

Service interministériel des Archives de France (SIAF)



*MANUEL*

## **LUTTE CONTRE LES AGENTS BIOLOGIQUES DE DÉGRADATION DES COLLECTIONS D'ARCHIVES**

*2008 – dernière révision 2016.*



Contamination d'un registre par la mérule. Ph MD Parchas

**Marie-Dominique Parchas**

Chargée de mission sur les questions de conservation préventive et curative (SIAF, SDPA, BANNR)

## SOMMAIRE

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | INTRODUCTION   | 4  |
| 2     | LUTTE CONTRE LES MOISSURES   | 5  |
| 2.1   | Qu'est-ce qu'une moisissure ?  | 5  |
| 2.2   | Analyse des risques  | 6  |
| 2.2.1 | Risques pour les documents   | 6  |
| 2.2.2 | Risques pour la santé  | 7  |
| 2.3   | Les mesures curatives  | 9  |
| 2.3.1 | Que faire en cas d'infestation ?   | 9  |
| 2.3.2 | Les analyses   | 10 |
| 2.3.3 | Protection du personnel  | 11 |
| 2.3.4 | Agir sur l'environnement   | 12 |
| 2.3.5 | Agir sur les documents   | 15 |
| 2.3.6 | Remarque: procédures en cas d'infiltration ou d'inondation                 | 16 |
| 2.3.7 | Procédures détaillées de traitement  | 17 |
| 2.3.8 | Connaissance des risques d'altération des documents par l'oxyde d'éthylène | 18 |
| 2.3.9 | Le rayonnement gamma   | 18 |
| 2.4   | Mesures préventives  | 19 |
| 2.4.1 | Actions sur l'environnement  | 19 |
| 2.4.2 | Traitements à éviter   | 22 |
| 3     | LUTTE CONTRE LES INSECTES  | 23 |
| 3.1   | Vie des insectes   | 23 |
| 3.2   | Les espèces présentes dans les archives                                    | 24 |
| 3.3   | Repérer et piéger  | 25 |
| 3.4   | Traitements  | 26 |
| 3.4.1 | Le traitement des collections  | 26 |
| 3.4.2 | La congélation   | 27 |
| 3.4.3 | La privation d'oxygène ou anoxie   | 28 |
| 3.4.4 | Traitement des locaux  | 28 |
| 3.4.5 | Traitements à proscrire pour les documents d'archives                      | 29 |
| 3.5   | Mesures préventives  | 30 |
| 4     | LUTTE CONTRE LES RONGEURS  | 31 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 5   | ANNEXE   | 32 |
| 5.1 | Utilisation des diagrammes psychrométriques .....            | 32 |
| 5.2 | La mérule.....   | 33 |
| 5.3 | Conseils pour l'utilisation des colles en restauration ..... | 35 |

## INTRODUCTION

Les services d'archives, en détenant en majorité des documents constitués de matériaux organiques (papier, cuir, parchemin, textile, bois), mais aussi des films et des photographies (présence de gélatine) font face à un risque majeur de contamination par les agents biologiques : bactéries, moisissures, insectes, rongeurs. Les plus largement répandus dans les magasins et sur les documents sont les moisissures. Malheureusement, ce sont aussi les plus difficiles à détruire. Le chapitre qui les concerne va donc être particulièrement développé.

La contamination bactérienne est plus rare car il faut une humidité relative rarement atteinte sur le papier pour qu'elle puisse se développer. On la trouve par exemple sur les bois archéologiques gorgés d'eau. Elle ressemble en transparence à une tache d'huile. Il faut donc vérifier si le document n'a pas subi des inondations. Les bactéries peuvent aussi colorer les documents. Elles sont invisibles à l'œil nu. Il faut alors appliquer les traitements requis pour les moisissures.

On ne trouvera pas dans ces quelques pages, une présentation des caractéristiques physiques des agents pathogènes ni la classification des espèces, domaine, me semble-t-il, réservé aux spécialistes. Seront présentées les actions qui peuvent être développées au sein des archives ou les connaissances nécessaires pour dialoguer avec les différents spécialistes concernés : biologistes, climaticiens, architectes, entreprises de désinfection.

Pour en savoir plus, on se reportera aux sites de l'Office de Coopération et d'Information Muséale (OCIM : <http://ocim.fr/>) ou du Portail international Archivistique Francophone (PIAF : <http://piaf-archives.org/>). Le Centre interdisciplinaire de Conservation et Restauration (CICRP : <http://cicrp.info/>) présente des fiches techniques très utiles sur le prélèvement des insectes, la surveillance et le comptage à l'aide des lampes UV.

Les sites du laboratoire des monuments historiques (LRMH) et du centre de recherche sur la conservation des collections (CRCC) consacrent un chapitre aux contaminants avec des moisissures. Si plus d'explications théoriques, on se reportera à l'ouvrage de Françoise Flieder et Christine Capderou « Sauvegarde des collections du patrimoine. Lutte contre les détériorations biologiques ». Préface de Michel Duchein. 256 p. CNRS Editions. 1999.

Un peu de vocabulaire :

- les termes de contamination et de désinfection sont appliqués aux moisissures et bactéries.
- L'infestation et la désinsectisation sont réservées au domaine des insectes.
- Gestion intégrée des nuisibles, traduction du terme anglais *Integrated pest management* (IPM) : politique globale de prévention, détection des nuisibles (algues, bactéries, champignons, moisissures, insectes, rongeurs, volatiles), formation d'équipes, mises en place de procédures et connaissance des traitements adaptés. Tous les services devraient mettre en place une politique raisonnée pour éradiquer ce fléau (gestion des versements, surveillance du climat et des nuisibles...). Une norme sur l'IPM a été publiée en 2015.

# 1 LUTTE CONTRE LES MOISSURES

## 1.1 Qu'est-ce qu'une moisissure ?

Les moisissures font partie du règne des champignons. Elles peuvent se développer en parasite sur un support vivant (plantes ou animaux) ou en saprophyte sur un support mort ou en état de décomposition. C'est ainsi qu'elles se nourrissent de carbone mais aussi d'azote, de calcium, de potassium, de soufre, de quelques ions métalliques, fer, cuivre, magnésium, zinc en décomposant la cellulose qu'elles trouvent notamment dans le papier et les protéines du cuir ou des colles. Si les conditions de température et d'humidité sont favorables, elles croissent et se reproduisent à partir de spores microscopiques en formant du mycélium (partie végétative) constitué d'un ensemble de filaments entrelacés, des hyphes qui lui permettent de se nourrir et de se développer sur le substrat nutritif. Le mycélium produit à son tour des spores (partie reproductive), particules très fines et pulvérulentes, qui se diffusent facilement dans l'air et ont la faculté de résister plusieurs années à des conditions défavorables alors que le mycélium, plus fragile, va mourir et se désagréger. Le mycélium pénètre en profondeur dans les matériaux notamment le bois. Les traitements de surface auront alors peu d'incidence.

Les moisissures sont classées par genre (*Aspergillus*) puis par espèces (*Aspergillus niger*), plus longues à identifier (200 espèces connues pour l'*Aspergillus* dont une quarantaine pourrait poser des problèmes infectieux). Elles produisent des enzymes ou des acides qui contribuent à l'hydrolyse (notamment de l'amidon par *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum*, ou de la cellulose par *Trichoderma* par exemple<sup>1</sup>) ou à l'acidification des constituants sur lesquels elles croissent. Les plus répandues dans les archives sont *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Penicillium*. La mûre est le champignon le plus destructeur (voir en annexe).

Pour se développer, il leur faut au moins deux conditions:

- un substrat nutritif (la poussière peut suffire, elle est hygroscopique) ;
- une source d'humidité :
  - soit dans l'atmosphère : à une humidité relative élevée (HR à partir de 60%-65%)
  - soit sur des supports humides (inondation, ou humidité de l'air absorbée par les matériaux qui se mettent en équilibre avec leur environnement) : disponibilité en eau  $a_w$  supérieure à 0,70 ce qui correspond à une humidité relative de 70%.

La plupart des moisissures nécessitent des substrats possédant une activité de l'eau importante ( $a_w$ , qui correspond à l'eau disponible dans les substrats pour permettre les réactions biochimiques) pour se développer :

- Matériaux<sup>2</sup> dont  $a_w > 0,95-0,90$  *Aspergillus fumigatus*, *Trichoderma*, *Fusarium*...
- Matériaux dont  $a_w$  entre 0,9 et 0,85 : *A. versicolor*, *A. nidulans*...
- Matériaux dont  $a_w < 0,85$ : *A. versicolor*, *A. Glaucus*, *Penicillium (chrysogenum)*

Un air stagnant et une élévation de température favorisent leur croissance. En effet, la plage de température dans laquelle elles peuvent se développer est étendue de 4°C à 30°C. Leur croissance sera proportionnelle à l'augmentation de température.

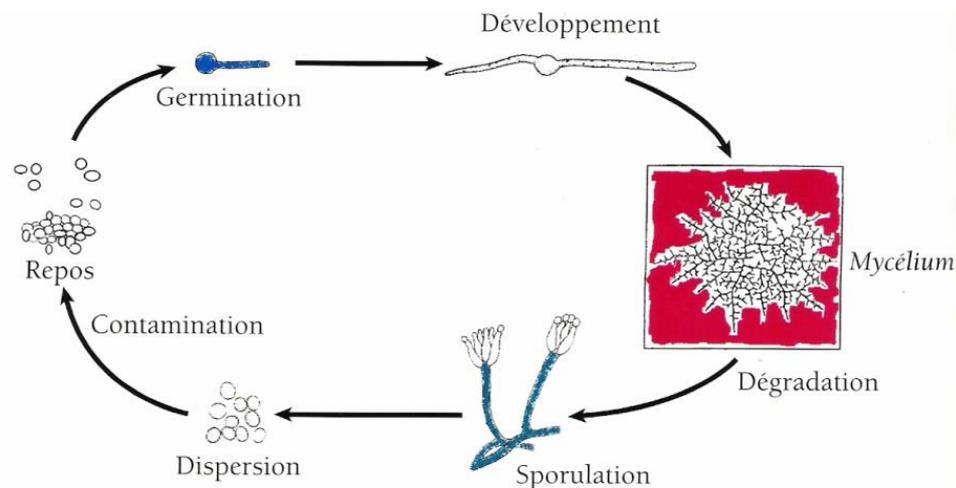
---

<sup>1</sup>Source: site du LRMH

<sup>2</sup>Contaminations fongiques en milieux intérieurs. Diagnostic. Effets sur la santé respiratoire. Conduite à tenir. *Conseil supérieur d'hygiène public de France. Groupe de travail « Moisissures dans l'habitat ».* sept 2006. 101 pages. P9. [http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/cshpf/r\\_mv\\_0906\\_contamfongiques.pdf](http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/cshpf/r_mv_0906_contamfongiques.pdf)

### -Bon à savoir-

Les moisissures étant des végétaux non chlorophylliens, la lumière n'a aucune incidence sur leur développement ; elle ne ralentit ni ne favorise leur croissance.



Cycle de développement des moisissures  
d'après un schéma de M.F. Roquebert (extrait de « Moisissures contaminant les biens culturels »  
in : Les contaminants biologiques des biens culturels).

