservation des monuments et des collections,  
Centre des monuments nationaux, Paris, France  
anne.marchand@monuments-nationaux.fr

## Résumé

L'arrivée de nouveaux types de ravageurs s'attaquant au patrimoine végétal des jardins historiques est notable depuis une quinzaine d'années en France. Cela se traduit par des infestations d'espèces nouvelles à forte prolifération, laissant les gestionnaires souvent démunis sur les moyens de lutte non adaptés ou non autorisés. On peut citer l'exemple de 4 nouveaux ravageurs, dont les attaques actuelles posent ou vont poser des problèmes de conservation du patrimoine des jardins :

La mineuse du marronnier (*Cameraria ohridella*).

Les capricornes asiatiques (*Anoplophora chinensis*; *Anoplophora glabripennis*).

La chenille processionnaire du chêne (*Thaumetopoea processionea*).

La pyrale du buis (*Cydalima perspectalis*).

Ces nouveaux ravageurs ont la particularité d'être présents en France depuis les années 2000. Arrivés dans des écosystèmes où ils ne connaissent pas d'antagoniste, leur développement sur le territoire français est en constante augmentation. La mineuse du marronnier, la chenille processionnaire du chêne et la pyrale du buis sont des Lépidoptères s'attaquant à une seule espèce: le marronnier d'Indes (*Aesculus hippocastanum*), le chêne pédonculé (*Quercus robur*) et le buis (*Buxus sempervirens*). Les larves ou les chenilles s'attaquent aux feuilles et causent des défoliations, aboutissant à la perte des frondaisons en période estivale. L'impact saisonnier est dramatique pour la présentation des jardins. Ces ravageurs permettent aussi le passage à d'autres parasites ayant un impact beaucoup plus grave sur la santé des arbres à long terme, comme la mineuse du marronnier suspectée de disséminer le chancre bactérien du marronnier. Les capricornes asiatiques sont des Coleopteres pouvant s'attaquer à plusieurs espèces, principalement des arbres dits à bois blancs, tels que le peuplier, le frêne ou encore l'aulne. Ils ont été repérés à 4 reprises en France. Leur fort potentiel d'attaque xylophage, a conduit les services de protection des végétaux à les classer en « organismes nuisibles de quarantaine » pour lesquels la lutte est obligatoire. Malheureusement cette lutte conduit à abattre et arracher les plantations, ce qui est une mesure à fort impact sur le paysage.

Ces nouveaux ravageurs sont arrivés par l'Est de l'Europe, soit par l'Asie ou les Balkans souvent par le biais du transport des marchandises ou de matériaux pour le commerce international. Les enjeux de lutte pour la protection des végétaux et la conservation de l'aspect paysager des jardins historiques sont forts. Dans un contexte d'arrêt des traitements pesticides, les moyens de luttés sont adaptés en fonction des stades et des cycles de ces insectes et demandent des mesures de suivis des infestations à grande échelle, via le réseau des FREDON (Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles).

## Mots clefs

ravageurs, patrimoine végétal, lutte non chimique, jardin historique, arbres

# The conservation of plant heritage in historic gardens threatened by new pests: impact and limitations of the struggle

**Anne Marchand**

Direction de la conservation des monuments et des collections,  
Centre des monuments nationaux, Paris, France  
anne.marchand@monuments-nationaux.fr

## Abstract

The arrival of new types of pests that attack the plant heritage of historic gardens has been conspicuous in France over the last fifteen years. This has resulted in infestations of new species with a high rate of proliferation. Garden managers often lack the necessary means of control, with no alternative other than unsuitable or unauthorized solutions. We can cite the example of 4 new pests, whose current attacks cause or will cause problems for the conservation of garden heritage:

The horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*)

Longhorn beetles (*Anoplophora chinensis*; *Anoplophora glabripennis*)

The oak processionary caterpillar (*Thaumetopoea processionea*)

Boxwood borer (*Cydalima perspectalis*)

These new pests have been present in France since the 2000s. Having arrived in ecosystems where they have no antagonist, their development on French territory has been increasing constantly. The horse chestnut leaf miner, the oak processionary caterpillar and the boxwood borer are Lepidoptera; each one damages a single species: the horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*), the pedunculated oak (*Quercus robur*) and the boxwood (*Buxus sempervirens*), respectively. Their larvae or caterpillars damage the leaves and cause defoliation, leading to the loss of foliage in the summer. The seasonal impact is devastating for gardens. These pests also open the way to other insects with a much more serious impact on the health of trees in the long term, such as the chestnut leaf miner, which is suspected of spreading chestnut bacterial canker.

Asian horse chestnut leaf miners are Coleopterans that attack several tree species, mainly white-wood trees such as poplar, ash, and alder. They have been spotted 4 times in France, and their high xylophagous attack potential has led plant protection services to classify them as "quarantine pests" for which control is mandatory. Unfortunately, this has led to the felling and uprooting of plantations, a measure with a high impact on the landscape.

The new infestations arrived through Eastern Europe, Asia and the Balkans, often with the transport of goods or materials for international trade. The stakes are high for plant protection and conservation of the landscape of historic gardens. In a context where pesticide treatments have stopped, pest control methods are being adapted according to the stages and cycles of these insects. This adaptation requires specific measures in order to monitor large-scale infestations via the FREDON (Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles) network.

## Key words

pests, plant heritage, non-chemical measures, historic garden, trees

# Do you also have the grey Silverfish (*Ctenolepisma longicaudata*)? Distribution and first damage to objects in museums in Austria

**Pascal Querner**

**Doris Hassler**

Institute of Zoology, BOKU University, Vienna, Austria

Corresponding author: [pascal.querner@boku.ac.at](mailto:pascal.querner@boku.ac.at)

## Abstract

Silverfish (*Lepisma saccharina*), described as pests to museum objects, mainly occur in damp and humid conditions. They can damage paper, starchy materials, wall paper, and in some cases insect collections and textiles. The firebrat (*Thermobia domestica*), also described in the literature as a potential pest for museum objects in Europe, requires higher temperatures. During the past few years, a new species, the grey silverfish (*Ctenolepisma longicaudata*), has been reported in northern Europe (the Netherlands and Germany). Therefore, we made a systematic analysis of all Lepismatidae found on sticky blunder traps and pheromone traps for webbing clothes moths in over 15 locations, in old and new museums and storage depositories in Vienna, Austria. The insects were counted, the species identified and the body length measured to gain insight into the population structure. Three spatial scales were analyzed for the co-occurrence of different species: small scale – presence on the same trap, medium scale – in the same room and large scale – in the same building. We analyzed the monitoring data from two winters 2014/2015 and 2015/2015 and the summer 2015 (March until October). We found three different Lepismatidae species in total, with *Ctenolepisma longicaudata* being the most abundant and large species, found mainly in new storage and museum buildings. Silverfish (*Lepisma saccharina*) were also found, but appear mainly in historic buildings and on ground floors or in basements. We also found some individuals of the four-lined silverfish, *Ctenolepisma lienata*, but only in a few sites. The firebrat (*Thermobia domestica*) was not found. In one museum in Austria, the first damage by *Ctenolepisma longicaudata* was found on contemporary art objects made of paper. To our knowledge, that was the first reported damage to museum objects by this pest. Furthermore, we will discuss the distribution of the three species in relation to climate change.

## Key words

*Lepisma Saccharina*, *Ctenolepisma Longicaudata*, monitoring, climate change, new pest

# Vous avez aussi le poisson d'argent (*Ctenolepisma longicaudata*) ? Distribution et premières altérations constatées sur des objets dans des musées en Autriche

**Pascal Querner**

**Doris Hassler**

Institute of Zoology, BOKU University, Vienna, Austria

Correspondance : [pascal.querner@boku.ac.at](mailto:pascal.querner@boku.ac.at)

## Résumé

Le poisson d'argent (*Lepisma saccharina*) est décrit comme un parasite des objets de musée et se rencontre principalement dans des conditions humides. Ils peuvent endommager le papier, les matériaux amylicés, le papier peint, mais aussi, dans certains cas, les collections d'insectes et les textiles. La thermobie (*Thermobia domestica*) est également décrite dans la littérature comme un parasite potentiel pour les objets de musée en Europe, mais nécessitant des températures plus élevées. Depuis quelques années, des rapports font état d'une nouvelle espèce, le lépisme gris (*Ctenolepisma longicaudata*), qui a été signalé en Europe du Nord (Pays-Bas, Allemagne). Nous avons donc procédé à une analyse systématique de tous les Lepismatidae trouvés dans des pièges collants et des pièges à phéromones pour les mites des vêtements dans plus de 15 endroits, anciens et nouveaux musées et dépôts de stockage, à Vienne, en Autriche. Les insectes ont été comptés, les espèces identifiées, et la longueur du corps mesurée (pour avoir un aperçu de la structure de la population). Trois échelles spatiales ont été analysées pour la cooccurrence de différentes espèces : petit espace pour une présence sur le même piège, moyen espace pour une même pièce et grand espace, pour un même bâtiment. Nous avons analysé les données de surveillance sur deux hivers 2014-2015 et 2015/2016 et pendant l'été 2015 (de mars à octobre). Nous avons trouvé au total trois espèces différentes de Lepismatidae ; *Ctenolepisma longicaudata* était l'espèce la plus abondante et la plus grande, se trouvant principalement dans les nouveaux bâtiments de stockage et de musée. Le lépisme argenté (*Lepisma saccharina*) a également été trouvé, mais il est surtout présent dans les bâtiments historiques et au rez-de-chaussée ou dans les sous-sols. Nous avons également trouvé quelques individus de l'espèce lépisme (à quatre rayures), *Ctenolepisma lienata*, mais seulement dans quelques sites. La thermobie (*Thermobia domestica*) n'a pas été trouvée. Nous signalons aussi qu'un musée autrichien a été le premier à subir les dégâts causés par la *Ctenolepisma longicaudata* sur des objets d'art contemporain en papier, qui sont à notre connaissance les premiers dégâts par ce parasite signalés sur des objets de musée. Par ailleurs, nous abordons la répartition des trois espèces en relation avec le changement climatique.

## Mots clefs

*Lepisma saccharina*, *Ctenolepisma longicaudata*, contrôle, changement climatique, nouveau nuisible



# What is eating your collection?

**Jane Thompson Webb**

Collections Care, Birmingham Museums Trust, Birmingham, West Midlands, United Kingdom

**David Pinniger**

DBP Entomology, Cookham, United Kingdom

Corresponding author: *Jane.TW@birminghammuseums.org.uk*

## Abstract

Entomologists and field biologists have spent many years looking at the distribution of insect pests both in the UK and worldwide. A Google search brings up 9,700,000 hits. It would therefore seem that there is little left to know about what insects are where and what they might be eating. This figure is misleading, however, as it primarily refers to outdoor crop, forestry and horticultural insect pests. There is very little information concerning indoor insect pests and particularly those that infest museum collections.

