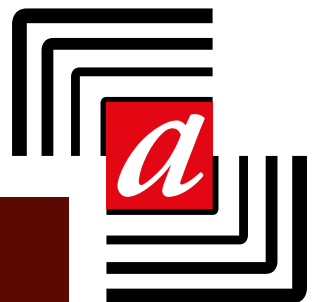


# MOISSISSURES

## PRÉVENTION ET LUTTE



Archives générales du Royaume et  
Archives de l'État dans les Provinces

Section Surveillance, avis et coordination de la collecte et de la sélection



## SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	5
MORPHOLOGIE ET DÉVELOPPEMENT DES MOISSURES.....	6
LES MOISSURES ADORENT.....	6
DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE ET POUR LES DOCUMENTS !.....	8
COMMENT REPÉRER DES MOISSURES ?.....	9
EN CAS DE DOUTE, FAITES RÉALISER DES PRÉLÈVEMENTS.....	10
La pellicule autocollante.....	10
L'écouvillonnage.....	10
Les prélèvements d'échantillons bruts.....	10
L'échantillonnage de l'air.....	10
QUE FAIRE EN CAS DE CONTAMINATION ?.....	11
Évaluer l'ampleur des dégâts.....	11
Établir la disponibilité des moyens de lutte.....	11
Trouver les causes de la contamination.....	11
Isoler les documents infestés.....	12
Protéger le personnel.....	12
Neutraliser le développement des moisissures.....	12
Identifier les moisissures.....	12
Désinfecter les locaux (en cas de contamination importante).....	13
Traiter le mobilier.....	13
Dépoussiérer les documents infectés.....	13
Traitement curatif des documents très infectés.....	13
MIEUX VAUT PRÉVENIR QUE GUÉRIR.....	15
a. L'implantation et l'architecture des bâtiments.....	15
b. Le contrôle de l'air à l'intérieur des bâtiments.....	15
c. L'aménagement des rayonnages.....	15
d. Le conditionnement et la gestion des documents.....	16
e. L'entretien des locaux, rayonnages et documents.....	16
UNE VIGILANCE CONSTANTE EST DE MISE.....	16
a. Des contrôles réguliers.....	16
b. Management.....	16
QUE FAIRE EN CAS D'INONDATION.....	17
Le séchage à l'air.....	17
La congélation.....	17
La lyophilisation.....	17
Le séchage sous vide.....	18
POUR EN SAVOIR PLUS.....	19



## INTRODUCTION

Cette brochure est destinée aux institutions publiques et plus particulièrement à leurs gestionnaires d'information, archivistes et/ou responsables des archives. Elle a pour objectif de faciliter la prise de décision et la mise en œuvre de mesures visant à éviter ou à maîtriser l'infestation de moisissures.

Les documents créés et reçus par les administrations publiques sont soumis à la loi sur les archives du 24 juin 1955 et à son texte coordonné du 6 mai 2009. Ceci implique notamment que les documents doivent être conservés dans des conditions appropriées, être accessibles ; qu'il faut veiller à ce qu'aucun document ne puisse être aliéné, et à ce que ceux qui doivent être conservés de façon permanente soient transférés à un service d'archives. Il ne peut être dès lors procédé à aucune élimination d'archives sans autorisation formelle des Archives de l'État. Les moisissures constituant l'un des plus importants agents de détérioration des archives, on portera une attention particulière à ce facteur de dégradation. Il convient de pouvoir diagnostiquer une contamination, d'en rechercher la cause, de la traiter et de prendre les mesures afin d'éviter une récurrence.