## 1.2 Analyse des risques

### 1.2.1 Risques pour les documents

Les moisissures constituent un risque majeur dans les magasins d'archives. Elles provoquent une dégradation physico-chimique des documents : physique à cause de la pénétration du champignon et de la propagation des filaments mycéliens dans le substrat, ce qui désorganise les fibres de cellulose, puis chimique par la sécrétion d'enzymes ou la diffusion de pigments (coloration, pigmentation...). Les moisissures puisent leurs nutriments dans le substrat puis y déposent leurs déchets souvent acides.<sup>3</sup> Les documents sont tachés de manière irréversible et s'acidifient. L'attaque peut aussi provoquer des pertes de matière (trous ou lacunes

<sup>3</sup>Malala Rakotonirainy. Centre de recherche sur la conservation des collections; Cours INP-IFROA-2004.

plus importantes). Le papier devient feutré et fragile, le parchemin friable, le cuir se rigidifie et les encres se décolorent<sup>4</sup>.

On reconnaît en général la présence des moisissures à l'aspect poudreux de la population sporale, par la présence de filaments mycéliens ou par les taches de pigmentation (colorations très variées : noires, roses, jaunes...).

On constate un développement particulièrement actif sur les supports les plus hygroscopiques donc les plus vulnérables comme le cuir ou les textiles non enduits à la texture souvent lâches comme les toiles de reliure qui permettent à la poussière de s'y accrocher avec facilité et qui attirent aussi les moisissures par la colle très proche de la surface.

Les seuils à partir desquels on considère qu'un espace est contaminé de manière problématique dépendent des objectifs fixés, ils ne seront pas identiques pour un bloc opératoire ou pour un magasin d'archives. La Bibliothèque nationale de France (BnF) dont l'équipe de biologistes surveille régulièrement les conditions environnementales (prélèvement d'air, contrôle des filtrations, prélèvements réguliers et mise en culture) et a édicté des protocoles de maintien d'un état sanitaire rigoureux (dépeussierage des collections, nettoyage régulier des locaux et du mobilier...) a placé son seuil à 20-30 UFC/m<sup>3</sup> (Unité Formant Colonie). Le CRCC considère que pour les magasins d'archives il est raisonnable de viser comme objectif:

**100-120 UFC/m<sup>3</sup>**



Moisissures sur documents anciens



Moisissures répandues sur des reliures

### 1.2.2 Risques pour la santé

Les moisissures sont toujours présentes dans l'atmosphère mais seules certaines espèces peuvent poser des problèmes à l'homme. Il est donc important en cas de suspicion de problèmes de santé, d'identifier non seulement le genre mais aussi l'espèce, afin de déterminer si ces moisissures émettent des mycotoxines (plus de 300 d'entre elles ont été identifiées à ce jour, mais seule une trentaine possède des propriétés toxiques réellement préoccupantes pour l'homme ou l'animal) ou des composés organiques volatils. Cette identification peut s'avérer complexe (recours au séquençage de l'ADN quand les données existent) en fonction des espèces, notamment les *Penicillium*, ce pourquoi elle n'est pas toujours proposée.

<sup>4</sup>Gilbert Le Guen. Les problèmes biologiques. Fiche 3 – Conseils pratiques- Conservation préventive du patrimoine documentaire. CICL. 1995.

La corrélation entre présence de moisissures et problèmes de santé est difficile à mettre en valeur ; par conséquent, la détermination des seuils de concentration l'est également. La recherche est aujourd'hui encore balbutiante.

Les concentrations de spores dans l'air ont un impact important, notamment pour les personnes sensibles (asthmatiques ou allergiques). Les niveaux de contamination définis par les spécialistes de la santé sont les suivants :

- Niveaux de contamination de l'air :

- Faiblement contaminé : 0 à 170 UFC/m<sup>3</sup>
- Moyennement contaminé : 170 à 560 UFC/m<sup>3</sup>
- Fortement contaminé : 560 à 1000 UFC /m<sup>3</sup>
- Très fortement contaminé : > 1000 UFC /m<sup>3</sup>

(Reboux et al., *J. Indoor air*, 2009;19:446-53)

- Niveaux de contamination des surfaces par les moisissures :

- niveau 0 = absence de moisissure visible
- niveau 1: S1<300 cm<sup>2</sup> de surface moisie
- niveau 2 : 300 cm<sup>2</sup>>S2>3 m<sup>2</sup>
- niveau 3: S3>3m<sup>2</sup>

(Conseil Supérieur d'hygiène Publique de France, OMS 2004)

### *-Bon à savoir-*

Même mortes, moisissures et spores peuvent continuer à être allergisantes et toxigènes. Il est donc important de dépoussiérer les collections après tout traitement de désinfection.

Les principaux effets <sup>5</sup>:

- effets irritatifs: irritation des muqueuses (yeux, nez, gorge), congestion nasale ;
- réactions immunologiques: rhinite allergique, pneumonite d'hypersensibilité, conjonctivite, asthme, dermatite, sinusite allergique ;
- effets toxiques: syndrome toxique associé aux poussières organiques (ODTS) (excès de fièvre, problèmes respiratoires), mycotoxicose ;
- effets neuro-psychologiques: maux de tête, difficulté de concentration, fatigue mentale chronique, irritabilité, fièvre, douleurs articulaires ;
- effets infectieux: aspergillose.

Une étude sur l'environnement fongique dans dix services d'archives et ses effets potentiels sur la santé a été menée dans le cadre du Programme national de recherche sur la connaissance et la conservation des

---

<sup>5</sup>idem

matériaux du patrimoine (PNRCC – 2008-2010) par Gabriel Reboux et Sandrine Roussel de l'UMR CNRS 649 Chromo-Environnement, à l'université de Franche-Comté (Besançon). Les résultats de cette étude montrent un risque accru d'irritation des yeux pour les employés de services d'archives exposés à des environnements contaminés. Les effets dépendent du type de moisissures, de la concentration, du temps de contact, de l'âge et de l'immunodéficience.

Il est donc indispensable d'agir préventivement d'autant plus qu'il est souvent difficile de lier certains effets (comme les névralgies) aux causes. N'oublions pas qu'il s'agit d'un risque toujours latent car les moisissures et bactéries prolifèrent dans l'air et n'attendent que des conditions favorables pour se développer.

Pour les logements dits insalubres les indicateurs de risque sont l'humidité, les fuites d'eau et les infiltrations, le manque de ventilation et de renouvellement de l'air, l'odeur de moisi, les facteurs visuels (joints noircis, papier peint tâché..). Notons qu'il existe aujourd'hui, à l'instar des chiens renifleurs de moisissures, des appareils capables de détecter les composés organiques volatils spécifiquement émis par les moisissures en développement (COVm). Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) a récemment mis au point un biodétecteur fongique capable d'analyser en temps réel, la qualité sanitaire de l'air dans les environnements intérieurs, et d'alerter en cas de développement de moisissures ou de mэрule<sup>6</sup> avant même que ce développement soit visible à l'œil nu.

## 1.3 Les mesures curatives

### 1.3.1 Que faire en cas de contamination ?

Demander conseils à des spécialistes privés ou institutionnels.

- Conseils, expertises :
  - Service interministériel des Archives de France  
Chargée de mission sur les questions de conservation préventive et curative : Thi-Phuong Nguyen – 01 40 27 66 49 – thi-phuong.nguyen@culture.gouv.fr
- Biologistes, conseils, expertises :
  - Centre de Recherche sur la Conservation des Collections (CRCC)  
Responsable pôle biodétérioration-environnement : Malalanirina Sylvia Rakotonirainy malalanirina.rakotonirainy@mnhn.fr
  - Bibliothèque nationale de France, laboratoire scientifique et technique  
Responsable pôle biologie : Caroline Laffont - biologie-environnement@bnf.fr
  - Laboratoire des monuments historiques (LRHM)  
Responsable pôle microbiologie : Faisl boustia - faisl.boustia@culture.gouv.fr
  - Centre interrégional de conservation et restauration du patrimoine à Marseille (CICRP)  
Directeur : Roland May - 04 91 08 23 39 - info@cicrp.fr
  - Laboratoires privés et laboratoires départementaux d'analyses.

---

<sup>6</sup> Un film expliquant le principe de ce détecteur est disponible sur You Tube à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=QZ4oDZ24rEY&index=4&list=PLM4Nv5rFKZABragpQVbKjkqzRHBf21qcQ>

- Restaurateurs de documents graphiques : contrôle des collections et conseils en vue du dépoussiérage (annuaire disponible notamment sur le site de la Fédération française des professionnels de la conservation-restauration (FFCR <http://www.ffcr.fr/>).
- Climaticien : contrôle des installations et des filtres.
- Architecte : contrôle du bâtiment et des infiltrations.
- Médecine du travail.
- Service hygiène et sécurité.

### 1.3.2 Les analyses

Pour mesurer le degré de contamination, deux méthodes complémentaires permettront de quantifier la pollution de l'air et d'identifier les agents pathogènes présents sur les supports.

Il est possible de suivre la Norme AFNOR XP-X 43-401 de Décembre 1998 « *Audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels* ».

1. L'analyse de l'air par impaction est une méthode répandue et fiable. L'air est aspiré (200 litres/minute) et les contaminants sont retenus dans une boîte de Pétri qui est ensuite mise en culture en laboratoire. Les analyses doivent se faire à l'extérieur notamment au niveau des prises d'air, dans les gaines (soufflage et reprise), dans les espaces contaminés, les salles de tri...
2. Lors des manipulations de documents, conditionnements, les moisissures sont rejetées dans l'air. Il est donc important pour savoir ce que l'agent respire, de procéder aussi à un prélèvement d'air avant et après manipulation voire après dépoussiérage, ce qui permettra de vérifier en partie son efficacité (toutes les moisissures ne se détacheront pas de leur support).
3. L'analyse des supports, documents, étagères, conditionnements, murs... se fait par frottis sur écouvillons secs stériles qui seront mis en culture. Cette méthode peut être complétée par des prélèvements sur des scotchs sur des supports qui ne seront pas altérés par cette méthode (étagères, cuir non pulvérisé...).

L'étude menée par Gabriel Rebox et Sandrine Roussel de l'Université de Franche-Comté a toutefois montré que des prélèvements réalisés à l'aide d'écouvillons sur les murs et les étagères donnent souvent des résultats négatifs et ne sont donc pas forcément représentatifs de la réalité. Ces auteurs conseillent plutôt l'utilisation de capteurs à poussière<sup>7</sup> ou bien de capteurs cellulose<sup>8</sup> à moisissures qui, déposés pendant six semaines, permettent d'évaluer la contamination microbiologique sur une longue période.

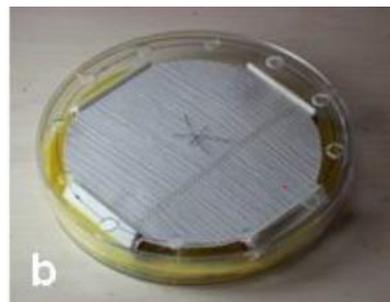
---

<sup>7</sup> Les capteurs de poussière sont des lingettes électrostatiques de surface connue.

<sup>8</sup> Les capteurs cellulose sont constitués dans lesquels 1,06 dm<sup>2</sup> de papier tendu sont maintenus en 2 atmosphères humides : (1) atmosphère saturée par l'humidité –boîte de Pétri couvercle fermé, avec 12 orifices de 8 mm de diamètre, (2) atmosphère partiellement saturée, sans couvercle (Figure 1).