In 2009, the authors developed a website using funding from Renaissance in the Regions. The site [www.whatseatingyourcollection.com](http://www.whatseatingyourcollection.com) was devised as a source of information about IPM and insect pests with a photographic reference guide. The website grew out of requests for a reference tool from participants who attended our IPM training courses. The same participants also asked questions about the spread of insect pests in the UK and whether this was changing. Whilst a pest identification tool could be generated, it was not possible to answer the question regarding the distribution of insect pests other than via anecdotal evidence and personal experience. A second part of the website was therefore created as an insect pest recording tool. IPM coordinators in UK heritage institutions were invited to record the insect finds from their trapping program on a quarterly basis. This paper will examine the results of that recording and will analyze the current distribution of insect pests across the UK based on geography and building type. This will provide some of the answers to the question of what insects are where and thus what collections are at risk. It will also enable us to track changes in distribution and frequency of established pests and to record the introduction and spread of any new pests. With coordination, this recording system could be adapted for use in any country or geographical area.

## Key words

distribution, indoor insect pests, recording, heritage pests, identification

# Qui mange vos collections ?

## Jane Thompson Webb

Collections Care, Birmingham Museums Trust, Birmingham, West Midlands, United Kingdom

## David Pinniger

DBP Entomology, Cookham, United Kingdom

Correspondance : *Jane.TW@birminghammuseums.org.uk*

## Résumé

Les entomologistes et les biologistes de terrain ont passé de nombreuses années à étudier la répartition des insectes nuisibles au Royaume-Uni et dans le monde. Une recherche sur Google donne 9 700 000 résultats. Il semblerait donc qu'il reste peu de chose à savoir sur les insectes, leur localisation et ce qu'ils peuvent manger. Ce chiffre est toutefois trompeur, car il concerne principalement les insectes nuisibles aux cultures de plein air, à la sylviculture et à l'horticulture. Il y a très peu d'informations sur les insectes nuisibles d'intérieur et en particulier ceux qui infestent les collections des musées.

En 2009, les auteurs ont développé un site web grâce au financement de l'organisme Renaissance in the Regions. Le site [www.whatseatingyourcollection.com](http://www.whatseatingyourcollection.com) a été conçu pour être une source d'information sur la lutte intégrée contre les ravageurs et les insectes nuisibles, avec un guide de référence photographique. Le site est né de la demande d'un outil de référence, de la part des participants à nos cours de formation sur la lutte intégrée contre les parasites. Ces mêmes participants ont également posé des questions sur la propagation des insectes nuisibles au Royaume-Uni, et sur l'évolution de la situation. Bien qu'un outil d'identification des insectes nuisibles ait pu être généré, il n'a pas été possible de répondre à la question concernant la présence des insectes nuisibles autrement que par le biais de preuves anecdotiques et d'expériences personnelles. Une deuxième partie du site web a donc été créée en tant qu'outil d'enregistrement des insectes nuisibles. Les coordinateurs de la lutte contre les parasites, dans les institutions britanniques de protection du patrimoine, ont été invités à enregistrer les insectes trouvés dans le cadre de leur programme de piégeage sur une base trimestrielle. Notre présentation examine les résultats de cet enregistrement et analyse la répartition actuelle des insectes nuisibles au Royaume-Uni en fonction de la géographie et du type de bâtiment. Cela permettra de répondre à la question, qui est de savoir quels insectes se trouvent où, et quelles collections sont en danger. Il nous permettra également de suivre les changements dans la présence et la fréquence établie des insectes nuisibles et d'enregistrer l'introduction et la propagation de tout nouvel insecte nuisible. Grâce à la coordination, ce système d'enregistrement pourrait être adapté pour être utilisé dans n'importe quel pays ou zone géographique.

## Mots clefs

distribution, insectes nuisibles d'intérieur, enregistrement, nuisibles du patrimoine

# ***POSTERS***



# Integrated Pest Management in Italian museums, archives and libraries

---

## **Alessia Berzolla**

Di.Pro.Ve.S. Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili - Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza

## **Elisabetta Chiappini**

Di.Pro.Ve.S. Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili - Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza

## **Roberto Nelli**

Dipartimento di Scienze economiche e sociali - Facoltà di Economia e Giurisprudenza - Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza

## **Claudia Sotgia**

Di.Pro.Ve.S. Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili - Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza

Corresponding author: [claudia.sotgia@unicatt.it](mailto:claudia.sotgia@unicatt.it)

---

IPM strategies are a widespread practice in cultural heritage conservation institutions of the whole world.

The aim of the study was to assess the real Italian situation as regards IPM, specially on the perception of the problem and the integrated pest procedures adopted in Italian conservation facilities.

During 2013 a preliminary goal was pursued by means of a questionnaire of 31 questions focusing on buildings characteristics, management of the environments, staff organization, pests control, and directors/managers' consciousness of pests problems. This first phase involved 123 different institutions in Emilia Romagna, one of the 20 Italian regions. The results permitted to highlight the shortcomings and therefore to identify the necessities of the pest management, biological risks assessment, and staff training in this region. The project was subsequently extended to all the 20 Italian regions, achieving 477 conservation institutions out of 3055 sent. 69,9% of those were museums 16,1% libraries, 5,2% archives, 4,10% galleries, and 4,50% historic houses. Results show how pests are a problem for the 75% of the cultural heritage facilities that answered the survey, nevertheless they also show that both the exhibition and storages areas are not even equipped with temperature and relative humidity data logger, though monitoring environmental climate conditions is the base for an IPM program. Another important issue for IPM like housekeeping is considered useful in order to recognize conservative problems by the 41% of the respondents, but it is considered helpful to recognize an infestation or a pest problem only by the 31% of the respondents. This is clearly due to the fact that housekeeping, even if performed on regular bases (83.5%), is generally committed to external companies (68.9 %) to which staff training is not requested or performed by internal untrained staff (23%). Statistical analysis shows that we can divide the survey sample into two groups: the first one gathers those that operate against pests, either through prevention or eradication, while the second one includes those that do not take any action against pest but are almost exclusively involved in routine and emergence maintenance. Those belonging to the first group are also those that "restore". It seems, therefore, that the actions taken against pest are not alternatives to restoration. More than 90% of the respondents don't even know what IPM is. Notwithstanding the fact that the deficiency of funds appears to be the major limit for a correct pest management, which is rather obvious, also the lack of knowledge and awareness about pests are considered a high limit for a correct pest management.

# Preventive conservation and IPM: their sustainability for cultural properties protection

---

## **Alessia Berzolla**

Di.Pro.Ve.S. Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili - Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza

## **Gabriele Canali**

Dipartimento di Economia agro-alimentare - Università Cattolica del Sacro Cuore - Facoltà di Agraria

## **Elisabetta Chiappini**

Di.Pro.Ve.S. Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili - Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza

## **Giulia Pezzini**

Di.Pro.Ve.S. Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili - Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza

## **Maria Cristina Reguzzi**

Di.Pro.Ve.S. Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili - Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza

## **Claudia Sotgia**

Di.Pro.Ve.S. Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili - Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza

Corresponding author: [claudia.sotgia@unicatt.it](mailto:claudia.sotgia@unicatt.it)

---

While in Europe IPM standard has just been published, in Italy restoration culture still represents the main conservation practice also due to the higher visibility for both the property itself and the conservation institution, as well as for public and private sponsors.

This research was conducted in northern Italy institutions "hosting" different properties such as a library, an archive, an art museum, an agricultural museum, a church and a military vestments museum, which realized a restoration activity due to insect damage in recent years.

For each of them costs due to ordinary organizational management, restoration, and IPM were investigated in order to compare and analyse them and verify the sustainability of preventive conservation measures.

First of all, this research shows a very limited disposability to provide internal, financial data and incomplete data recording so that it results very difficult to verify the convenience of a certain kind of management in comparison to others.

Furthermore, it confirms the general absence of preventive conservation programs due to the ignorance of the existence of an IPM standardised procedure and the lack of prepared employee.

In the only case in which an IPM program has been part of the standard management since many years, it has been verified that the annual cost for IPM is equal to the 0,2% of the estimated value of the collection so that this additional expense is economically justified hypothesising if a possible damage due to biological factors at least equal to this very low sum.

The effective prevention plans with an IPM project are definitely a small matter compared to assets value. Finally it would be desirable that institutions support the prevention costs to create long-term solutions rather than a single restoration.

# Know Thine Enemy

---

## **Jacqueline Chapman-Gray**

Life Collections, Oxford University Museum of Natural History, Oxford, United Kingdom

*jacqueline.chapman-gray@oum.ox.ac.uk*

---

Correct pest identification is crucial for IPM. With 23,500 species of insects in the UK alone, how are conservators, IPM officers and museum curators going to recognise friend from foe. There are a number of online resources out there to help guide the budding and even experienced IPM professional through the identification process, but they are unlikely to cover all the insects that we encounter or provide the morphological detail needed for correct species identification. It then becomes important to have access to the right tools for identification, such as online resources, identification posters, microscopes and most importantly access to an entomologist who cannot only confirm the identity of the insects for you, but offer training in the form of the specific characters of each insect, the conditions they like and the food they eat. Identification of 'tourist' insects (insects that will not harm your collection) is just as important as it may give you information about your buildings condition and it will definitely highlight if there is an easy point of entry into the building for insects to attend 'the ugly bug ball'. It is essential that IPM professionals ensure that any species of insect caught on traps are correctly identified; this will allow museum professionals to monitor the spread and potentially, the type of damage that may occur to their collections and where possible create inhospitable environments for the insect parade.

## **Key words**

identification, morphological, entomologist, monitor, environments

# Integrated Pest Management at a glance

---

## **Amy Crossman**

Independent Conservator, Cardiff, United Kingdom

## **David Pinniger**

DBP Entomology, Cookham, United Kingdom

Corresponding author: *amycrossman@hotmail.com*

---

Integrated Pest Management (IPM) is considered a core collections care activity in museums and cultural organisations around the world. Nowadays IPM as applied to cultural heritage organisations should constitute a holistic and co-ordinated approach for the safe and ethical care of collections in cultural organisations. But what is IPM? What constitutes an IPM programme? And how does one go about implementing IPM?

This poster will examine the origins and influences of IPM. Furthermore, the poster seeks to identify the crucial individual elements of the IPM programme, and investigate how they come together to form a holistic strategy. Consideration will be given to the more traditional physical activities involved, such as preventive conservation, monitoring, trapping and housekeeping, which serve to inform and underpin the decision making process. Finally consideration will be given to the vital role of the co-ordination and management of such programmes, using evidence provided by the physical activities in order to provide holistic solutions to the prevention of pest damage to collections.