Capteur à poussière



Capteur cellulosique (ph Université F-C)

4. La présence de poussière favorisant le développement fongique, il faut aussi évaluer le taux d'empoussièrément, y compris dans les gaines de climatisation. C'est l'occasion de vérifier le degré de filtration et la périodicité du remplacement des filtres (en moyenne tous les 3-4 mois sachant qu'un filtre saturé entraîne aussi une surconsommation d'énergie et une baisse d'efficacité de la ventilation).
5. Lors des prélèvements, il faut relever la température et l'humidité relative à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment et des espaces analysés.
6. Il faut analyser les courbes de température et d'humidité sur une année complète. Les périodes les plus favorables au développement des moisissures se situent entre le printemps et la fin de l'automne dans nos régions tempérées.

Il faudra compter 2 à 3 semaines pour obtenir les résultats. En fonction des laboratoires, seront précisés le genre (*Aspergillus.sp*) ou l'espèce (*Aspergillus niger*).

A la fin des décontaminations, il est souhaitable de refaire les analyses afin de vérifier l'efficacité des protocoles mis en place.

En fonction du taux de contamination et des espèces en présence, des précautions particulières seront données pour protéger le personnel et traiter les locaux et documents.

Les laboratoires et le Service interministériel des Archives de France sont intéressés par le résultat des mesures prises pour éradiquer les contaminants.

### 1.3.3 Protection du personnel

En cas de prolifération importante, il est nécessaire de se protéger, car certaines moisissures sont dangereuses pour la santé, en portant :

- un masque avec filtre HEPA (minimum exigé le type FFP1<sup>9</sup> de la norme EN 149, 2001 portant le marquage CE) ;
- le port de lunettes de sécurité ;
- des gants jetables ;
- une blouse voire une combinaison jetable ;
- des chaussons pour pénétrer dans l'espace contaminé.

<sup>9</sup>FFP: *filtering face piece particules* de FFP1, FFP2 et FFP3 selon le degré de filtration (respectivement 80, 92 et 99%) et d'étanchéité (mesures de fuite le long du visage, respectivement 22, 8 et 2%).

Quitter tous ces vêtements en sortant et les envelopper dans un sac poubelle hermétique. Laver les blouses à la javel.

### 1.3.4 Agir sur l'environnement

#### 1.3.4.1 Les principales actions :

|   |   |
|---|---|
| <p>1. Analyser les causes de la propagation</p> | <div data-bbox="518 533 1161 654" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"><b>Traiter les documents sans traiter la cause de la propagation est inutile.</b></div> <p>Les causes sont diverses :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• infiltrations d'eau ;</li><li>• inondation<sup>10</sup> ;</li><li>• panne de climatisation spécialement pendant les périodes chaudes;</li><li>• humidité importante dans les locaux (risque à partir de 60% d'HR voire moins si T° élevée et moisissures pouvant se développer avec taux d'HR plus bas) ;</li><li>• proximité de murs extérieurs avec risques de condensation ou d'humidité résiduelle ;</li><li>• présence de poussière (substrat nutritif, maintient d'humidité);</li><li>• manque de ventilation ;</li><li>• confinement ;</li><li>• transfert de documents contaminés dans les magasins sans les avoir traités (dépoussiérage systématique et éventuellement désinfection);</li><li>• transfert de documents provenant de lieux humides ;</li><li>• conditionnement dans des boites stockées dans des espaces humides;</li><li>• contamination de documents par les colles utilisées en restauration...</li></ul> <p>Le rétablissement de bonnes conditions environnementales ajouté à un traitement local des documents et des locaux, peut suffire dans certains cas (avec avis des spécialistes) à éviter toute nouvelle contamination.</p> |
|---|---|

<sup>10</sup>Des procédures plus lourdes impliquant éventuellement une congélation rapide pour stopper la prolifération si des mesures d'assèchement rapide (en 3-4 jours) ne peuvent être prises.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>2. Isoler la pièce et/ou les documents contaminés :</b></p>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si possible arrêt de la climatisation ou de la ventilation pendant l'examen des fonds ;</li> <li>• fermer les bouches de circulation d'air si elles communiquent avec d'autres espaces, fermer portes et fenêtres;</li> <li>• envelopper les étagères d'un film de polyéthylène soit celles contaminées soit les autres de manière à éviter la propagation;</li> <li>• envelopper les documents ou les cartons dans des sacs de polyéthylène fermés ou du papier kraft si leur départ en désinfection est rapide afin d'éviter la contamination à d'autres éléments et la dispersion des spores lors du transfert.</li> </ul>   |
| <p><b>3. Puis agir dans les 48 heures</b></p>   | <p>Agir rapidement en asséchant l'air (déshumidificateur) notamment en cas d'inondation car les risques de prolifération sont très rapides.</p>  |
| <p><b>4. Vérifier s'il n'y a pas eu propagation</b></p>                                   | <p>Même si la contamination est localisée, vérifier par une analyse d'air, qu'il n'y a pas eu propagation, les moisissures pouvant se développer ultérieurement en particulier par le biais des gaines de climatisation (prélèvement et nettoyage des gaines par robot caméra).</p>  |
| <p><b>5. Effectuer des prélèvements</b></p>   | <p>Effectuer des prélèvements à l'aide d'écouvillons secs et stériles et par la technique du scotch (sauf sur les documents, le faire sur les reliures administratives, sur les conditionnements ou les étagères) ou faire venir un spécialiste. Il faut décrire avec précision où et comment se développent les moisissures. Les analyses nécessitent au moins 3 semaines de mise en culture. Les résultats seront donc tardifs (moins si elles sont très actives), il est de ce fait indispensable d'agir avant, pour enrayer la prolifération. La connaissance du type de moisissures permet de contrôler l'environnement, leur diffusion, de connaître à partir de leur spécificité quels sont leurs besoins et les risques réels sur les documents (il y a des moisissures très friandes de cellulose, de colle notamment d'amidon ou de collagène (cuir). Leur développement n'a pas la même incidence s'il est en phase active, modérée ou latente. Elles peuvent n'attaquer que les tranches (notamment sur les reliures toiles non enduites) ou au contraire se diffuser à l'intérieur des documents. Un brossage efficace après assèchement peut ainsi parfois suffire en fonction du type de moisissures incriminé et du support.</p> |
| <p><b>6. En cas de contamination importante, faire désinfecter les locaux par des</b></p> | <p>En cas d'infestation importante, faire désinfecter les locaux par des spécialistes après analyse des prélèvements. Le CRCC a effectué une étude sur le Vitalub<sup>11</sup>. QC 50 et sur le thiabendazol par thermonébulisation qui permet une bonne répartition des produits grâce à la diffusion homogène du brouillard envoyé dans l'air chauffé pendant plusieurs heures. La thermonébulisation est une aérosolisation couplée à un chauffage (200°C à 250°C). D'autres méthodes sont</p>  |

<sup>11</sup>Le Vitalub est un **ammonium quaternaire** conseillé par les spécialistes de la conservation pour ses qualités mixtes détergentes et désinfectantes. Utilisation soit du Vitalub QC 50 à base de chlorure de diméthylbenzylammonium dilué à 2% dans l'eau soit de thiabendazol. Ils sont utilisables en désinfection aérienne par thermonébulisation. Efficacité maximum obtenue si la taille des gouttelettes se situe entre 1 à 2 microns. Traitement à faire hors présence des collections. (Bertrand Lavédrine, les collections photographiques. Guide de conservation préventive. ARSAG. 2000. photographies pp 157-158)

|   |   |
|---|---|
| <p><b>spécialistes</b></p>                          | <p>utilisées : la pulvérisation (taille des particules projetées 50 microns), la brumisation (20 microns) ou l'aérosolisation (2 microns). Ces traitements sont effectués dans des locaux <b>vidés de leur contenu</b> ou à la rigueur, sur les conseils d'un spécialiste, en bâchant les documents. Le Vitalub laisse un petit dépôt gras sur les surfaces qu'il faut enlever avec un chiffon humide après le traitement. Le thiabendazol laisse un dépôt poudreux que l'on aspire après traitement.</p> <p>Autres possibilités : traitement des espaces sans collections, par des composés gazeux ou des fumées fongicides après avis des biologistes spécialisés dans le patrimoine écrit.</p> |
| <p><b>7. Traitement du mobilier et des sols</b></p> | <p>Le mobilier doit aussi être nettoyé, dépoussiéré et/ou désinfecté en fonction des matériaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sur le métal et matériaux non poreux : une action mécanique suffira pour les extraire (aspirateur à filtre HEPA) suivie du passage d'un chiffon légèrement humide.</li> <li>• Les sols peuvent être nettoyés à l'aide d'un détergent puis désinfectés à la javel diluée dans de l'eau (voir note 8) sans rinçage. Il faut éviter de frotter à sec pour ne pas disperser les spores et de bien essorer afin de ne pas augmenter le taux d'HR. Eliminer éponges et chiffons après usage.</li> </ul>   |

#### **1.3.4.2 Décontamination de l'air à l'aide de purificateurs mobiles sans ozone**

A la suite d'essais menés par le laboratoire de la BnF et le CRCC<sup>12</sup> notamment, certains appareils de décontamination de l'air ont prouvé leur efficacité.

S'ils utilisent des technologies différentes: filtration particulaire absolue, destructions par plasma froid et ionisation, couplage un à une filtration à charbon actif pour l'élimination des odeurs, etc., ces appareils ont tous en commun de n'être efficaces que sur les spores et moisissures aéroportées (circulation de l'air grâce à un système de ventilation). Aussi, si les causes de la contamination ne sont pas éliminées et les supports et documents assainis, le niveau de contamination de l'air augmente à nouveau rapidement dès que l'appareil est à l'arrêt.

Ces appareils sont généralement utilisés de manière transitoire ; ils permettent d'endiguer une contamination en apportant une aide efficace à l'assainissement des locaux contaminés en attendant que des mesures soient prises pour désinfecter surfaces et documents. Ils sont sans apport de produits toxiques pour l'homme, les biens culturels et l'environnement et libèrent très peu voire pas d'ozone dans l'atmosphère.

Ils peuvent être utilisés :

- en cas de contamination avérée pour assainir l'air avec une utilisation en continu, en aide complémentaire des mesures d'usage (traitement d'air, nettoyage...) ;
- lors des campagnes de dépoussiérage de documents contaminés afin d'éviter de propager les moisissures dans l'air ;

<sup>12</sup>Publication des résultats dans le numéro 8 de l'ARSAG 2008. pp 70-82..

- en mesure préventive en cas d'augmentation importante de l'humidité relative (infiltrations, arrêt de climatisation, inondation) ;
- en remplacement des filtres des appareils de traitement d'air : les micro-organismes seront tués ce qui évite les risques de relargage dans l'atmosphère. L'appareil est muni d'une alarme qui prévient lorsque les filtres sont saturés.

### 1.3.5 Agir sur les documents

Un restaurateur ou un biologiste spécialisé dans les risques biologiques concernant les biens culturels procédera à une évaluation de l'état sanitaire des documents et indiquera les procédures à suivre en fonction de l'ampleur de la contamination.

#### 1.3.5.1 Le dépoussiérage

Tony Basset et Laure Simeone du laboratoire de microbiologie de la BnF ont mené une étude sur le dépoussiérage des documents moisiss publiée dans le n° 26 des Actualités de la conservation (2007) (voir :[http://www.bnf.fr/fr/professionnels/anx\\_actu\\_conservation/a.actus\\_conservation\\_autres\\_numeros.html](http://www.bnf.fr/fr/professionnels/anx_actu_conservation/a.actus_conservation_autres_numeros.html) F).

Le but de cette étude était de comparer les méthodes de dépoussiérage réalisées à l'aide d'aspirateurs munis de filtres HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) qui sont préconisées par les pays qui ont interdit l'usage de l'oxyde d'éthylène suivi d'un dépoussiérage.

Les conclusions sont intéressantes sur plusieurs points.

- Si le dépoussiérage a lieu au moment où les moisissures sont actives, les substances liquides contenues dans les hyphes des myceliums sont libérées par écrasement. Elles se propagent alors, collant les spores sur les surfaces et les rendant très difficiles à aspirer. Il faut donc attendre 1 à 4 mois dans une atmosphère sèche pour que ce dépoussiérage soit véritablement efficace.
- Le dépoussiérage sur des moisissures fraîches tache les supports lorsque le liquide est coloré (notamment *Aspergillus niger*).
- Un simple dépoussiérage ne tue pas les moisissures.

#### *-Bon à savoir-*

« un simple dépoussiérage des surfaces récemment moisies ne permet pas de décontaminer ; au contraire, il contribue à un accroissement de la contamination par l'étalement des spores viables à la surface des échantillons ».

Il est donc essentiel d'attendre que les supports et les moisissures soient secs avant de les dépoussiérer.

### 1.3.5.2 Méthodologie d'intervention sur les documents

Comme toute étude de laboratoire, les conclusions doivent être pondérées et les actions doivent être adaptées à une situation donnée, à l'analyse des risques, au diagnostic du biologiste.

|  |  |
|--|--|
| La contamination est-elle accidentelle et le contrôle du climat rétabli et efficace ?                            | Si la réponse est positive et les <b>supports</b> sur lesquels les moisissures se sont développées <b>lisses</b> <sup>13</sup> : il est envisageable, après avis de spécialistes, d'isoler les documents, de les assécher pour ne pas écraser le liquide contenu sur les hyphes des moisissures actives, puis de les dépoussiérer. |
| La contamination est-elle périodique et le contrôle du climat critique ?<br><br>Les supports ne sont pas lisses. | Si la réponse est positive, mieux vaut désinfecter puis dépoussiérer sur documents secs et améliorer le contrôle de l'environnement.   |

### 1.3.6 Remarque: procédures en cas d'infiltration ou d'inondation

Lorsque des documents sont fortement humides et même mouillés à la suite d'une inondation, une congélation rapide permet d'éviter la prolifération des moisissures qui peuvent se développer en 48 heures ce qui permet d'agir plus sereinement. Les précautions d'usage pour congeler établies lors des risques d'inondation doivent être respectées. La congélation n'a pas d'action fongicide. Elle évite simplement les risques de prolifération. Après décongélation (par lyophilisation ou séchage contrôlé), il faut suivre les procédures de désinfection sur les documents qui ont été contaminés.

S'il est possible, éviter de congeler cuirs et parchemins ce qui dépend du degré d'urgence, de la masse à traiter et des moyens humains disponibles.



Documents inondés



Ruptures de canalisation, fuites

<sup>13</sup>Un support lisse: papier glacé, surface vernie, calque, reliure plastifiée, etc.

### 1.3.7 Procédures détaillées de traitement

Les procédures détaillées sont les suivantes, elles seront validées par un spécialiste:

1. **Documents peu infestés**, moisissures en surface, supports lisses, contaminations sur quelques pièces isolées : un dépoussiérage avec un aspirateur muni de filtres et des brosses est généralement suffisant. Les documents **seront séchés**, dépoussiérés puis mis en quarantaine pour vérifier l'efficacité de ce traitement dans une atmosphère contrôlée (HR de 40-45%). Il faudra utiliser un aspirateur muni de filtres HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) afin d'éviter la dispersion des spores dans l'atmosphère. Les filtres doivent être changés régulièrement, il faut donc se munir d'un stock. Tous les instruments seront désinfectés à l'alcool à 90° dilué dans 30% d'eau ou à la javel (1 l de javel pour 9 litres d'eau soit une proportion de 1 pour 10) en laissant en contact 20 minutes avant de rincer et sécher (contrôler le séchage sur un buvard avant d'utiliser les brosses sur les collections). Utiliser des gants pour protéger la peau. Les produits fongicides recommandés par les spécialistes de la conservation (VitalubQ50, Econazole...) ne peuvent être utilisés sur les documents d'archives sans risque d'altération (produits gras). Ils sont donc à proscrire. Par contre, il est envisageable que des restaurateurs puissent les utiliser sur des reliures non patrimoniales si aucun contact avec les documents n'est assuré. Le traitement sera suivi d'un dépoussiérage<sup>14</sup>.
2. **Documents très infestés**, moisissures à l'intérieur de liasses ou de registres sur un espace important ou à plusieurs endroits d'un même espace : le seul traitement efficace aujourd'hui pour les documents à traiter massivement est le gazage à l'oxyde d'éthylène. Le traitement est curatif mais absolument pas préventif : remettre les documents dans une zone contaminée est donc totalement proscrit puisque les risques sont importants que les documents soient à nouveau contaminés. L'oxyde d'éthylène est un gaz éminemment dangereux ; une désinfection à l'oxyde d'éthylène est une opération qui n'est donc pas anodine et nécessite une préparation méticuleuse. Une fiche pratique d'aide à la préparation des collections moisies à un traitement de désinfection est disponible sur le site du SIAF (*Gérer les Archives/Préservation des documents/Désinfection/ Préparer les documents d'archives moisies à un traitement de désinfection à l'oxyde d'éthylène*). Au retour, tous les documents doivent être dépoussiérés afin d'éliminer les moisissures pour contrôler plus facilement leur présence ultérieure et retirer la poussière source de contamination. Les mesures correctives et préventives sur l'environnement doivent avoir été prises avant le retour des collections dans les magasins.

---

<sup>14</sup> Produits à utiliser ponctuellement par des restaurateurs:

MICROTEST A, VITALUB QC 50 et ECONACIDE ALCOOLIQUE.

- Conditionnement et prix des produits en 2006 :

MICROTEST A : le MICROTEST A est vendu par boîte de 10 tests au prix HT départ de 41,00 euros.

-VITALUB QC 50 : le produit est vendu concentré par 2 x 5 kg, il peut-être dilué à 5 % prêt à l'emploi par flacon d'un litre au prix HT départ de 10,00 euros.

- ECONACIDE ALCOOLIQUE : le produit est vendu par flacon d'un litre au prix HT départ de 57,00 euros le litre (2006). Il est possible d'obtenir des conditionnements en flacon de 250 ml.



Documents à désinfecter

### 1.3.8 Connaissance des risques dus à l'utilisation de l'oxyde d'éthylène

La fumigation<sup>15</sup> à l'oxyde d'éthylène a aussi des inconvénients qu'il ne faut pas négliger. Ce gaz est mutagène et cancérigène ; il est donc interdit dans de nombreux pays qui en l'absence traitement chimique véritablement efficace et sans risque pour les collections, portent leurs efforts sur la prévention. En France, l'utilisation de l'oxyde d'éthylène est strictement encadrée et la très grande majorité des prestataires de désinfection à l'oxyde d'éthylène l'utilisent en mélange avec un gaz inerte et non plus pur comme cela se pratiquait il y a quelques années, supprimant par là même, la plupart des effets négatifs sur certains matériaux (cuirs, liants protéiniques, etc.) évoqués dans la littérature. L'oxyde d'éthylène dilué demeure toutefois déconseillé pour les documents contenant des parties métalliques ou ayant été traités avec des produits chlorés (insecticides tels que le paradichlorobenzène, le pentachlorophénol, répulsifs tels que le naphthalène).

### 1.3.9 Le rayonnement gamma

De nombreux pays, Argentine, États-Unis, Pays-Bas, Pologne, Roumanie...ont exclu les traitements à l'oxyde d'éthylène en préconisant la désinfection au rayonnement gamma mais sans utiliser des doses de stérilisation (18-20 K Grays) partant du principe que les collections ne sont pas remises dans un espace stérile. Les études semblent démontrer l'efficacité de doses entre 6-10 Kgrays. Le problème étant de s'assurer que les doses en périphérie et à l'intérieur des palettes soient suffisantes et évitent de dépasser 10-12 Kgrays. Chaque installation étant différente, il est nécessaire de faire des tests préalables pour éviter les coupures de chaînes dues à un sur dosage ou au manque d'efficacité en cas de sous dosage. Il faut donc poser des dosimètres en périphérie et au centre ainsi que des contrôles biologiques (souches, boîtes de Pétri...). Il peut aussi être nécessaire de laisser un vide au centre des palettes pour avoir des doses homogènes.

Les traitements par rayonnement gamma sont rapides et ne laissent pas de produit résiduel ; mais les effets des rayonnements sur les matériaux sont cumulatifs. Il faut donc éviter de traiter plusieurs fois.

Arc-Nucléart en collaboration avec les Archives nationales, les Archives de France, la Bibliothèque nationale, le laboratoire de recherche des monuments français étudient les protocoles de traitement (2015-2016) afin d'orienter les procédures.

---

<sup>15</sup> Unesco. Lutte contre les agents des détériorations biologiques, non daté, bibliographie jusqu'en 1987.

Les plaques de verre ne doivent pas être traitées par rayonnement gamma, le verre présentant une coloration provisoire.

## 1.4 Mesures préventives

Il est donc important de développer des actions préventives, elles permettront d'éviter d'autres contaminations et les effets secondaires éventuels des traitements.

### 1.4.1 Actions sur l'environnement

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>La filtration de l'air</b> | <p>La qualité de la filtration de l'air des installations de traitement apporte une garantie fondamentale dans la réussite du contrôle qualité de l'environnement. Le choix des filtres doit correspondre aux risques, leur remplacement périodique est indispensable. Il est donc utile de procéder à un calendrier des contrôles.</p> <p>Il faut distinguer la filtration des polluants particulaires<sup>16</sup> dont font partie les contaminants biologiques, de la filtration des polluants gazeux.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Pour les polluants particulaires, une filtration au niveau F7-F8 (ou EU7-EU8) correspondant à environ 90% d'efficacité opacimétrique convient : elle arrête 90% des particules de taille supérieure à 0,4 microns. La taille de la majorité des bactéries et spores de moisissures étant comprise entre 0,5 et 10 microns, c'est donc suffisamment efficace car on ne recherche pas non plus à avoir des locaux stériles.</li><li>• En cas de présence de polluants gazeux (ozone, oxydes de soufre, oxydes d'azote, COV...), il faut prévoir des filtres à charbon actif à forte rétention si possible imprégnés d'oxyde de cuivre, en complément ou en remplacement en fonction des polluants à capter, utiliser la filtration à base de billes d'alumine dont la gestion est plus aisée (saturation visible par le changement de couleur, pas de risque de relargage) et l'efficacité supérieure sur certains gaz (inconvenients : poussière abrasive, risque de débordement pourpre en cas d'inondation et de proximité des collections).</li></ul> <p>Plusieurs méthodes permettent d'identifier les polluants présents :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• comptage direct des poussières grâce à un détecteur laser, ou indirect par échantillonnage et analyse laboratoire ultérieure ;</li><li>• mise en place de capteurs passifs ou actifs de polluants chimiques et analyse ultérieure en laboratoire ;</li><li>• mise en place de coupons métalliques étalonnés en cuivre, en plomb (identification des acides notamment) ou en argent (identification du soufre) et analyses régulières en laboratoire de la nature et du niveau de corrosion (BnF, C2RMF, CRCC).</li></ul> |
|-------------------------------|--|