## **Key words**

IPM, collections care, holistic strategy, decision making process, influences

# L'environnement complexe des églises et contamination biologique : présentation de plusieurs études de cas

---

**Virginia Gisel de Billerbeck**

ELIOS Cabinet conseil, Paris, France

**Jacques Pages**

Bio'dev-mlhl, Rosis, France

Correspondance : [labo.elios@free.fr](mailto:labo.elios@free.fr) (Virginia Gisel De Billerbeck)

---

Ce poster présente la problématique de la contamination biologique dans les églises. L'environnement de ces bâtiments de grande taille et la diversité des espaces est souvent difficile à contrôler et à maintenir dans des conditions conformes à la conservation du monument et des objets patrimoniaux. La difficulté de la conservation préventive dans ces édifices religieux est doublée par l'absence de personnel permanent et formé dévolu aux tâches d'entretien du patrimoine.

Plusieurs études de cas concernant la diversité d'organismes biologiques propres à ces édifices (cyanobactéries, micromycètes, macro mycètes, arthropodes, algues, mousses, lichens) qui se développent sur les matériaux du bâtiment (pierre, bois, enduits peints) et les objets conservés dans les églises (tableaux, objets liturgiques, meubles) sont exposés.

Le diagnostic sanitaire des lieux et des biens culturels, ainsi que les mesures de l'humidité à la surface des matériaux et l'humidité relative de l'air permettent d'établir les zones à risque à surveiller ou à traiter. Des traitements adaptés à chaque type de bio contaminant et à chaque matériau sont proposés. La mise en œuvre des traitements est concertée en relation avec le conservateur, le restaurateur et les responsables locaux en charge du monument ou des objets. Une sensibilisation des paroissiens à l'entretien et à la gestion du patrimoine est également nécessaire pour garantir la bonne conservation de l'église et des biens mobiliers.

## Mots clefs

IPM, collections care, holistic strategy, decision making process, influences



# Understanding of termites helps preserve cultural heritage

---

**Simon Dupont**

**Elfie Perdereau**

**Guillaume Baudouin**

**Anne-Geneviève Bagnères**

Institut de Recherche sur la Biologie de l’Insecte,  
UMR 7261, CNRS / Université François-Rabelais de Tours, Tours, France

Corresponding author: [simon.dupont@univ-tours.fr](mailto:simon.dupont@univ-tours.fr)

---

Termites are social insects; they number around 2,900 species. Although termites play an important ecological role because they degrade cellulosic material such as wood and plant matter, some species cause significant economic damage. Indeed, subterranean termites, which commonly infest residences, have large economic impacts in countries such as the United States, Japan, and Europe. These termites’ cryptic lifestyle makes it particularly difficult to discover their colonies and prevent major damage from occurring.

Buildings of cultural and historical importance are, of course, not safe from termites. In Europe, the main genus of concern is *Reticulitermes* (i.e., subterranean termites). Two types of drywood termites can also occasionally be found in buildings, furniture, or small wooden objects, namely *Kalotermes flavicollis* (a Mediterranean native) and *Cryptotermes* spp. (introduced from the Tropics).

In Paris and the Loire Valley, *Reticulitermes flavipes*, an invasive species introduced to France from Louisiana (USA) during the 18<sup>th</sup> century, causes extensive damage to human-built structures. In France, *R. flavipes* colonies are often headed by multiple reproductives (neotenics), leading to the formation of very large colonies. These large colonies may exhibit low levels of intercolonial aggression, which can result in colony fusion (i.e., mixed-family colonies). Over the course of different collaborative projects (e.g., with the Centre-Val de Loire region and the city of Paris), we have characterized termite introduction and infestation dynamics in urban areas. We have obtained some interesting results and can provide recommendations related to termite infestation, detection and control. At the request of private companies and local authorities, we have also provided expertise on termites and wood-boring insects, namely how to identify species and delimit colonies using molecular techniques. In some cases, these processes have increased the effectiveness of termite control methods.

## Key words

termites, *Reticulitermes*, invasive species, wood-boring insects, expertise

# The use of UV-C treatment: effect on prehistoric paintings

---

**Olympe Einhorn**

Université de Bourgogne Franche-Comté, Besançon, France

[olympe.einhorn@edu.univ-fcomte.fr](mailto:olympe.einhorn@edu.univ-fcomte.fr)

---

Show caves are highly attractive touristic sites, yet they suffer from human interference such as tourism, which requires artificial light installation. In consequence, a wide spectrum of phototrophic microorganisms such as algae and cyanobacteria called "lampenflora" may proliferate acting ultimately as biodeteriorating agents. In an attempt to find an environmental friendly good alternative to chemical products, biofilms were firstly submitted to UV-C light. In a second experiment, and in the context of caves harbouring valuable prehistoric paintings, 3 selected pigments currently found in caves: red ochre, black manganese dioxide and coal were treated with UV-C to test the potential damage caused by such irradiation to paintings. These pigments were placed on travertine blocks (64 : 32 controls and 32 experimental) with half of them coated with a microalgal suspension of *Chlorella* sp. (Chlorophyta). The 32 experimental blocks were exposed to 8 UV-C lamps (8 X 25 watts) during 62 hours (about 4900 kJ.m<sup>-2</sup>). Then pigments were analysed by infrared spectroscopy and Fourier-transformed. In addition, these pure pigments along with binders (lard and beeswax) were treated with UV-C light followed by colorimetric assessment. Temperature was checked so as to avoid any heat interference by lamps. The results showed that pigment integrity was not affected by both UV-C irradiation and *Chlorella* sp. proliferation. It is noteworthy that a change in the colour of binders has occurred. These results can be a promising avenue prompting cave managers to use friendly UV-C light to treat contaminated painted artworks along with preventing biodeterioration by lampenflora.

## Key words

UV-C, micro-algae, pigment, conservation, caves

# Moths and Eagle Feathers: Cultural Consideration in Infestation Treatment

---

**Katie Fisher**

Collections, Glenbow Museum, Calgary, AB, Canada

[kfisher@glenbow.org](mailto:kfisher@glenbow.org)

---

When a clothes moth (*Tineola bisselliella*) infestation was discovered in our Indigenous Studies storage area in 2011 we knew we would not only be treating museum artifacts, but also objects with which First Nation people have intimate spiritual connections – objects that are vital living links to cultural identity and family histories. Glenbow Museum has been fostering relationships with local Indigenous communities since the 1970s, and more intensely since 1990. Those communities and the individuals in them are considered important stakeholders of the collection, and there is ongoing repatriation of sacred objects back to families and communities. With 40 000 objects in the Indigenous Studies collection needing treatment, consulting with community leaders and seeking their knowledge and input was essential to maintain open, honest, and respectful relationships with people seen not only as members of source communities but as colleagues and advisors.

Throughout the treatment process steps were taken to ensure communication and consultation with Elders and relevant community members. We ensured that it was acceptable to wrap objects in polyethylene plastic and to freeze them. This included objects considered sacred. Treatments of bundles were of special concern, and Elders offered suggestions as to which steps should be taken to ensure the spiritual protection of both the objects and the staff who would be involved in the project.

As a rule, a large portion of the Indigenous Studies storage is considered a “working collection,” and we had to balance its limited accessibility during the treatment process with the needs of Indigenous community members, researchers, and outgoing loans. We froze delicate, highly spiritual and sacred objects in-house, and rented freezer trucks for the rest of the collection. It took five years from finding the first moths to complete the infestation treatment, and there is still work needed in order to have the collection fully accessible and objects returned to the normal locations. We continue to monitor the storage area with blunder and pheromone traps, but no moths have been caught in over a year.

## Key words

moths, sacred, first nations, treatment, infestation

# Project risk control and eradication by biological contamination in the Argentina Navy Archive

---

**Susana Gonzalez**

Ministerio de Defensa, Archivo General de la Armada Argentina,  
Ciudad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina  
[sgrestauro@yahoo.com.ar](mailto:sgrestauro@yahoo.com.ar)

---

Our work project aims to develop an outreach program and training in preventive conservation for the staff of the institution handling paper documents, in order to ensure access and use of the information contained in the file, for researchers that they require and promote coordination among various agencies and institutions for implementation of preventive conservation programs

This file contains an important documentary heritage relating to the history of Argentina, as the files of those who were architects of the country's independence, documents on the first explorations by the Antarctic seas and documents concerning the Falklands War and South Atlantic.

Therefore, from the Ministry of Defense, it has been promoted since 2012, upgrading the systems and modernization of the archives of the Armed Forces, with the consequent implementation of preventive conservation standards.

Since then, it has been established: Staff training in practice preventive conservation, in order to advise and train office staff on best practices in the management of documentation and incorporating materials library for conservation fit, in order to systematize new habits. The staff now is able to face new management practices and treatment of documentation, according to criteria of preventive conservation. The staff has manifested under and arranged for changing habits and implementation of these new procedures. It has established a daily communication between managers, staff offices and Conservation Division, for the assessment of the status and treatment of documents in transit, as well as the documentation required by users. Similarly, when staff need advice for evaluating the conservation status of documentary units, containers or packaging, it is an open channel of communication between the Conservation Division, Repository and offices, to interact permanently and clarify doubts about the handling documents with certain conditions in order to optimize human resources available in each division. The risk of fungal contamination staff, has been a factor of maximum attention, because they produce infections called mycosis. There allergic reactions by inhalation of spores and it has been estimated that some allergic diseases like asthma cases are caused due to the presence of fungus. Las spores enter the body by inhalation, later degenerating colonization in pulmonary infections occur various kinds. Generally chronic fungal infections are subacute or evolution, can be lethal or remain during years. As a result of seeing this problem, it has been rethought working mode, from the Direction, highest authority.

# The attractive qualities of frass, food and pheromones to the biscuit beetle, *Stegobium paniceum*

---

**Patrick Kelley**

Research and Development, Insects Limited, Inc., Westfield, IN, United States

**Dr. Pascal Querner**

Institut für Zoologie, Universität für Bodenkultur Wien, Vienna, Austria

Corresponding author: [p.kelley@insectslimited.com](mailto:p.kelley@insectslimited.com)

---

*Stegobium paniceum*, commonly known as the biscuit beetle or drugstore beetle is a damaging pest in museums, historic homes and archive storages. They can feed on a wide range of objects that contain anything from plant-based materials to dried food goods to objects containing a high starch content. Damage has been documented on books, freeze dried animal specimens and papier mâché, just to name a few.

The object of this study is to determine what attracts this beetle pest to potential food sources or traps. The three attractants used in this study consist of frass produced by *Stegobium paniceum* after eating the pages of stored books, a female sex pheromone mimic and Turkish paprika as a food attractant. The attractants will be offered to male and female beetles individually as well as in combinations along with experimental controls in a Y-tube olfactometer. The results of this study presented in a poster form will allow museum professionals to know if old infestations give rise to new infestations as well as if effective monitoring programs can be put in place using sex pheromones or food attractants.

## Key words

*Stegobium paniceum*, biscuit beetle, drugstore beetle, frass, pheromone

# There is more to the Zygentoma

## Loes Knoop

Helicon Conservation support, zoeterwoude, Netherlands

[l.knoop@helicon-cs.com](mailto:l.knoop@helicon-cs.com)

Despite their size Zygentoma (Z) species (commonly known as the Silverfish) are becoming a problem in the field of cultural heritage. Z can damage our physical heritage and they seem to be increasing in number. Previous research has shown that there are still a lot of uncertainties about them and a lot of knowledge is still to be gained concerning these species. The project presented focusses on what information is currently available on the Z. This, often entomologically specific, knowledge is translated into terms understandable for non-biologists working on keeping our heritage safe. The final product is a translation into practical preventive measures. In the Netherlands we differentiate between three different species of Zygentoma: the 'silverfish' (*Lepisma saccharina*), the 'gray silverfish' (*Ctenolepisma longicaudatum*) and the 'firebrat' (*Thermobia domestica*). These three different species all thrive best in different climate conditions. Accurate determination is essential, because different measures have to be taken to prevent Zygentoma species. An incorrect determination of species can lead to an incorrect valuation of the problem and inadequate advice. The species look very much alike and research amongst 'end-users' as well as biologists has shown that the determination often is incorrect. In addition interviews with a target audience have shown that adequate tools to treat these insects are missing. In 2002 the gray silverfish was recognized as an independent species in the Netherlands and gradually it is also determined in other countries (Germany, Norway, Sweden). Everybody is aware of their existence but often not of their differences nor their threat. Also the 'what to do' remains an open question. The 'silverfish' prefers humid environment therefore is often 'treated' by lowering the RH. This however does not have the desired effect on the 'gray silverfish'. Because. To find out how existing knowledge needed to be shaped and how to make it accessible and easy to use, interviews have been taken with a target audience. This resulted in the wish for a distinct model with clear pictures. Also the model needs to be to-the-point. The Framework for preservation and museum collections and the Buggy Biz are used as a theoretical framework in order to systematically map out the risks caused by Z and how these can be prevented. This shows that many preventive measures (avoid, block and detect) effect all different species of Z. To treat them is not recommended as it does not address the source of the problem. By realizing a monitoring system the insects can be detected in time. Based on this knowledge, the Model Zygentoma is designed with three attachments: a recognition Sheet Zygentoma in Western Europe, a monitoring manual and an explanation of the most commonly used treatments and methods.

## Key words

preventive, Zygentoma, silverfish, model

# The paperfish *Ctenolepisma longicaudata* Escherich 1905 (giant or grey silverfish) – recent invasive pest to archives and libraries in Berlin

---

**Bill Landsberger**

Rathgen Research Laboratory, National Museums in Berlin, Berlin, Germany

Corresponding author: [b.landsberger@smb.spk-berlin.de](mailto:b.landsberger@smb.spk-berlin.de)

---

Varying challenges in museum pest management are often a result of changes in environmental conditions. New archive and collection storage buildings are characterized by “modern” indoor climate, distinguished from historic houses. These conditions can favor invasive pest species to establish once imported with materials, even without natural field distribution. With a first record 2007 in Hamburg and since 2013 in Berlin, the paperfish *Ctenolepisma longicaudata* has been a recent and invasive pest found in newly build archives and libraries of the National Museums in Berlin. Biology and material decay potential differs significantly from silverfish *Lepisma saccharina*. Difficulties in identification by morphological characteristics and lack of species ecology knowledge easily lead to non-conforming risk assessment and obstruct adequate ways of monitoring and control measures.

## Key words

paperfish, invasive insect pest, indoor climate, archives, libraries

# Using monitoring in English Heritage historic houses to identify insect pest problems and target solutions

---

## **Dee Lauder**

Collections Conservation Team, English Heritage, London, United Kingdom

## **David Pinniger**

DBP Entomology Ltd, Cookham, Berkshire, United Kingdom

Corresponding author: [dee.lauder@english-heritage.org.uk](mailto:dee.lauder@english-heritage.org.uk)

---

English Heritage has developed a comprehensive insect pest monitoring program based on the use of sticky Museum traps and clothes moth pheromone lures. Piloted in one large historic house in 1997, the program now extends to 40 properties throughout England which contain vulnerable historic collections. The traps are checked every 3 months and the trap catch is recorded on an individual site Excel spread sheet. The results from each site are reviewed annually. When an increase in insect pest numbers is seen, the implications are discussed with site staff and local checks made to investigate the possible causes. As a result of this, a number of insect pest issues, such as webbing clothes moth *Tineola bisselliella*, carpet beetle *Anthrenus* sp and wood borers *Anobium* and *Xestobium*, have been identified and solutions implemented before the insect pests were able to cause damage to the collections. Blocked chimney flues, damp ingress caused by leaking gutters or downpipes and infested non-collection materials, such as pallets or modern reproduction scene sets have all caused insect pest problems. The monitoring system devised and used by English Heritage is available on their website and can be adapted to any historic collection to prevent damage by insect pests.

## **Key words**

insect pests, insect traps, insect pest monitoring, environment, IPM



# La décontamination des tapisseries de la collégiale de Saint-Martin de Montpezat-de-Quercy par la méthode Warmair de Thermo Lignum International

## **Pierre Maes**

Conservation, De Wit royal Manufacturers of tapestry, Mechelen, Belgique

## **Peter Taeymans**

Conservation, IPARC International platform for art res, B1820 Melsbroeck, Belgique

Correspondance : [pierre@dewit.be](mailto:pierre@dewit.be) (Pierre Maes)

Les problèmes exposés ont été rencontrés lors du nettoyage et de la conservation des tapisseries de chœur de la collégiale Saint-Martin de Montpezat-de-Quercy. Les cinq tapisseries flamandes, datant des années 1530, illustrent quinze épisodes de la vie de saint Martin.

Lors du décrochage des tapisseries dans la collégiale, l'on a constaté la présence d'un grand nombre de saletés : excréments d'oiseaux, poussières, insectes et toiles d'araignées. Lors du démontage de la doublure et du dépoussiérage des tapisseries dans une salle dédiée de la Manufacture royale De Wit, on a, dans un premier temps, découvert que certaines bordures modernes rajoutées avaient déjà été fortement dégradées par des mites. Dans un second temps, on a découvert au revers des tapisseries originales elles-mêmes, et sous la doublure, plusieurs restes de mites ainsi que des œufs.

Une décontamination de toutes les tapisseries s'imposait. La méthode de décontamination par la méthode Warmair de Thermo Lignum International a été sélectionnée.

Cette méthode a été mise au point pour éradiquer le ver du bois, la grosse vrillette, le lycte brun, le capricorne des maisons, l'anhrène, la mite etc. et préserver les objets les plus divers tels textiles, meubles, cadres, sculptures, tissus d'ameublement, bois de charpente jusqu'aux œuvres d'art.

Les tapisseries, emballées dans du Tyvek, ont été déposées dans une chambre close mobile spécialement mise au point pour la décontamination et installée temporairement à Bruxelles. L'humidité relative, la température à l'intérieur de la chambre ainsi que la température au cœur de l'objet traité ont constamment été mesurées et ces informations ont été introduites dans un système informatisé. Ce système adapte constamment les conditions climatiques de la chambre afin de prévenir tout effet de gonflement, d'assèchement ou toute autre déformation du matériau traité. Un bloc en bois de référence avec un emplacement adapté pour recevoir la sonde de mesure avait été placé entre les objets. La taille de ce bloc avait été choisie en fonction du diamètre maximal des objets à traiter. Toutes les données du traitement sont conservées et présentées sous forme de graphique.

Pour éliminer les insectes dans les tapisseries en question, la température au cœur de l'objet traité devait atteindre 52 °C. La température ambiante de la chambre n'a pas dépassé 55 °C. L'humidité relative était constante à 55 %. Le temps de traitement (delta t) à la température de 52 °C, a été de 60 minutes. Afin de permettre une adaptation très progressive des objets traités au changement climatique de la chambre close, le temps total de traitement a été de 18 heures et 41 minutes.

Suite à ce traitement, l'objet traité n'a subi aucune altération, car, contrairement à d'autres traitements, la méthode utilisée ne fait appel à aucun agent chimique, conformément aux principes de la technologie Thermo Lignum®.

## **Mots clefs**

Thermo Lignum, tapisserie, mites, textiles, warmair

# Challenging choices in a multi-site estate: Pest Management at National Museums Scotland

---

**Tatiana Marasco**

**Catherine Haworth**

Collections Services, National Museums Scotland, Edinburgh, Scotland, United Kingdom

Corresponding author: *t.marasco@nms.ac.uk*

---

English Heritage has developed a comprehensive insect pest monitoring program based on the use of National Museums Scotland (NMS) has one of the largest multidisciplinary collections in the UK spread across four museum sites and the National Museums Collection Centre (NMCC). This multidisciplinary collection comprises five collecting areas: Natural Sciences; Science & Technology; Art & Design, World Cultures and Scottish History & Archaeology. A large part of the collection is based on organic materials including textiles, leathers, skins and natural history specimens many of which are extremely vulnerable to pest damage. The NMS Preventive Conservation team has two dedicated staff who deliver a program of integrated pest management (IPM) at all sites. The range of materials combined with the dispersed site locations and small team resource make effective pest management challenging.

To ensure maximum control over the greatest risk of pest infestation and activity, NMS prioritises low temperature treatment for the entire collection implemented at a dedicated quarantine facility at the NMCC site. To ensure the effective use of this one facility, the Preventive Conservation team developed a new system in 2014. This system enables quarantine space and preventive conservation staff time to be booked through a request system accessible to staff from all NMS sites (curators, conservators, librarians, retail teams) in line with the organisation's IPM procedure. This newly implemented system has significantly improved the effectiveness of low temperature treatment at NMS.

In this poster we will present the new quarantine booking system and demonstrate through specific examples, how this has helped us to improve pest management at National Museums Scotland.

## **Key words**

quarantine, low temperature treatment, pest control, prevention, integrated pest management

# The use quarantine facilities as part of an IPM program

---

## **Armando Mendez**

Life Sciences, Natural History Museum (London), London, United Kingdom

## **Suzanne Ryder**

Natural History Museum (London), London, United Kingdom

Corresponding author: [a.mendez@nhm.ac.uk](mailto:a.mendez@nhm.ac.uk)

---

The latest major developments in the Natural History Museum's Integrated Pest Management programs have been the design, building and established routine use of major quarantine facilities serving the main museum's site and the off-site storage facility.

The use and promotion of those facilities has had an impact on the understanding of the IPM program across the institution, promoting the best practices in this discipline of preventive conservation in areas outside their traditional scope in collections management.

The design of both areas provide a variety of treatments, opportunities for research in preventive conservation and the great storage capacity allows even for commercial work.