<sup>16</sup>Information donnée par Brigitte Leclerc, biologiste à la BnF - mars 2008.

|  |   |
|--|---|
|  | <p>La filtration de l'air doit concerner à la fois l'air neuf et l'air recyclé, car une partie des polluants est générée à l'intérieur des locaux (entrée d'air « pirate », circulation des personnes, présence de matériaux émissifs). Sur l'air neuf, pour protéger et améliorer la durée de vie des filtres F7-F8, il faut prévoir en amont des filtres plus grossiers de type G4 ou F5 (EU4 ou EU5). Les centrales de traitements d'air doivent être suffisamment puissantes pour conserver un débit d'air suffisant en aval des filtres.</p> <p>En outre, pour être parfaitement efficaces, les filtres doivent être montés de façon totalement étanche (cadre de montage à la bonne dimension, joints...) et changés lorsqu'ils sont saturés, faute de quoi, ils peuvent relarguer brutalement tout ou partie des particules retenues.</p> <p>La maintenance des installations dans la durée est primordiale pour pérenniser l'efficacité de la filtration.</p> <p>Il est possible d'utiliser les appareils mobiles de décontamination de l'air à conditions qu'ils n'émettent pas d'ozone.</p>   |
| <p><b>Contrôle de l'humidité relative, de la température</b></p> | <p>La relation entre humidité relative et température est bien connue : toute hausse de température diminue l'humidité, toute baisse l'augmente. Il est donc indispensable de contrôler ces deux paramètres en gardant pour objectif le maintien de la stabilité et la tolérance d'amplitudes annuelles à condition qu'elles soient lentes et progressives. Dans les pays tempérés, l'humidité relative admise est de 45% à 55% pour le papier, et de 50 à 55% pour le cuir et le parchemin, bien inférieure pour les supports de photographies ou les films qui devraient être conservés à part, voire en chambre froide à froid ventilé. Les fluctuations doivent être réparties sur l'année avec des écarts journaliers ne dépassant pas +/- 5%.pour l'HR et +/- 1°C pour la température réglée avec des amplitudes de 18°C à 25°C sur l'année.</p> <p>Les thermohygromètres doivent être régulièrement étalonnés afin de donner des mesures justes. Les seuils d'alarmes seront fixés à 57% d'HR. En cas de températures supérieures à 25°C, le seuil pourrait être passé à 55%.</p> <p>L'humidité relative ne devrait jamais dépasser 57%-60%, seuil à partir duquel il faut mener un plan d'action d'autant plus urgent que les températures auront grimpé : il faudra alors ventiler et déshumidifier d'urgence.</p> <p>L'utilisation des diagrammes psychrométriques permet d'anticiper en surveillant les conséquences des fluctuations des températures et de l'HR sur l'environnement (voir en annexe les explications d'utilisation).</p> <p>En cas de risques avérés : placer temporairement des déshumidificateurs portatifs en vidant régulièrement les bacs et en les nettoyant, avec le tambour, à la javel et en rinçant plusieurs fois. A ces bacs récupérateurs, on préférera les systèmes permettant une connexion directe appareils avec le réseau d'eaux usées. Les déshumidificateurs portatifs doivent être considérés comme un moyen de dépannage temporaire car leur gestion et leur entretien dans la durée</p> |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>posent de nombreux problèmes (entre autres des risques d'inondation et de contamination). Si le besoin de déshumidification est permanent, il faut trouver avec les climaticiens des solutions pérennes.</p>   |
| <b>La ventilation</b>                      | <p>La ventilation est le quatrième élément indispensable pour renouveler l'air et éviter le confinement. En cas d'absence de traitement d'air ou de manque d'homogénéité on peut utiliser des ventilateurs muraux qui doivent être placés en diagonale pour créer un courant d'air qui limitera le dépôt des spores.</p>  |
| <b>Maintenance et contrôle du bâtiment</b> | <p>Le bâtiment doit constituer un écran protecteur autour des collections. Toute anomalie doit donc être signalée et corrigée notamment celles qui vont entraîner un apport d'humidité et de polluants notamment la poussière :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vérification régulière de l'étanchéité des toitures et ouvertures, canalisations, gouttières, localisation et traitement des fissures, infiltrations, recherche des zones de risque de condensation ;</li> <li>• fermeture des portes et des fenêtres ce qui peut réduire d'environ 2% la concentration de spores de source extérieure ;</li> <li>• dépoussiérage des locaux au moins une à deux fois par an, du mobilier et des conditionnements tous les ans à tous les cinq ans selon la vitesse d'empoussièrément ;</li> <li>• contrôle sanitaire aux périodes à risque (printemps/ automne) dans les locaux et sondage à l'intérieur des conditionnements ;</li> <li>• inspection régulière des locaux (calendrier et cahier de contrôle) ;</li> <li>• mise en place de fiches ou de registres d'incidents, mémoire des sinistres qui permettront de cartographier et mieux contrôler les zones à risques.</li> </ul> |
| <b>Actions sur les documents</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Respect des procédures d'introduction de documents dans les magasins : connaissance des conditions de stockage des services versants (si c'est possible, s'ils existent, étudier les relevés annuels des températures et d'humidité relative ou les relever au moment du prélèvement), vérification de la ventilation et de l'empoussièrément (constat visuel), constat d'état, assèchement, dépoussiérage, quarantaine et désinfection si nécessaire.</li> <li>• Aucun stockage en contact avec les murs donnant sur l'extérieur.</li> <li>• La mise en boîtes protège des variations d'hygrométrie, des spores et de la poussière. Il faut veiller à ce que le stockage des matériaux de conditionnement ne se fasse pas dans un local humide et que le document soit sec lorsqu'il est introduit dans le contenant.</li> <li>• Eviter d'utiliser des reliures en toile non enduite, des sangles. Préférer aux premières, des toiles enduites (type Buckram).</li> </ul>   |
| <b>Management</b>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rédaction d'un règlement intérieur sur la chaîne de traitement des documents devant rentrer dans les magasins : vérification du taux d'humidité, assèchement si nécessaire, dépoussiérage systématique des documents sales avec aspirateurs munis de filtres HEPA, et désinfection si nécessaire ;</li> </ul>  |

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• tenue d'un cahier de contrôle sanitaire ;</li><li>• nomination d'un responsable qui devra effectuer un rapport annuel sur les contrôles effectués sur l'environnement et les documents ;</li><li>• établissement d'un plan d'intervention en cas de catastrophe en préparant un stock de matériel dans un local fermé afin que le matériel ne soit pas utilisé à d'autres fins (déshumidificateurs, gants jetables, masques, blouses, papier kraft, rouleaux de plastique en polyéthylène, ruban adhésif, cartons, ventilateurs, adresses des sociétés et personnes ressources ...) ;</li><li>• formation du personnel : reconnaissance des moisissures, analyse des risques, connaissance des actions curatives et préventives, mesures de protection.</li></ul> |
|---|

### 1.4.2 Traitements à éviter

Avec les conseils de la BnF et du CRCC (2007) :

- Le gazage des locaux par fumigation au « Fumispore OPP » est néfaste pour les collections. Le CRCC le déconseille vivement. Utilisé dans l'industrie alimentaire, il est composé pour 20% d'orthophénylphénol (OPP), les autres composés ne sont pas mentionnés dans la fiche technique. En se décomposant, il libère de l'oxyde de carbone et du dioxyde d'azote et ainsi que de l'ammoniac ce qui est préjudiciable à la conservation des fonds. Ce produit a probablement remplacé le "Fumispore stock", interdit depuis 2006. Il a été utilisé à la Bibliothèque centrale du Muséum National d'Histoire Naturelle, plusieurs fois, il y a une dizaine d'années, dans leur réserve avec tous les documents sur place, mais en prenant soin de bâcher tous les appareils et d'enlever les ordinateurs. Ce produit ne contenait pas d'orthophénylphénol.
- Des sociétés proposent le traitement des archives à l'ozone. C'est un traitement à proscrire à cause de son action oxydante sur les papiers (l'ozone est un agent de blanchiment).
- Le rayonnement gamma altère papiers, cuir, parchemin et textiles à des doses supérieures à 10-12 KGrays.
- Les essais menés par le CRCC sur l'efficacité des traitements à l'azote pour éradiquer les moisissures se sont avérés négatifs (traitement efficace en revanche pour les insectes).
- La congélation et/ou la lyophilisation bloquent la contamination mais ne tuent en aucune manière les moisissures.

## 2 LUTTE CONTRE LES INSECTES

Les insectes peuvent être caractérisés en fonction de la nourriture qu'ils recherchent. Les insectes xylophages s'attaquent à la cellulose notamment du bois et de ses dérivés comme le papier, les insectes kératinophages apprécient les protéines du cuir, du parchemin, des colles, les mites des vêtements (*Tineola bisselliella*) aiment la laine, la soie mais d'autres espèces de mites (famille des Pyralidae qui se distinguent des Tinéidés par la couleur brune de l'extrémité de leurs ailes) se régalaient des farines (colles). Toutefois un certain nombre d'insectes sont omnivores ; il faut donc vérifier précisément quels sont les prédateurs et leurs habitudes. On peut distinguer deux grandes classes selon le comportement des adultes : les rampants (anthrène par exemple) et les volants (mites, vrillettes..) pour faciliter la lutte et notamment la pose des pièges.

### 2.1 Vie des insectes

Les insectes se caractérisent par les différentes phases de leur croissance ou métamorphose:

- Œufs ;
- larves: ce sont principalement les larves qui en se nourrissant vont dégrader les objets qui les abritent,
- nymphes, pulpes ou chrysalides,
- insectes (adultes) : la plupart ne se nourrissent pas (sauf les coléoptères par exemple), leur rôle est de se reproduire.

Le comportement des larves peut-être différent de celui de l'adulte, comme par exemple la préférence pour le manque de lumière (larve) ou au contraire l'attraction (adulte) qui explique la vie nocturne des uns et la possibilité ou non d'attirer les adultes par la lumière ou les UV.

Dans les climats tempérés, à l'extérieur, ils hibernent en hiver mais à l'intérieur des bâtiments chauffés, ils peuvent se reproduire tout au long de l'année et non pas seulement au printemps.

En règle générale en dessous de 15°C, 10°C, ils ne se développent pas ou peu.

Si les conditions leur sont défavorables, ils sont capables de rentrer en léthargie, autrement dit d'hiberner plusieurs années en attendant de meilleures conditions. Ce pourquoi, il faut bien choisir le moment de les tuer c'est-à-dire lorsqu'ils sont en pleine activité. Il est donc classique sous nos latitudes de les surprendre au printemps au moment où la larve est encore dans l'objet et se rapproche de la surface pour devenir adulte. Il faut la tuer avant qu'elle ne devienne adulte et aille se reproduire et pondre.

On repère leur présence grâce à plusieurs indices :

- présence de sciure qui correspond à leurs déjections ;
- présence de trous ou de galeries sinueuses caractéristiques des espèces: il s'agit des trous d'envol de la larve qui sort pour se muer en adulte. Elle aura donc déjà bien altéré l'intérieur en y creusant de profondes galeries ;
- présence de matières organiques sécrétées par les insectes formant colle au point de rendre impossible la séparation des feuillets ;
- présence de cadavres ou d'être vivants à tous les stades de leur reproduction.