## **Key words**

IPM, facilities, treatments, sustainable, research

# Maîtrise des populations de rats dans les jardins des Tuileries, établissement public musée du Louvre, Paris

**Jean-Michel Michaux**

I.S.T.A.V, Les Lilas, France

*info@istav.net* (Jean-Michel Michaux)

Comme dans de nombreux jardins situés à Paris ou autour des Monuments Nationaux, les populations de rats surmulots ont tendance à se développer. Ceci est lié aux modifications d'emploi des produits raticides (interdiction de l'utilisation des poudres de pistes, interdiction de mettre des produits raticides directement dans les terriers) qui conduisent à des difficultés de faire absorber ces produits par les rats. Dans l'enceinte de ce Jardin, les rats surmulots trouvent toutes les ressources nécessaires pour se développer (de la nourriture, de l'eau et de la terre pour réaliser leur terrier).

Une nouvelle approche de lutte basée sur les principes de la lutte intégrée doit être mise en place.

Les rats vivent en colonie. Ces colonies sont :

- soit liées au réseau d'égout et les rats profitent des défauts d'herméticité du réseau pour sortir
- soit indépendantes de ce réseau et vivent dans des zones précises du jardin.

La répartition n'est jamais homogène. Dans tous les cas, il y a des zones à problèmes (à proximité des défauts d'étanchéité du réseau d'égouts ou lieux rassemblant l'ensemble des ressources nécessaires) et des lieux sans problème.

La maîtrise des populations de rats doit alors d'effectuer après un diagnostic approfondi visant à établir en chaque lieu infesté, les raisons de cette présence. Une fois le diagnostic, il est possible de mettre en place les mesures visant à maîtriser les populations de rats surmulots.

Il s'agit :

- pour les colonies liées au réseau d'égout, de faire redevenir hermétique autant que possible, ce réseau
- pour les colonies indépendantes de celui-ci, de supprimer au moins l'une des ressources essentielles (eau, nourriture, terrier).

Les actions se font au cas par cas en fonction des situations observées.

## Mots clefs

jardin, rat, rongeur, lutte intégrée, raticide

# Historic New England's Controlled Atmosphere Treatment Facility Using Carbon Dioxide

---

**Adam Osgood**

Collection Services, Historic New England, Haverhill, MA, USA

[aosgood@historicnewengland.org](mailto:aosgood@historicnewengland.org)

---

This poster will show all of the critical individual components of the Historic New England controlled atmosphere treatment (CAT) operation, how these components are successfully integrated, the types of common pests they are effective against and an example of how Historic New England uses this technology in service of the public.

Historic New England has been operating a CAT facility utilizing CO<sub>2</sub> for pest remediation in museum collections since 1992. This treatment is widely accepted in the museum community as safe and effective especially when treating large volumes of material. The facility is capable of a quick turnaround between treatments with minimal cost in time or material. Historic New England has over 20 years operational experience with the CO<sub>2</sub> system and has run nearly consecutive cycles since the facility's beginning. It is one of just a handful of operations like it in the United States that provides "museum safe" i.e. – environmentally controlled non-toxic treatments and it is the only one in the country that openly advertises and provides these services to the general public and other institutions. Over the years this organization has developed an advanced understanding of how to best run such an operation efficiently and effectively.

This poster will discuss the basic principles of CO<sub>2</sub> treatment and why it is safe and effective. The presentation will illustrate the specifics of our operation including recent significant improvements. It will show the PVC membrane with its specific design that exploits the natural density of CO<sub>2</sub>, the heated and humidified introduction system that helps to control unwanted fluctuations in relative humidity, advanced monitoring instruments and software that allow for real time remote monitoring as well as recorded data, safety equipment that ensure a safe environment for personnel and general operating workflow which allows for a single employee to operate the system safely and efficiently.

Also included will be an overview of the most common museum pests and the damage they cause to museum collections and an example of how Historic New England used this facility in service to the public by treating material saved from the spontaneous memorial constructed in the wake of the Boston Marathon bombing tragedy of 2013.

# 35 000 objets à traiter : le cas des collections de la conservation départementale de l'Aveyron

**Aline Pelletier**

Musées départementaux de l'Aveyron, RODEZ Cedex, France

*aline.pelletier@aveyron.fr*

Propriétaire de deux collections départementales labellisées « musée de France »<sup>1</sup>, le Conseil départemental de l'Aveyron a entrepris la création d'une réserve mutualisée pour assurer la conservation d'environ 22 000 biens culturels<sup>2</sup>. Stockées depuis 1989 dans un entrepôt industriel, les collections ne bénéficiaient pas des conditions de conservations essentielles et présentaient même une situation de péril à court terme au moment de la mission de M. Roland MAY, directeur du CICRP, en novembre 2011. Son rapport de mission, enrichie d'une étude en conservation préventive menée par l'agence CONSERVATION & Co. (mandataire: Stéphane CHARBIT), posent clairement la problématique: il faut déménager ces collections, effectuer un certain nombre d'opérations de conservation-restauration (dépoussiérage, consolidation...) mais surtout l'ensemble des collections est infesté. Un traitement de masse est nécessaire pour retrouver un point sanitaire « zéro ». Celui-ci doit être intégré au transfert et chantier des collections qui se déroulera d'avril à août 2014.

Le choix se porte sur une fumigation au fluorure de sulfuryle, adaptée à un traitement d'ensemble et à la nature des collections en présence. Envisagé dans un premier temps dans l'entrepôt industriel (au départ du transfert), puis dans un espace tampon (au milieu du transfert), celui-ci changera maintes fois le visage de la chaîne du transfert des collections et sera finalement organisé, pour des questions de contraintes techniques et de sécurité, dans la nouvelle réserve (à l'arrivée du transfert) le weekend du 15 août 2016.

Dans un souhait de prévention, une partie des collections n'est pas intégrée au traitement par fumigation et sera soumise à un traitement par privation d'oxygène. Les collections de peintures, sculptures polychromes, objets composés d'étain, et les textiles rejoindront ainsi des bulles d'anoxie.

Aujourd'hui, un système de surveillance des insectes est mis en place dans la nouvelle réserve et fait l'objet d'un relevé et comptage minutieux. Une salle de quarantaine est équipée d'un congélateur et du matériel pour l'anoxie. Toutefois, l'écriture en cours d'un plan de lutte contre les risques biologiques (IPM) a mis en avant les deux risques majeurs de la nouvelle réserve: le dégât des eaux et le mouvement des collections entre leur réserve et les lieux d'exposition. La nette amélioration des conditions de conservation en réserve a révélé, en creux, les conditions de conservation préoccupantes des musées départementaux fondés à la fin des années 1970. À nouveau lieu, nouvelle configuration, nouveaux risques, nouveaux questionnements.

[1] Le musée des arts et métiers traditionnels (Salles-la-Source) et le musée des mœurs et coutumes (Espalion) intégrés au réseau « musées du Rouergue ».

[2] 80 % de biens dits ethnographiques (vêtements et accessoires, agriculture, artisanat, industrie, vie quotidienne, mobilier, croyances et coutumes...) et 20 % de biens type beaux-arts (peintures, sculptures, orfèvrerie...).

# A new silverfish threat in the UK and Europe, *Ctenolepisma longicaudata*, the brown silverfish

---

**David Pinniger**

DBP Entomology, Cookham, United Kingdom

**Darren Mann**

Oxford University Museum of Natural History, Oxford, United Kingdom

Corresponding author: [d.pinniger@btinternet.com](mailto:d.pinniger@btinternet.com)

---

Silverfish, *Lepisma saccharina*, have been known to cause problems in houses and museums for many years. Damage to paper and books is always associated with high levels of humidity and therefore they can usually be limited by good storage conditions. In the last few years a new species known as the brown silverfish, *Ctenolepisma longicaudata*, has been found in Europe and appears to be spreading rapidly in Belgium and Holland. There have been reports of it surviving and causing damage at lower humidities than *L. saccharina* and so the potential threat should be considered serious. The first case of *Ctenolepisma longicaudata* in the UK was reported in 2016 from the Reading area. In 2015 and 2016 some unusually large silverfish specimens were found in some numbers in a large London museum. They were subsequently identified as being *Ctenolepisma longicaudata* and so this is the first recorded established infestation from a UK museum. Its occurrence is almost certainly under reported in the UK and Europe. It is important that IPM professionals ensure that any specimens caught on traps are accurately identified so that we can establish and monitor its true spread. The implications for collections care could be serious and research is needed to establish if the environmental requirements of this species are different and less demanding than *L. saccharina*.

## Key words

insect pest, silverfish, *Ctenolepisma*, museums

# A pest treatment methodology for a large-scale collections move at the British Museum

---

**Fabiana Portoni**

Conservation, The British Museum, London, United Kingdom

**Philip Baxter**

Property and Facilities Management, The British Museum, London, United Kingdom

Corresponding author: [FPortoni@BritishMuseum.org](mailto:FPortoni@BritishMuseum.org)

---

During a large-scale move of the British Museum's indigenous and world cultures collections every object goes through a precautionary pest treatment process. With such a vast range of objects and materials, an effective pest treatment strategy that tackles a broad range of issues relating to the specific requirements of each object is essential. Therefore, the decision-making process behind which pest treatment is selected for each object is a crucial element of the scheme.

After thorough research of the scope of current pest treatments and their suitability for the project, three main methods were chosen: freezing, anoxia and quarantine. A multidisciplinary collaboration within the museum involving analytical scientists, conservators, curators as well as the wider collection move project team allowed the creation of a clear methodology to identify which method would be most suitable for each object. The methodology takes into account the requirements of the material type, ethical considerations as well as the practical implications of adopting such an approach.

The majority of the objects are frozen. However, careful consideration is taken to flag those materials and objects that are at risk in low temperatures, could be affected by significant changes in temperature/relative humidity, or require special consideration due to their cultural sensitivity. All of these are considered for treatment by anoxia. The quarantine procedure is deemed a suitable alternative for objects that are not suitable for freezing but might also be at risk under anoxic conditions. In the case of treatment for human remains, the quarantine process was chosen as the least invasive treatment option for culturally sensitive items.

In conclusion, the decision-making model used for the project allows the museum to treat all objects entering the new storage facility without threatening their structural stability or impacting on their cultural sensitivity. In addition, this collaborative method, with its clear guidelines, could be adapted to other projects in the future.



# Assessment of Pest control methods in Iranian museums: IPM investigation at the Malek National Library and Museum

---

**Maryam Delgosha**

Faculty of conservation, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

**Pascal Querner**

Institute of Zoology, BOKU University, Vienna, Austria

Corresponding author: *maryam.delgosha89@gmail.com*

---

Preventive conservation is the implementation of all strategies to control the deterioration processes of cultural heritage. One of these policies is the Integrated Pest Management (IPM) which is the main alternative to chemical methods of pests in museums. The most important strategies in IPM are the prevention, monitoring and identifying of existing pests and finally treatment methods for performing proper solution for mitigation and control of active infestations. The purposes of this research are the review of pest control methods in Iranian museums and assessment of a museum from the IPM point of view. At first current pest control methods in Iranian museums are surveyed by collecting information from interviews with the museum conservators. According to the obtained information's, museums still use traditional methods, including periodic spray of chemical insecticides and fumigants such as naphthalene, permethrin, phenol etc. Unfortunately, in some cases, no methods have been applied for pest control in storages. To develop an IPM assessment in an Iranian museum, we selected the Malek National Library and Museum, a private museum in Tehran. Then its problems were studied, including preventive weaknesses in outside and inside of the museum, identification of its common pests through monitoring with visual inspection and sticky traps, and finally appropriate guidelines for collections and objects treatments are recommended.

## Key words

traditional pest control, Iran, Malek national library and museum, integrated pest management, preventive conservation

# Optimising data collection and documentation with the new Zpest Tracker for portable devices

---

**Leon Zak**

Zaks, New York, United States

**Pascal Querner**

Institute of Zoology, BOKU University, Vienna, Austria

Corresponding author: [leon@zaks.com](mailto:leon@zaks.com)

---

Monitoring in storage facilities and museums is an important part of Integrated Pest Management and helps to locate infestations, monitor the activity of different pests and non pest insects or other arthropods in collections and is important to compare results over time. At the end of the season (in October) results can be evaluated and actions taken (like treatment of infestation, cleaning, sealing the building etc.). We compare conventional documentation of arthropods on sticky blunder traps and pheromone traps for webbing clothes moths from (a) conventional data entry via spread sheets with (b) a new and especially for museums developed app and the program Zpest Tracker, where insect data is entered on site with the help of a portable I-Pad, web browser or similar devices. The new method helps to save time entering the data, has predefined analysis and data collection can be connected to floor plans and photographs taken on site during the monitoring. This tool saves time, streamlines the documentation process, reduces entry mistakes, and facilitates easy sharing of results. The larger the museum or collection, the more time can be saved. Predefined analysis helps the discovery of infestation. At the moment the app is available in English, but will be translated and developed also in German and we are looking for collaborations for French and other languages.

## Key words

monitoring, documentation, app, portable pad, analysis

# Aqua Fumigator-Cyphenothrin 72% against insect pests of library books in Sri Lanka

Udaya Cabral<sup>a</sup>

L.D. Amarasinghe<sup>b</sup>

K.D.G. Wimalaratne<sup>c</sup>

Arjuna Thanthikage<sup>b</sup>

Pascal Querner<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Conservation Division, National Library, Colombo, Sri Lanka

<sup>b</sup>University of Kelaniya, Kelaniya, Sri Lanka

<sup>c</sup>Nationla Archives, Colombo, Sri Lanka

<sup>d</sup>Institiute of Zoology, BOKU University, Vienna, Austria

Corresponding author: [ucabral@ymail.com](mailto:ucabral@ymail.com) (Udaya Cabral)

Cyphenothrin 72%- Aqua Fumigator is a well-known commercial product which was used in Sri Lanka to control library pests since the 1990s. The product was not imported during last few years due to delay of local chemical registration process to reimport. An experiment was designed to measure the effectiveness of fumigator to advise the librarians in the country. The fumigations were carried out in two different libraries in Kandy and Colombo against common library pest species in the country: subterranean termites, silverfish (*Lepisma saccharina*) and tobacco beetles (*Lasioderma serricorne*). Library books containing live pests were arranged on a wooden table of 3 x 2 square feet of surface area. A thick transparent polythene sheet was laid over the books and the edges of the sheet were sealed to the edge of the table using a cello tape leaving a small gap allowing to insert the canister inside. One canister of Aqua Fumigator – Cyphenothrin 72% was applied to 3 cubic feet. Paper materials of newspaper (mechanically wood pulp paper), 70gsm photocopy paper (chemical wood pulp paper) were also placed inside the polythene sheet to examine the effect of chemical to the paper. After treatment the polythene cover was opened. The room was fully aerated, and books were taken out from the polythene chamber to make observations. 95% of *Lepisma saccharina* and subterranean termites were seen dead at the time of opening the treated books. The rest were found dead after another 10 minutes in open air. In another treatment we found active beetles indicating that there was no effect of the chemical on the cigarette beetles. Newspaper and photocopy paper were analyzed by Fourier-transform infrared spectrometer (FTIR) to examine the effect of chemical to the permanent of paper. Changes were not observed in both paper samples of Newspaper and photocopy paper before the treatment and after the treatment. FTIR spectrums conformed fume has not affect paper samples or they are composition. This well-known and trusted aqua Fumigator Cyphenothrin 72% didn't not reacted against the most common library pest species of *Lasioderma serricorne*. Librarians are advised to not to rely on such chemical no longer and make arrangement to strengthen the Integrated pest management practices in the library.

## Key words

tropical pest, library, chemical control, survival, *Lasioderma serricorne*

# Food Management in Museums & Historic Houses as part of an effective IPM programme

---

**Suzanne Ryder**

Life Sciences, The Natural History Museum, London, U.K

*S.Ryder@nhm.ac.uk*

---

Managing food is an essential consideration when looking to avoid pests. As museums and cultural heritage sites are populated with people then the accommodation and provision of food will always be necessary. There is very little in the literature directly dealing with food management but here I will attempt to outline the IPM risks associated with food management and suggest some measures that can be put in place to mitigate the problems.

The search for food is often what attracts pests into a building (Pinniger, 2008). Pests will include rodents, birds and insects. To reduce this risk it is necessary to deny suitable environments for them to feed and breed. This means limiting food sources and nesting materials. In practise this is very difficult to achieve completely, but simple measures can be put in place to keep the numbers to a manageable level.

## **Key words**

IPM (Integrated Pest Management), food management, birds, rodents, insect pests

# Agents responsables de la biodétérioration du bois dans les monuments historiques : détection, viabilité et traitement dans le pavillon de la Muette

---

**Amani Sliman**

**Faisl Boust**

Microbiologie, LRMH, Champs sur Marne, France

**Stéphane Moularat**

Division Agents Biologiques et Aérocontaminants, CSTB, Champs sur marne, France

**Agnès Mihajlovski**

**Patrick Di-Martino**

Laboratoire ERRMECe, Université de Cergy Pontoise, Cergy Pontoise, France

Correspondance : [amanislimen2@gmail.com](mailto:amanislimen2@gmail.com) (Amani Sliman)

---

La contamination fongique est un problème majeur de conservation des œuvres d'art et des monuments historiques. Le développement des champignons sur le bois est favorisé par différents paramètres climatiques : l'humidité (eau stagnante, eau de condensation, remontées capillaires le long des murs), la température et une atmosphère confinée. Le bois est un matériau biodégradable, une meilleure compréhension des interactions entre champignons et matériau est essentielle au développement de stratégies préventives et curatives pour lutter contre la biodégradation des œuvres d'art en bois et des matériaux constitutifs des monuments historiques.

L'étude de la biocontamination du bois a été menée au sein du pavillon de la Muette situé dans la forêt de Saint Germain en Laye. Ce pavillon inoccupé et non chauffé est soumis à des infiltrations à cause des fuites d'eau au niveau de la toiture. Des outils analytiques pluridisciplinaires permettant l'analyse quantitative et qualitative de la biocontamination ont été mis en œuvre. La première étape du diagnostic de biocontamination du bois a été une observation visuelle macroscopique de l'ensemble des pièces du monument et la réalisation d'une cartographie des différents champignons. Lors de ce diagnostic, des mesures d'activités microbiennes ont été faites par prélèvement de surface et quantification de l'ATP par bioluminescence. En même temps, des prélèvements d'air ont été effectués afin d'analyser les composés organiques volatils spécifiques de la viabilité des agents fongiques par chromatographie en phase gazeuse. Cette première étape a permis d'apporter des éléments indispensables pour la détermination de l'activité métabolique et l'identification des contaminants fongiques en cause. Des prélèvements ont été réalisés au niveau des zones présentant une colonisation fongique visible, une partie d'entre eux a été mise en culture en laboratoire, l'autre partie a été utilisée pour en extraire l'ADN, réaliser une amplification PCR puis un séquençage de régions ITS. Cette double approche a permis d'identifier avec précision les différents agents fongiques responsables de l'altération du bois. Cette identification a pour objectif d'évaluer à la fois le potentiel de dégradation des contaminants et les risques effectivement encourus par le monument. Les tests de sensibilité aux agents chimiques de traitement sont en cours. Les résultats obtenus permettront de sélectionner les produits adéquats à appliquer puis de réaliser le traitement. Un suivi de la biocontamination sera réalisé après traitement.

## Mots clefs

détection, viabilité, traitement méréule, monuments historiques, COVs

# 25 years of implementation and development of IPM at the National Museum of Ethnology, Japan

**Naoko Sonoda**

**Shingo Hidaka**

**Kaoru Suemori**

National Museum of Ethnology, Japan, Suita, Osaka, Japan

Corresponding author: [sonoda@idc.minpaku.ac.jp](mailto:sonoda@idc.minpaku.ac.jp)

The National Museum of Ethnology, Japan has implemented and developed IPM for 25 years. During this period, the "Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer" banning the production of methyl bromide led to a comprehensive review of policies regarding the use of chemical fumigants on cultural properties in Japan.

Considering that our museum staff assigned to the activities of collection management are mostly contract employees, attention is paid to build an efficient IPM in which the data will be consistent, regardless of who is in charge, and in which preventive measures can be carried out without omission. Two specially customized computer programs for analyzing data have been developed to help efficient and quick discovery of abnormalities, one for pest monitoring data (insect trap investigation since 1992) and the other for Temp/RH monitoring data (use of data loggers since 2004). Re-organization of storage rooms has been undertaken with the purpose of storing objects efficiently, safely, and enabling an early detection of pest and/or fungus damage. Special storage rooms (for fur in 2007, for carpets in 2008), a storage facility for ships (2014), and a general storage room for large size objects (2016) have been refurbished so far. Since January 2005, in our museum, the use of a gas fumigant (ethylene oxide) is restricted for objects collected abroad to prevent foreign pests from entering Japan. For objects collected, travelling, or attacked by insects within Japan, we treat by alternative and more environmentally friendly methods, mainly by CO<sub>2</sub> treatment, and complementary by anoxia treatment, heat treatment, freezing, or pyrethroidal compounds. For this purpose, in 2007, the existing fumigation chamber was improved into multi-functional that enables non chemical treatment methods (CO<sub>2</sub> and anoxia with nitrogen), and a walk-in heating/freezing chamber was introduced as well. In 2014, a storage facility for ships was constructed, equipped with a CO<sub>2</sub> and anoxia treatment systems. Besides the treatment using these facilities, studies and consequent applications have been carried out for specific cases: Heat treatment of an Indian wooden boat in the South-Asia gallery (2003, 2004); anoxia treatment of a Japanese festival statue in the East Asia gallery (2014); and a huge scale CO<sub>2</sub> treatment using an enclosure-type bag (L11.5m x W10m x H2m) (2014). Currently we are setting up experimental conditions for solar disinfestation system using a car (for small size objects) or a steel container (for large size objects). A specific point for ethnographic collection is a diversity of its materials. The examples above show that it is important to know specificities of each treatment and to select a suitable one according to material, size, condition, and location (exhibited or stored) of the target objects. We keep developing and improving preventive and pest control measures to fit each specific case occurring in the museum.