## 2.2 Les espèces présentes dans les archives

Pour plus de détails et des reproductions des insectes, consulter les sites spécialisés (OCIM...).

| Espèces  | Aliments  | Reconnaissance et conditions de vie   |
|--|---|---|
| Anthrène (Coléoptère adulte rampant- famille Dermestidae)  | Kératine : cuir, peau, plumes, laine.   | 3 à 4mm. Forme arrondie noire avec taches colorées. 20 à 100 œufs. Larves brun foncé évitant la lumière, les adultes la recherchent après la ponte. Durée de vie : 1,5 an. Seules les larves attaquent les collections.   |
| Attagène (Coléoptère adulte volant)  | Cuir, fourrure, plumes.   | 4 à 5mm. Larve plus dangereuse que l'adulte.  |
| Dermeste (Coléoptère)  | Matière végétale même sèche, cuir, peau, laine, s'infiltrant dans les métaux.                                 | 5 à 10mm. Corps noir à jaune allongé. Durée de vie, adulte 3 mois. 250 œufs par semaine. La larve vit de 1 semaine à quelques mois. Les adultes fuient la lumière pour pondre puis la recherchent. Galeries sinueuses. Dégâts plus importants par les larves.   |
| Xylophages (Coléoptères adultes volants) :<br>1. famille des Anobiidae : Anobium (vrillette), Stegobium (vrillette du pain),<br>2. lyctus,<br>3. capricornes | Bois, cellulose, papier, parchemin, cuir, collections d'histoire naturelle, plastique y compris le plexiglas. | Les larves creusent à l'intérieur des galeries et l'adulte perce le matériau pour en sortir (trous d'envol).<br>Présence de sciure.<br><br>Anobium : trous de sortie circulaires (environ 2mm)<br><br>Lyctidae : trous de sortie ovales (1 à 2mm)<br><br>Capricorne : trous en forme de D, environ 0,5mm de longueur.   |
| Termite (Isoptère adulte rampant mais il existe aussi des volants)   | Omnivore y compris béton, charpentes, plastique (acétate de cellulose).                                       | Présents en France. Vivent en colonies organisées comme les fourmis (reine, soldats). Perte des ailes au moment de l'accouplement.<br><br>Chaleur et humidité, coins sombres. Lucifuges.<br><br>Le couple royal vit 50 ans, les soldats 4 ans.<br><br>Dégradations très importantes, disparition totale des objets. Excréments = taches comme du liège. Galeries. |
| Mite, teigne (Lépidoptère adultes volant) (Tinoléa),   | Kératine: laine sale, fourrure, plumes mais aussi soie, lin, coton, papier. corne...                          | 7 à 10mm. 30 à 50 œufs en 1 à 21 jours. Couleur dorée ou argentée. La larve se nourrit entre 40 jours et 2 ans, c'est elle qui attaque les collections;   |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p>Poisson d'argent<br/>ou lépisme<br/>(Thysanoures rampant, ils sont dépourvus d'ailes)</p> | <p>Colle d'amidon, papier surtout chiffon, carton, textile, photos, moisissures. Mangent en surface. Attaquent en surface et non en profondeur.</p> | <p>De 2mm à 10mm selon le stade (œuf/adulte). Adulte gris argenté, forme allongée. C'est la larve qui se nourrit. A besoin d'un taux d'humidité élevé, aime les recoins, le manque de lumière. Nuisible au stade larvaire et adulte.</p> <p>Selon les conditions la femelle pond 70 à 200 œufs/12 semaines. Vie nocturne. Durée de vie: 3 ans environ.</p> <p>Galeries sinueuses, érosion superficielle, contours irréguliers.</p> |
| <p>Psoque<br/>ou pou du livre<br/>(Psocoptère rampant)</p>                                   | <p>colle, peaux, papier, adhésifs. Dégradations faibles.</p>  | <p>1 à 2/ 8 à 10mm. Larve active. 20 œufs. Durée vie: 6 mois. Larves et adultes nuisibles. Besoin d'humidité.</p>  |

### 2.3 Repérer et piéger

Le fait de trouver de la sciure n'indique pas forcément qu'à l'intérieur travaille une larve, car de la sciure d'anciennes galeries peut tomber en secouant l'objet. Pour s'en assurer, bien secouer sans altérer l'objet pour faire tomber le maximum de sciure, isoler la pièce en l'enveloppant dans un film hermétique de polyéthylène et ne plus rien bouger. Si la sciure continue à tomber, l'objet est bien habité et il faut agir. Pour mieux la repérer, on peut placer l'objet sur un papier noir et surveiller régulièrement.

Il est difficile de détecter la présence d'insectes car la plupart du temps, ils ont une activité nocturne. Des appareils acoustiques ou mécaniques ont été mis au point mais à cause de nombreux parasites, il n'est pas toujours facile d'identifier leur présence effective en les entendant grignoter. La détection radiographique et la tomographie permettent de repérer les galeries et même les larves qui y séjournent.

Les différentes techniques de piégeage ont pour but de capturer des insectes adultes notamment en vue de leur identification, de les comptabiliser, de repérer la source et à partir du diagnostic ainsi établi de procéder aux mesures nécessaires.

Il existe plusieurs méthodes de piégeage.

- Le piège attractif avec un produit qui les attire et de la colle pour les empêcher de repartir:
  - phéromones sexuelles: parfum produit par la femelle pour attirer le mâle. Elles existent pour certaines espèces et sont spécifiques de cette espèce: mite Tinoléa, vrillettes, anthrènes. Ces pièges sont chers, ils doivent être placés en fonction des habitudes des insectes (rampants ou volants) en évitant les courants d'air et en quadrillant l'espace à surveiller. On attrape exclusivement les mâles. Elles ont donc bien un rôle d'indicateurs de présence et d'identification d'espèces. Les utiliser avec parcimonie vu leur prix lorsque l'on a un doute quant à leur présence.

- Pheromones d'agrégation: émises par tous les individus d'un groupe pour se reconnaître. Les phéromones reconstituées, accessibles sur le marché : anthrènes, attagènes, blattes, mites, petites vrillettes, psocques, etc.
- Substance nutritive ; pour les kérotophages : débris de plumes, cheveux, poils et pour les autres, cellulose, colle, pain d'épice, graines diverses, insectes morts, nourriture pour chiens pour le *Stregobium...* et colle. Technique moins sélective, le hasard va permettre à tout insecte de la fourmi à l'araignée, de s'arrêter et d'être piégé.
- Pièges électriques, lumineux, ultra-violet: l'observation de la nature démontre que nombre d'insectes viennent mourir près de la lumière, autour des fenêtres. Il faut s'assurer de l'efficacité par rapport aux habitudes des insectes, sont-ils ou non attirés par la lumière, quelle longueur d'onde est efficace, où les placer, à quelle distance les uns des autres, etc.?
  - Les pièges UV : ils sont basés sur le principe d'attraction d'insectes (certains Isoptères, Psocoptères, Lépidoptères et Coléoptères)<sup>17</sup> vers la lumière et particulièrement vers les longueurs d'ondes correspondant à celles des UV, soit des longueurs d'onde situées entre 380 et 315 nm avec un maximum d'efficacité à 365 nm<sup>18</sup> (efficace pour le *Stregobium paniceum* par exemple). Pour les attirer, une intensité lumineuse faible sera plus efficace qu'une intensité forte. Derrière les pièges sont placés des pièges à glu avec ou sans attractif ou un système électrocutant. La puissance des appareils est proportionnelle au volume à traiter. Ils ont pour inconvénient d'émettre des UV dont la nocivité pour les œuvres est bien connue. Il faut soit les éloigner, soit placer des paravents en contrôlant leur efficacité.
  - Les pièges lumineux sans UV : pour éviter l'altération provoquée par les UV, des pièges lumineux à lumière verte (500 nm) ont été récemment commercialisés.

Quel que soit le piège utilisé, il faut les relever régulièrement (1 fois par semaine) et noter sur un tableau, le type de piège, le nombre d'insectes capturés, leur localisation, la date de prélèvement. Une analyse des résultats permettra de mener des actions préventives et de repérer d'où vient la contamination car beaucoup d'insectes (mites par exemple) ne se déplacent que sur un périmètre réduit.

## 2.4 Traitements

Aujourd'hui, de grands progrès ont été effectués dans la lutte contre les insectes ce qui peut permettre d'éviter l'utilisation des gaz toxiques (bromure de méthyle, oxyde d'éthylène, pyréthrine...).

Il faut distinguer les méthodes utilisables en présence ou non des collections, celles adaptées aux collections et celles adaptées aux locaux avec ou sans collections.

### 2.4.1 Le traitement des collections

Deux méthodes « douces » sont applicables en fonction des matériaux. Elles reposent sur le même principe : tuer les insectes en période d'activité (et non en léthargie) en les surprenant soit par un grand froid subit qui fera éclater leur structure, soit en les privant d'oxygène.

---

<sup>17</sup>F Flieder, C Capderou. *Sauvegarde des collections du patrimoine*. p 61

<sup>18</sup>Site du CICRP, Fabien Fohrer *De l'usage des pièges à lumière ultra-violette pour surveiller les risques d'infestation* ». 4p.

Il est aussi possible d'utiliser des insecticides de contact, notamment des poudres pour certaines espèces rampantes comme les blattes, que l'on répand sur leur passage mais en évitant tout contact avec les documents et en éloignant le traitement des documents (poudre volatile).

### 2.4.2 La congélation

La cire, l'os et l'ivoire (fermoir), le caoutchouc, la plume, les œuvres peintes, le verre, ne doivent pas être congelés. Mieux vaut l'éviter pour le cuir, les reliures enluminées, les peintures (risque de soulèvement), le parchemin, le PVC, le liège. Certaines colles peuvent perdre leur pouvoir adhésif (prudence pour les herbiers).

Cependant pour le cuir, les avis sont partagés. F Flieder ne déconseille pas la congélation.

Le principe est donc de surprendre les insectes pour les empêcher de se mettre en léthargie en les congelant brutalement à des températures très basses – 25°C à – 40°C au cœur de l'objet, notamment s'il est épais (contrôle par thermocouples).

#### *-Bon à savoir-*

Afin d'éviter les problèmes liés à la formation de condensation lors de la décongélation : adhésion des différentes couches de papiers couchés, photographies, etc. formant des blocs compacts, il est fortement conseillé d'emballer, préalablement à leur congélation, les objets et documents dans des sacs hermétiquement fermés (sachets à zip ou scellage à chaud). On évacuera au maximum l'air contenu à l'intérieur des sacs. Les documents humides ou mouillés seront enveloppés dans du papier absorbant. Lors de la décongélation, les documents ne seront retirés de leur sachet que lorsque leur température aura atteint celle de l'environnement ambiant.

Le cycle type: 4 jours et 4 nuits à -35°C, on ramène progressivement à 20°C pendant au moins 3 semaines puis on reproduit le même cycle.

Les congélateurs industriels munis de ventilateurs (froid homogène) sont bien adaptés. Si on traite à -20°C dans des congélateurs domestiques, il faudra augmenter le nombre de cycles en contrôlant les résultats (empaqueter, isoler, surveiller).

On peut débrancher le congélateur s'il n'a pas de cycle de dégivrage automatique pour laisser les documents décongeler progressivement ou les mettre dans un réfrigérateur puis à l'extérieur dans leur conditionnement jusqu'à la mise en équilibre avec le milieu ambiant.

La congélation est un traitement simple et peu onéreux.

### 2.4.3 La privation d'oxygène ou anoxie

Il faut s'assurer que les conditions de traitement en température et humidité correspondent au cycle d'activité des insectes.

Le principe est donc de priver les insectes d'oxygène (l'air contient 21% d'oxygène) et de les faire mourir d'étouffement. Ceux-ci étant extrêmement résistants, il faut maintenir la concentration d'oxygène à 0,1% maximum pendant 3 semaines, ce qui est loin d'être évident. Lorsque l'on utilise des absorbeurs d'oxygène dont la réaction est exothermique, ou un balayage à l'azote, il faut veiller à ne pas assécher les collections. Ceci peut être évité, soit en utilisant un matériau tampon (gel de silice par exemple) soit, dans le cas d'un balayage à l'azote, en humidifiant préalablement le gaz par barbotage dans l'eau.

Les traitements requièrent une étanchéité complète des enveloppes y compris à la vapeur d'eau. Il faut donc utiliser des matériaux spécifiques : enceinte hermétique (autoclave), plastiques imperméables à l'oxygène thermo-soudables.

Deux méthodes sont applicables en fonction des possibilités techniques et du nombre d'objets à traiter :

- l'anoxie statique soit en injectant de l'azote préalablement humidifié soit en utilisant des absorbeurs d'oxygène (oxyde de fer) qu'il faudra isoler des objets à cause de la réaction exothermique ;
- l'anoxie dynamique : on injecte soit en continu soit par cycle de l'azote humidifié en extrayant par la même occasion l'oxygène résiduel. L'azote est produit soit par un générateur en cas de traitements importants, soit par des bouteilles.

Il s'agit de traitements longs et complexes exigeant un bon suivi pour bien contrôler les risques de fuite. Il y a peu de restaurateurs ou d'entreprises spécialistes.

L'avantage est que ce traitement est adapté à tous les matériaux à désinsectiser.

Il est aujourd'hui possible de traiter les objets in situ dans les magasins d'archives.

### 2.4.4 Traitement des locaux

Les laboratoires suivants ne préconisent pas le gazage ou l'utilisation d'insecticides en présence ou sur des collections à cause des risques d'effets secondaires et une désorption lente : BnF, CRCC, LRMH. Cela oblige à évacuer les collections qui seront traitées séparément selon les méthodes citées plus haut.

Cependant, et de manière exceptionnelle, quelques institutions, face à l'ampleur d'une contamination et à la difficulté d'évacuer toutes les collections, ont procédé au gazage des locaux en leur présence, évacuant ou protégeant les plus fragiles ou les plus précieuses, utilisant si besoin des gaz différents en fonction des locaux traités (magasins, bureaux, salle de lecture...) et des matériaux en présence (matériel informatique, dorures, pigments, films...). Face aux risques d'altération, seuls des spécialistes de la conservation du patrimoine sont à même de rédiger les cahiers des charges, contrôler les fiches techniques des produits de manière à réduire les risques d'altération, surveiller le déroulement des opérations et contrôler les résultats.

#### Gaz utilisés

Ce paragraphe ne peut prétendre à l'exhaustivité, l'industrie chimique fait des progrès, change les formules au cours du temps... La prise en compte des risques sanitaires ou environnementaux peut conduire à des

interdictions. Il est donc indispensable de faire appel aux spécialistes pour s'y retrouver dans la forêt des produits proposés.

Avant tout gazage, la climatisation doit être coupée, et tous les objets (documents, métaux, plastique, ordinateurs, systèmes électriques...) qui réagissent avec les gaz utilisés (voir la notice du produit) doivent être évacués. Il faudra vérifier si les gaz agissent en surface (traitement par contact) ou/et en profondeur. La source de contamination aura été localisée (vérifier les vides sanitaires, les gaines de ventilation, les documents, tout endroit ou œuvre avec de la colle (tableaux, reliures, encadrements...). Il est prudent d'imposer la pose de témoins (échantillon contenant des œufs et des larves) afin de s'assurer que le traitement ait agi en profondeur.

**La phosphine** PH<sub>3</sub>, en principe non utilisable en présence de collections, bonne pénétration, très toxique, utilisée en remplacement du bromure de méthyle. Très efficace mais risque de formation d'acide phosphorique très agressif pour les collections notamment les métaux (dorures), les nitrates et les halogènes<sup>19</sup>.

**La pyréthrine**, fumigène extrait de fleurs, très peu toxique, conseillé par le LRMH. (Dobol®). Utile contre blattes et lépismes mais peu efficace sur d'autres espèces, considéré plutôt comme un répulsif par F. Flieder et C. Capderou. La poudre, en contact de l'eau, forme une fumée insecticide qui ne laisse pas de dépôt et ne produit pas de flamme. Durée du traitement 24 heures. La fumée pénétrera dans les petits interstices en surface mais pas en profondeur. Il s'agit donc d'un traitement de surface. Le Dobol peut être utilisé très localement dans un endroit contaminé ou plus largement dans une pièce.

**Le dichlorvos** (DDPV), type plaquettes Vapona, s'utilise pour lutter contre les Dermestes, les vrillettes, en diffusant, pour être efficace, le principe actif dans une atmosphère confinée, rendant ainsi le lieu assez insalubre pour l'homme. Peu pénétrant, il n'agit pas sur les œufs. Les plaquettes doivent être changées tous les 3 à 6 mois. En présence d'eau, risque de formation d'acides. Dégradations constatées sur des papiers, vernis, pigments (décoloration).

NB: La fumigation réalisée dans bâtiment en ville peut poser des problèmes car selon le type de gaz utilisé, il faut une autorisation préfectorale et un périmètre de sécurité avec évacuation des personnes durant deux jours en général.

NB: Certains **herbiers** (support et collection) ont pu être traités avec des insecticides à base de mercure et d'arsenic qui subsistent, même à long terme, et peuvent être libérés sous la forme dérivés gazeux. A cause de la toxicité de ces produits, la manipulation et le traitement des **herbiers** traités requièrent des précautions particulières (gants, masque, blouse), y compris lors de la circulation dans des magasins pollués. Des tests permettent d'identifier leur présence<sup>20</sup> et d'envisager ainsi de bloquer toute consultation ou prêt.

#### 2.4.5 Traitements à proscrire pour les documents d'archives

- Le rayonnement gamma à des doses supérieures à 10 KGrays hormis pour le bois qui peut supporter des doses supérieures ;
- le gaz carbonique car en présence d'eau, il peut produire de l'acide carbonique ;
- les insecticides comme le paradichlorobenzène, la naphthaline pour leur effet cancérigène et les réactions chimiques des produits chlorés ;

<sup>19</sup>F Flieder, C capderou *Sauvegarde des collections du patrimoine*. P 138-139.

<sup>20</sup>Amandine Péquignot *Les traitements pesticides dans les herbiers, un danger potentiel à prendre en compte*. ARSAG, n°8, 2008, pp 62-69

- le sulfure de carbone est abandonné à cause de sa toxicité ;
- le fluorure de sulfuryle<sup>21</sup> : SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, plus connu sous son nom commercial Vikane. Les essais effectués prouvent qu'il détériore les collections notamment le papier, les matériaux protéiniques, des pigments, des résines, des cires et des métaux, coton et soie.

## 2.5 Mesures préventives

Les mesures préventives appliquées pour les moisissures sont valables pour les insectes et rongeurs en portant une attention particulière sur les traces qu'ils peuvent laisser et qu'il faut contrôler régulièrement.

Le dépoussiérage, le piégeage, le contrôle de l'environnement (ouvertures, toitures, gouttières, fissures des murs, végétaux (plantes vivantes), etc.), le contrôle du climat et des collections introduites et stockées sont les armes classiques qui permettront d'éviter des traitements lourds.

---

<sup>21</sup>F Flieder, C Capderou. *Sauvegarde des collections du patrimoine*. p 138

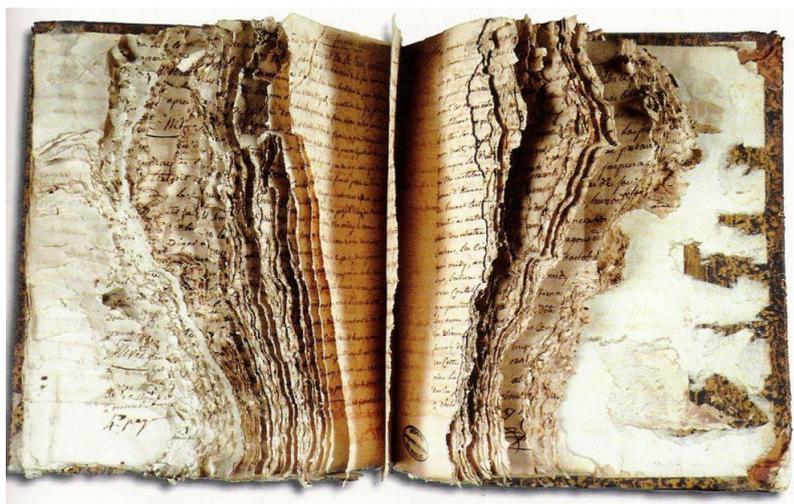
### 3 LUTTE CONTRE LES RONGEURS

Tous les rongeurs souris, mulots, rats...peuvent causer des dégâts très importants dans les archives en grignotant les papiers, parchemins, colles et cuirs afin de les digérer ou d'en faire des nids. L'attaque est rapide, contrairement à celle des insectes qui est lente et progressive mais plus sournoise (a lieu à l'intérieur des objets pour beaucoup).

On peut repérer les rongeurs par les traces laissées par les déjections, les dents sur les plinthes.

Pour les repérer, on peut placer du talc dans les zones où ils sont susceptibles de passer (loin des collections à cause de la poussière produite).

On peut les capturer à l'aide de pièges mécaniques en y plaçant un attractif, mais aussi en utilisant des produits qui empêcheront leur reproduction ou empoisonneront la tribu. Il faut veiller à ce que les produits utilisés dessèchent les cadavres afin de ne pas attirer d'autres prédateurs (insectes). Les pièges sont donc préférables, car ils permettent la récupération du cadavre.



Archives rongées par les souris  
source : Blessures d'archives

## ANNEXE

### 3.1 Utilisation des diagrammes psychrométriques

Les diagrammes psychrométriques dits aussi diagrammes de l'air humide, de Mollier (voir en document joint le diagramme fourni par Marc Milla, programmiste, projet Archives nationales Pierrefitte-sur-Seine), de Carrier... sont très utiles pour anticiper les élévations d'humidité relative qui favoriseront le développement des moisissures.

De manière plus générale, ils permettent de déterminer graphiquement, toutes les caractéristiques de l'air humide (pression, températures, humidité relative, poids d'eau, etc.), en connaissant au moins deux d'entre elles. La variation de l'une entraînant celle des autres, on peut lire sur le diagramme son effet sur l'ensemble des paramètres et ainsi prévoir, modifier et stabiliser le climat intérieur en fonction de ces différentes variables, ou préparer un objet à des changements climatiques lors de ses déplacements.