## Key words

ethnographic collection, data analysis, re-organization of storage rooms, facilities improvement, non chemical treatments

# Non-destructive vitality monitoring of pest infestations by low-power radio waves in museum-exhibition objects

---

**Johannes Zender**

Ilmsens GmbH, Ilmenau, Germany

**Jürgen Sachs**

Technical University of Ilmenau, Ilmenau, Germany

**Bill Landsberger**

Rathgen Research Laboratory,

National Museums Berlin, Prussian Cultural Heritage Foundation, Berlin, Germany

Corresponding author: [johannes.zender@ilmsens.com](mailto:johannes.zender@ilmsens.com)

---

The poster presents a new approach for contactless detection and monitoring of pest infestations in objects built from wood or other organic materials. The device presented in this work transmits electromagnetic waves which are able to penetrate non-metallic materials. With this technology, the weak movement of small objects, as e.g. insects or other pest infestations, can be made visible in real-time. The strength of the electromagnetic field is much smaller than the field generated by a common mobile phone. Hence, long time monitoring can be carried out without special precautions. The poster introduces into the basic sensing concept and summarizes the major technical challenges. Furthermore, experimental results with different pest infestations inside wooden objects are shown.

# Methodology to detect Invisible Risk; application of simulation by building physics and aerobiocontamination analysis for the preventive conservation of collections

**Yashiho Kikkawa**

Environment Control for Conservation, Architectural Institute of Japan, Tokyo, Japan  
yashiho.kikkawa@gmail.com

To avoid the pest, the solution depends very much on the building situation, materials and local climates. Recommended climate level as world standards allow larger range and more passive control nowadays considering with the sustainability and management to keep the collection such as “Environmental Guideline – IIC and ICOM-CC Declaration”.

This presentation is divided into two parts, first to verify the importance of the heat insulation of walls in storages by the aerobiocontamination analysis and thermal-hygro monitoring and second to control better the inside climate of storages by building physics simulation.

Standards about temperature and humidity for conservation of collections by material are useful but we detected a problem of risk by water condensation between two storage rooms which kept recommended temperature and humidity levels for each; books and microfilms. Actually, the wall of between two rooms had poor potential for good insulation and that made one of the causes to occur the water condensation behind bookshelves and microbe activations. It may suggest that the storage architectural structure without good insulator or good architectural materials activate microbe and accelerate deteriorations of collection.

In Japan, it is recommended to construct museum storage with double walls for the insulation, to control the inside climate stable, while European traditional monuments with thick stone have also good level of potential for the insulation.

For further study to control inside climate, I used the Delphin 5 software which was created in the Institute Building Climatology of Dresden University of Technology. It is possible to calculate annual changes of temperature and humidity inside and surface of a wall using this software.

With this building simulation case study, we found also some type of concrete wall hold moisture content level higher and higher by years and years with climate in Tokyo.

The final case study is about the renovation of a storage building in Tokyo with thermal-hygro monitoring before and after the double wall construction and the simulation about temperature and humidity inside these walls.

## Key words

building physics simulation, aerobiocontamination, storage renovation, thermal hygro monitoring



# ***REPÈRES***



## En français

---

IPM - Une nouvelle norme européenne pour la conservation du patrimoine culturel. Contexte - Jean-Claude Hesling .....	p. 7
La gestion intégrée des contaminants biologiques (IPM) pour la protection de notre patrimoine – présentation d’une nouvelle norme européenne (résumé) - Lisa Nilsen .....	p. 13
La diffusion des huiles essentielles pour l’assainissement de l’air et la conservation du patrimoine culturel - Virginia Gisel de Billerbeck, Laurent Dejasmin .....	p. 18
Retour d’expériences, l’IPM dans les services d’archives français. Le rôle de l’État - Marie-Dominique Parchas .....	p. 28
Evaluation des risques de biocontamination dans les liasses et boîtes d’archives - Alain Roche, Sébastien Gilot.....	p. 30
Techniques d’irradiation gamma pour le traitement biocide des collections patrimoniales - Laurent Cortella, Claudia Salvan, Christophe Albino, Quoc Khoi Tran .....	p. 42
Biodétérioration fongique aux Archives françaises du film: diagnostics et recherche de traitement - Malalanirina Sylvania Rakotonirainy, Bertrand Lavédrine.....	p. 52
Transfert de phéromones sexuelles des pièges à mites des vêtements, <i>Tineola bisselliella</i> (Hummel) sur des textiles (résumé) - Patrick J. Kelley, Laura Mina, James Feston .....	p. 64
Les risques biologiques au centre de conservation et d’étude de Scy-Chazelles - Rolande Simon-Millot .....	p. 75
Transport dans les musées des coléoptères perceurs du bois dans les caisses en bois, les palettes en bois et le bois récemment acheté (résumé) - Stephan Biebl, Pascal Querner .....	p. 84
Définition: une opportunité de repenser le programme IPM du National Trust d’Écosse (résumé) - Mel Houston .....	p. 95

Une stratégie originale dans le combat contre les nuisibles du bois : la guêpe parasitoïde contre la petite vrillette (résumé) - Dr. Judith Auer, Alexander Kassel .....	p. 108
Des traitements d'éradication de nuisibles bon marché, plus rapides et facilement réalisables. Étude comparative de la congélation, de l'anoxie avec désoxygénant et de la fumigation à l'azote (résumé) - Sophie Fürnkranz ..	p. 120
IPM - Conservation préventive et gestion intégrée des nuisibles: le cas du musée du Louvre - Anne de Wallens .....	p. 132
Entrée interdite aux mites et à leurs amis. Comment l'IPM a accompagné le transfert des collections (résumé) - Viktoria Wagesreiter .....	p. 141
La réglementation européenne relative aux produits biocides 528/2012. Son histoire, son actualité et ses effets sur le secteur patrimonial (résumé) .....	p. 153
Muséophagies... jusqu'où peut-on lutter ? - Jacques Cuisin, Christophe Gottini, Anne Préviateo.....	p. 154
Retour sur 10 ans de pratique : l'IPM au Musée du quai Branly (2006-2016) - Fabrice Sauvagnargues.....	p. 156
L'IPM dans les demeures privées ouvertes au public (résumé) - Amber Xavier-Rowe.....	p. 159
IPM, projets de conservation au Mobilier national à court, moyen et long terme - Sandra Isakovitch.....	p. 161
Les mesures préventives contre les insectes dans les espaces d'exposition du V&A (résumé) - Valerie Blyth, David Pinniger.....	p. 164
Museon Arlaten: un projet de rénovation - conséquences pour l'IPM - Michaela Berner, Ghislaine Vallée.....	p. 166
Mise en place d'une politique globale d'IPM au Musée du Louvre - Christophe Gautelier, Jean-Claude N'Dzana-Ekani, Grazia Nicosia, Joëlle Le Roux.....	p. 168
Maîtrise de la qualité de l'air pendant un chantier des collections - Valentin Rottier, Caroline Laffont, Clémentine Kumar.....	p. 172
Petit-Spiennes: Suivi des particules biologiques en suspension dans l'air dans les minières néolithiques de silex avant et après leur ouverture au public - Johann Leplat, Alexandre François, Laurent Fontaine, Hélène Collet, Nancy Verstraelen.....	p. 175
Les liens entre la présence de champignons et d'insectes dans les institutions culturelles (résumé) - Bartłomiej Pankowski, Jaroslaw Pawlowicz, Aleksandra Wojcik.....	p. 181
Biodétecteur d'un développement fongique précoce ou caché dédié au patrimoine - Stéphane Moularat, Rukshala Anton, Faisl Bousta, Enric Robine.....	p. 183
Modélisation de la mortalité de la larve <i>Hylotrupes bajulus</i> (L.) soumise à un traitement par anoxie pour la désinfestation d'objets d'art en bois (résumé) - Géraud de Streeel, Jean-Marc Henin, Patrick Bogaert, Emmanuelle Mercier, Erika Rabelo, Caroline Vincke, Benoît Jourez.....	p. 188
Utilisation des textiles préimprégnés de pyréthriinoïdes pour la protection des biens culturels - Grazia Nicosia, Fabien Fohrer, Yoanna Dechezleprêtre.....	p. 189

Impact des atmosphères à teneur réduite en oxygène sur la survie des insectes nuisibles des musées - Le projet « Anoxia » dans les musées nationaux de Berlin (résumé) - Harro Frauendorf, Bill Landsberger.....	p. 193
Essai de contrôle de <i>Tineola bisselliella</i> avec des phéromones de synthèse au sein d'un programme IPM (résumé) - Suzanne Ryder, Armando Mendez, Claire Kelly.....	p. 195
La conservation d'une toile acrylique de grand format comprenant l'éradication d'une infestation de <i>Nicobium castaneum</i> (résumé) - Nikolaus Wilke, David Lainé.....	p. 198
Prévention des nuisibles à grande échelle : un traitement à basse température pour les collections d'art contemporain au Museum of Fine Arts de Boston (résumé) - Cara Kuball.....	p. 202
Outil clé pour la cartographie des zones à risque de développement biologique - Jacques Pages.....	p. 204
Innovation technologique: des pièges lumineux spécifiques pour détecter et surveiller les populations d'insectes nuisibles pour le patrimoine - Mathieu Sachoux.....	p. 206
L'analyse des vermoulures de bois: une aide à l'identification de quelques espèces d'insectes Ptinidae ( <i>Coleoptera</i> ) - Magali Toriti, Aline Durand, Fabien Fohrer.....	p. 208
ATAX: analyse des traces acoustiques de xylophages - Sandie Le Conte, Stéphane Vaiedelich, Eleonore Kissel.....	p. 210
Les enjeux de conservation du patrimoine végétal des jardins historiques face aux nouveaux ravageurs: impacts et contraintes de lutte - Anne Marchand.....	p. 212
Vous avez aussi le poisson d'argent ( <i>Ctenolepisma longicaudata</i> )? Distribution et premières altérations constatées sur des objets dans des musées en Autriche (résumé) - Pascal Querner, Doris Hassler.....	p. 215
Qui mange vos collections ? (résumé) - Jane Thompson Webb, David Pinniger.....	p. 217

## POSTERS

L'environnement complexe des églises et contamination biologique: présentation de plusieurs études de cas - Virginia Gisel de Billerbeck, Jacques Pages.....	p. 223
La décontamination des tapisseries de la collégiale de Saint-Martin de Montpezat-de-Quercy par la méthode Warmair de Thermo Lignum International - Pierre Maes, Peter Taeymans.....	p. 232
Maîtrise des populations de rats dans les jardins des Tuileries, établissement public musée du Louvre, Paris - Jean-Michel Michaux.....	p. 235
35000 objets à traiter: le cas des collections de la conservation départementale de l'Aveyron - Aline Pelletier.....	p. 237
Agents responsables de la biodétérioration du bois dans les monuments historiques : détection, viabilité et traitement dans le pavillon de la Muette - Amani Sliman, Faisal Boustia, Stéphane Moularat, Agnès Mihajlovski, Patrick Di-Martino .....	p. 244

## In English

---

- Integrated pest management (IPM) for protection of cultural heritage – Context of the preparation of a new European standard (abstract) - Jean-Claude Hesling .....p. 8
- Integrated Pest Management (IPM) for protection of cultural heritage – presentation of a new European standard - Lisa Nilsen .....p. 12
- Conservation of cultural heritage and the use of essential oils for air purification (abstract) - Virginia Gisel de Billerbeck, Laurent Dejasmin .....p. 19
- Sharing experiences, IPM in French archive services – the role of the State (abstract) - Marie-Dominique Parchas .....p. 29
- Microbiological contamination risk assessment in stacks of paper and archive boxes (abstract) - Alain Roche, Sébastien Gilot .....p. 31
- New developments in gamma irradiation techniques for biocide treatment of heritage collections (abstract) - Laurent Cortella, Claudia Salvan, Christophe Albino, Quoc Khoi Tran .....p. 43
- Biodeterioration by fungi in French film archives: diagnosis and search for a treatment (abstract) - Malalanirina Sylvania Rakotonirainy, Bertrand Lavédrine.....p. 53
- Webbing Clothes Moth, *Tineola bisselliella* (Hummel) Sex Pheromone Transfer from Monitoring Lures to Textiles - Patrick J. Kelley, Laura Mina, James Feston .....p. 63
- Biological risks in the Lorraine conservation and study center (abstract) - Rolande Simon-Millot .....p. 76
- Transportation of wood boring beetles in wooden transport boxes, wood pallets and newly bought wood in museums - Stephan Biebl, Pascal Querner .....p. 83
- Definition: A time to reshape and tone the IPM program of the National Trust for Scotland - Mel Houston .....p. 94
- A novel strategy in the fight against wood pests: parasitic wasps versus furniture beetles - Dr. Judith Auer, Alexander Kassel .....p. 107

Cheap, easy and faster pest eradication treatments: a comparison of freezing, anoxia with oxygen scavengers and nitrogen fumigation - Sophie Fürnkranz .....	p. 119
Preventive conservation and IPM in cultural heritage at the Louvre Museum (abstract) - Anne de Wallens .....	p. 133
No entry for moths and their friends. How IPM accompanied the move - Viktoria Wagesreiter .....	p. 140
EU biocide products regulations 528/2012. History, present status and effect on the heritage sector - Bob Child .....	p. 152
Fighting against pests in cultural institutions, how far can we go? (abstract) - Jacques Cuisin, Christophe Gottini, Anne Préviate.....	p. 155
Sharing 10 years of practice: IPM at the quai Branly Museum (abstract) - Fabrice Sauvagnargues.....	p. 157
Insect pest management in the private country house - Amber Xavier-Rowe.....	p. 158
IPM and conservation projects at the Mobilier National: short, medium and long term (abstract) - Sandra Isakovitch.....	p. 162
Insect pest preventive measures included in gallery displays at the V&A - Valerie Blyth, David Pinniger.....	p. 163
A renovation project and its consequences for IPM at the Museon Arlaten (abstract) - Michaela Berner, Ghislaine Vallée.....	p. 167
Setting up comprehensive IPM policy at the Musée du Louvre (abstract) - Christophe Gautelier, Jean-Claude N'Dzana-Ekani, Grazia Nicosia, Joëlle Le Roux.....	p. 170
Control of air quality in warehouse worksites (abstract) - Valentin Rottier, Caroline Laffont, Clémentine Kumar.....	p. 174
Measuring biological particles suspended in the air in silex Neolithic caves before and after opening to the public (abstract) - Johann Leplat, Alexandre François, Laurent Fontaine, Hélène Collet, Nancy Verstraelen.....	p. 177
Relation between the presence of fungal species and insect pests in cultural heritage institutions - Bartłomiej Pankowski, Jaroslaw Pawlowicz, Aleksandra Wojcik.....	p. 179
Biodetector of early or hidden fungal growth for heritage uses (abstract) - Stéphane Moularat, Rukshala Anton, Faisl Bousta, Enric Robine.....	p. 185
Modelling the mortality of <i>Hylotrupes bajulus</i> (L.) larvae exposed to anoxic treatment for disinfestation of wooden art objects - Géraud de Streel, Jean-Marc Henin, Patrick Bogaert, Emmanuelle Mercier, Erika Rabelo, Caroline Vincke, Benoît Jourez.....	p. 187
Using textiles preimpregnated with pyrethrinoids to protect cultural artefacts (abstract) - Grazia Nicosia, Fabien Fohrer, Yoanna Dechezleprêtre.....	p. 191
Impact of oxygen reduced atmospheres on the survival of museum pest insects – The “Anoxia-Project” of the National Museums in Berlin - Harro Frauendorf, Bill Landsberger.....	p. 192

A Trail to control <i>Tineola bisselliella</i> using synthetic pheromones as part of an IPM program - Suzanne Ryder, Armando Mendez, Claire Kelly.....	p. 194
Conservation of a large acrylic canvas painting including the eradication of a <i>Nicobium castaneum</i> infestation - Nikolaus Wilke, David Lainé.....	p. 196
Mega Pest Prevention: Low-Temperature Treatment of Contemporary Art at the Museum of Fine Arts, Boston - Cara Kuball.....	p. 200
A key tool for mapping zones at risk of biological development (abstract) - Jacques Pages.....	p. 205
Technological innovation: specific light traps for monitoring insect pests for cultural heritage (abstract) - Mathieu Sachoux.....	p. 207
Analysis of wood dust: contribution to identifying various <i>Ptinidae</i> insect species (Coleoptera) (abstract) - Magali Toriti, Aline Durand, Fabien Fohrer.....	p. 209
ATAX : analysis of acoustic signals from wood-boring insects (abstract) - Sandie Le Conte, Stéphane Vaiedelich, Eleonore Kissel .....	p. 211
The conservation of plant heritage in historic gardens threatened by new pests: impact and limitations of the struggle (abstract) - Anne Marchand.....	p. 213
Do you also have the grey Silverfish ( <i>Ctenolepisma longicaudata</i> )? Distribution and first damage to objects in museums in Austria - Pascal Querner, Doris Hassler.....	p. 214
What is eating your collection? - Jane Thompson Webb, David Pinniger.....	p. 216

## POSTERS

Integrated Pest Management in Italian museums, archives and libraries - Alessia Berzolla, Elisabetta Chiappini, Roberto Nelli, Claudia Sotgia.....	p. 219
Preventive conservation and IPM: their sustainability for cultural properties protection - Alessia Berzolla, Gabriele Canali, Elisabetta Chiappini, Giulia Pezzini, Maria Cristina Reguzzi, Claudia Sotgia.....	p. 220
Know Thine Enemy - Jacqueline Chapman-Gray.....	p. 221
Integrated Pest Management at a glance - Amy Crossmsan, David Pinniger.....	p. 222
Understanding of termites helps preserve cultural heritage - Simon Dupont, Elfie Perdereau, Guillaume Baudouin, Anne-Geneviève Bagnères.....	p. 224
The use of UV-C treatment: effect on prehistoric paintings - Olympe Einhorn.....	p. 225
Moths and Eagle Feathers: Cultural Consideration in Infestation Treatment - Katie Fisher.....	p. 226

Project risk control and eradication by biological contamination in the Argentina Navy Archive - Susana Gonzalez.....	p. 227
The attractive qualities of frass, food and pheromones to the biscuit beetle, <i>Stegobium paniceum</i> - Patrick Kelley, Dr Pascal Querner.....	p. 228
There is more to the <i>Zygentoma</i> - Loes Knoop.....	p. 229
The paperfish <i>Ctenolepisma longicaudata</i> Escherich 1905 (giant or grey silverfish) – recent invasive pest to archives and libraries in Berlin - Bill Landsberger.....	p. 230
Using monitoring in English Heritage historic houses to identify insect pest problems and target solutions - Dee Lauder, David Pinniger.....	p. 231
Challenging choices in a multi-site estate: Pest Management at National Museums Scotland - Tatiana Marasco, Catherine Haworth.....	p. 233
The use quarantine facilities as part of an IPM program - Armando Mendez, Suzanne Ryder .....	p. 234
Historic New England’s Controlled Atmosphere Treatment Facility Using Carbon Dioxide - Adam Osgood.....	p. 236
A new silverfish threat in the UK and Europe, <i>Ctenolepisma longicaudata</i> , the brown silverfish - David Pinniger, Darren Mann.....	p. 238
A pest treatment methodology for a large-scale collections move at the British Museum - Fabiana Portoni, Philip Baxter.....	p. 239
Assessment of Pest control methods in Iranian museums: IPM investigation at the Malek National Library and Museum - Maryam Delgosha, Pascal Querner.....	p. 240
Optimising data collection and documentation with the new Zpest Tracker for portable devices - Leon Zak, Pascal Querner.....	p. 241
Aqua Fumigator-Cyphenothrin 72% against insect pests of library books in Sri Lanka - Udaya Cabral, L.D. Amarasinghe, K.D.G. Wimalaratne, Arjuna Thanthikage, Pascal Querner.....	p. 242
Food Management in Museums & Historic Houses as part of an effective IPM programme - Suzanne Ryder.....	p. 243
25 years of implementation and development of IPM at the National Museum of Ethnology, Japan - Naoko Sonoda, Shingo Hidaka, Kaoru Suemori.....	p. 245
Non-destructive vitality monitoring of pest infestations by low-power radio waves in museum-exhibition objects - Johannes Zender, Jürgen Sachs, Bill Landsberger.....	p. 246
Methodology to detect Invisible Risk; application of simulation by building physics and aerobiocontamination analysis for the preventive conservation of collections - Yashiho Kikkawa.....	p. 247



Partenaires publics / *Public partners* :

**{BnF}** Bibliothèque nationale de France



**inp** Institut national du patrimoine



**MUSÉUM**  
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

★ **MUSÉE DU QUAI BRANLY**  
là où dialoguent les cultures



Sponsors et exposants / *Sponsors and Exhibitors* :



**Codine s.a.**



**deffner & Johann**  
Produkte für DENKMALPFLEGE | RESTAURIERUNG | ART HANDLING - SEIT 1880.



**panko®**



Edition numérique - 04/2021

Traduction : Caroline Montet  
Maquette - conception, réalisation : C.-F. Blind