L'air humide peut être caractérisé par les paramètres climatiques suivants :

- **La température de bulbe sec (Ts)** est la température donnée par un thermomètre ordinaire, protégé des rayonnements parasites (venant d'objets froids ou chauds comme le soleil). La Ts est généralement située sur l'axe horizontal des diagrammes.
- **La température de bulbe humide (Th)** est la température indiquée par un thermomètre placé dans un linge humide et soumis au courant d'air d'un psychromètre. L'évaporation de l'eau provoquée par le courant d'air refroidit le linge humide. La différence entre la température du bulbe sec et la température du bulbe humide dépendant de l'humidité relative ambiante, il est possible de déduire cette dernière à partir de la Ts et de la Th, soit en utilisant la règle de calcul fournie avec le psychromètre, soit en utilisant le diagramme de l'air humide. Il est possible d'utiliser le psychromètre pour étalonner les thermo-hygromètres.
- **Température de rosée** est la température à laquelle un air humide est à la pression de vapeur saturante. À cette température l'air ne peut plus emmagasiner de la vapeur d'eau sans que celle-ci ne se condense.
- **Humidité relative (HR)** est le rapport entre la pression de vapeur et la pression de vapeur saturante à une certaine température. Dans les conditions « normales », c'est aussi le rapport entre la quantité d'eau présente dans l'air et la quantité maximale d'eau que l'air pourrait contenir à la même température. Elle est exprimée en %. Les courbes d'HR sont au centre des diagrammes.
- **Humidité spécifique (HS) ou Humidité absolue (HA)** est la quantité d'eau contenue dans l'air, elle est exprimée en gramme(s) par kilogramme d'air ou en gramme(s) par mètre cube d'air. On la trouve sur l'axe vertical des diagrammes. Pour répondre aux exigences de conservation, bien identifiées en bleu (valeur cible) dans le diagramme fourni par Marc Milla<sup>22</sup>, l'humidité spécifique idéale (soit à 18°C et 50% HR) devrait se situer entre 5,8 et 7 g d'eau/kg air sec.

**Enthalpie spécifique** symbolisée par la lettre h\*. Cela correspond à l'énergie contenue dans le fluide dans un état donné (température, pression,... fixés). C'est l'énergie nécessaire pour assécher l'air, très utile pour déterminer les puissances calorifiques et frigorifiques des différentes centrales de traitement d'air.

---

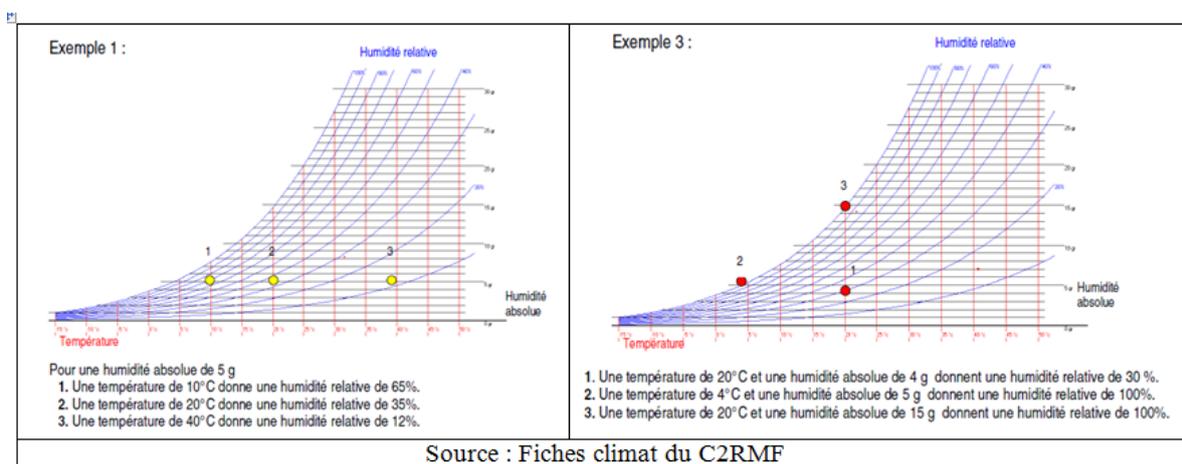
<sup>22</sup>Voir le diagramme en document joint.

### Le diagramme de l'air humide<sup>23</sup> :

- n'est valable que dans des limites de pression (donc d'altitude soit pour nos latitudes, niveau de la mer (altitude = 0m) et pression de 1013 hPa.) ;
- il se rapporte à l'unité de masse d'air sec (kg d'air sec)

Il présente une courbe de saturation en vapeur d'eau délimitant deux zones :

- la zone de l'air humide (vapeur d'eau non saturante) avec les courbes d'HR
- la zone de brouillard (gouttelettes d'eau en suspension + vapeur d'eau saturante) située au-delà de HR= 100% (délimitant ainsi les zones à risque de condensation).



## 3.2 La mэрule

### Caractéristiques

La mэрule, *Serpula Lacrimans*, *pourriture sèche*, du grec « *merizo* » partager, fragmenter (allusion au bois dégradé en petites cubes), est un champignon lignivore friand de la cellulose. Elle naît exclusivement en milieu très humide de 98 à 99 % d'humidité ou sur un support comme le bois ou le papier contenant 20 à 40% d'humidité. Mais, par la suite, elle est capable de créer sa propre humidité pour étendre sa zone de propagation et peut donc survivre à des taux d'humidité plus bas contrairement au Coniophore qui a besoin d'un fort taux d'humidité du support de croissance. Elle s'adapte à des larges plages de températures entre 7 et 26° C, au-delà elle ne peut se développer. L'obscurité puis une faible luminosité contribuent à sa croissance. Elle se propage en étant capable de traverser des cloisons. Elle se reproduit à partir de spores microscopiques qui germent en filaments (hyphes). Ils s'enchevêtrent pour donner le mycélium qui va se nourrir de la cellulose. L'eau est transportée à travers le réseau de filaments. La mэрule ne reste donc pas cantonnée à la zone humide. Si les conditions sont défavorables, le champignon ne meurt pas mais entre en période de latence. Il se redéveloppera dès que les conditions d'humidité et de température seront à nouveau favorables. Sa couleur change au fur et à mesure de son évolution : blanc cotonneux, jaune canari, vert, rose, violacé, gris, ocre. Son action est destructive car elle s'attaque à la structure des matériaux atteints qui perdent leurs propriétés mécaniques.

Elle s'attaque aux :

<sup>23</sup>Léon-Bavi Vilmont. CRCC. Cours de Master de conservation préventive. (2003): l'environnement des collections.

- **Bois ou bâtiment:** l'action de la mэрule entraîne la destruction du bois. La diminution de la résistance mécanique entraîne l'affaissement. Certains insectes comme la grosse vrille sont attirés par les bois dégradés par les champignons lignivores. Si elle s'attaque à des structures : charpentes, piliers... elle met en danger le bâtiment. Elle est responsable à 70% des dégradations à l'intérieur des bâtiments en Europe du Nord. Un traitement in situ est donc indispensable, injection de produit et éventuellement consolidation des bois ou remplacement si nécessaire. Des entreprises spécialisées doivent être contactées après avis des laboratoires de la culture quant aux méthodes préconisées.
- **Dérivés de cellulose, le papier, les fonds d'archives:** le papier très comestible est rapidement altéré, taché et fragilisé jusqu'à sa disparition en poudre. La propagation peut être très rapide. Il est indispensable de connaître l'origine du développement. Il est souvent antérieur à l'introduction des fonds dans le bâtiment d'archives, la mэрule s'étant préalablement développée dans des caves, bâtiments insalubres ou grâce à une source d'humidité forte due à des infiltrations. Si les fonds sont transférés sans dépoussiérage ni désinfection dans les archives, elles vont pouvoir s'y développer si l'humidité relative est supérieure à 95%. Le papier devrait sécher progressivement mais s'il reste humide, il y a de forte chance qu'il y ait sporulation, développement et propagation.

### Plusieurs actions sont nécessaires:

1. **Détecter les causes** de la propagation dues à l'humidité des lieux de stockage :
  - origine externe : documents contaminés et non traités (désinfection ou/et dépoussiérage) transférés tels quels dans les archives;
  - origine interne : infiltrations, fuites, eau stagnante, inondation et défaut de ventilation, documents humides.
2. Remédier aux sources d'humidité : **assécher, assainir** (selon les modalités de l'expertise), **ventiler**. La disparition des sources d'humidité est une action indispensable pour empêcher le développement des champignons. Elle peut suffire pour éradiquer le problème en l'associant au traitement des collections. Les traitements de l'environnement préconisés par les entreprises privées : injection de produits, surfaces brûlées,... ne sont pas toujours indispensables.
3. **Contrôler la température et l'humidité relative** par des capteurs étalonnés placés aux endroits contaminés. Analyser les données régulièrement.
4. **Identifier le champignon** présent sur le fonds par prélèvement et analyse biologique si nécessaire ou par envoi de photographies aux laboratoires spécialisés. La mэрule peut être confondue avec d'autres espèces : Coniophore, Lenzite, Polypore. La présence de spores confirmera si la mэрule est active. Il faut s'adresser à un laboratoire spécialisé du Ministère de la culture car les analyses sont spécifiques. Le Centre de Recherche sur la Conservation des Collections n'est pas équipé contrairement au LRMH et au CICRP :

Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques

29, rue de Paris

77 420 Champs sur Marne

Faysl Bousta

Tél : 01 60 37 77 91

[faysl.bousta@culture.gouv.fr](mailto:faysl.bousta@culture.gouv.fr)

Centre Interrégional de Conservation et de Restauration du Patrimoine

21, rue Guibal

13 003 Marseille  
Fabien Fohrer  
Tél : 04 91 08 23 46  
[fabien.fohrer@cicrp.fr](mailto:fabien.fohrer@cicrp.fr)

Des organismes privés doivent être spécialisés dans la préservation des biens culturels afin d'éviter l'utilisation de produits ou de méthodes préjudiciables aux collections ce pourquoi l'avis des laboratoires du Ministère est précieux.

Pour les bâtiments, voir le Centre Technique des bois ou le LRMH.

5. Traitement à l'oxyde d'éthylène
6. **Le dépoussiérage** est indispensable pour retirer toute trace de champignons, il doit se faire après le traitement pour éviter la mise en contact de l'homme avec le champignon vivant.
7. Les documents doivent être réintroduits dans un **lieu assaini**.

### 3.3 Conseils pour l'utilisation des colles en restauration

Les colles fabriquées en restauration peuvent être responsables de développement de moisissures si les conditions d'utilisation ne sont pas rigoureuses. Tony Basset, Stéphane Mareynat (BnF) et Stéphanie Rock (C2RMF) ont étudié quatre colles d'amidon de blé.<sup>24</sup>

Les principales souches présentes: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Epicoccum* (flore habituelle des céréales avant leur récolte). La majorité des souches étant cellulolytiques, elles se développeront aisément sur le papier.

Toutes les colles déshydratées étudiées étaient contaminées.

Pour résumer les conclusions des analyses effectuées sur les colles d'amidon de blé:

1. utiliser de préférence de l'eau osmosée à l'eau courante qui peut être source de contamination;
2. nettoyer le matériel avec de l'eau osmosée (casserole, tamis,etc);
3. le chauffage des colles permet de réduire la contamination;
4. préparer la colle quotidiennement en petite quantité;
5. sécher les supports encollés dans de bonnes conditions pour limiter la germination des spores de moisissures.

---

<sup>24</sup> Voir n°26 des *Actualités de la conservation* de la BnF.