## MORPHOLOGIE ET DÉVELOPPEMENT DES MOISSURES

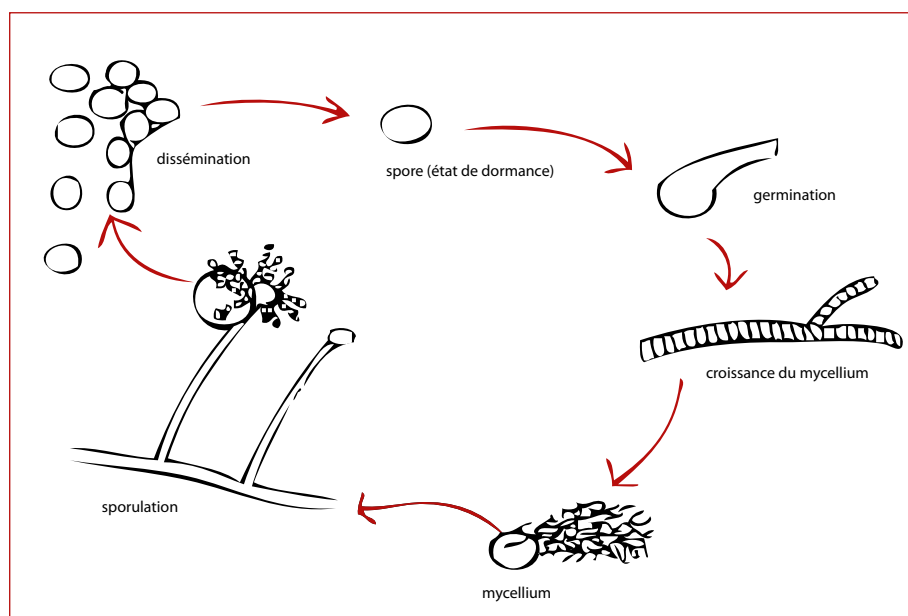
Les moisissures sont des champignons microscopiques formant le groupe des hyphomycètes et regroupant des milliers d'espèces. Elles sont formées de nombreux filaments minces et enchevêtrés.

La partie qui plonge dans le milieu nutritif constitue le thalle ou mycélium qui peut revêtir des formes très diverses. Lorsqu'il a acquis une certaine vigueur, ce thalle émet des organes reproducteurs ; ce sont les filaments aériens, simples ou ramifiés, qui se termineront par un sporange (cellule mère qui produit et qui contient des spores), soit par une spore unique.

Un mycélium peut donner naissance à plusieurs milliers, voire plusieurs millions de spores dont l'ensemble appelé sporée se présente souvent sous un aspect poudreux et coloré.

Le mode de dispersion et de transfert des spores varie selon les espèces. Les gloéiospores restent collées entre elles par un mucus et forment de la sorte des amas plus lourds difficilement transportables par l'air. Elles sont essentiellement véhiculées au niveau des substrats par contact ou par des insectes. Par contre, les xérospores sont légères et facilement dissociables. Elles se mettent plus aisément en suspension dans l'air et sont dispersées par les moindres mouvements d'air.

La dispersion des spores peut se faire sur de grandes distances. Les spores sont susceptibles de rester plusieurs mois à l'état de latence et de résister à des conditions défavorables. Il suffit que les conditions climatiques redeviennent favorables pour qu'une spore permette le développement rapide d'une colonie. La durée du cycle peut varier de 24 à 48 heures.



Cycle de développement des moisissures

## LES MOISSURES ADORENT...

### ... L'humidité

L'eau est le solvant permettant les échanges de substance avec l'environnement. La phase de germination des moisissures nécessite un apport d'eau plus important par rapport à la phase de développement ou de croissance. À partir d'une humidité relative de 60-65%<sup>1</sup>, il y a un risque de germination. Une fois la germination enclenchée, le processus de développement peut se poursuivre à des taux d'humidité relative inférieurs à 60%. La croissance de la moisissure ralentit aux environs de 30% d'humidité relative. Plus l'air

<sup>1</sup> L'humidité relative (HR exprimée en %) correspond au rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir. Ce rapport changera si on modifie la température ou la pression bien que l'humidité absolue de l'air n'ait pas changé. Ainsi, plus la température baissera, moins l'air sera capable de contenir de l'eau.

L'humidité absolue est définie pour l'air humide comme sa teneur en vapeur d'eau indépendamment de sa température (grammes de vapeur d'eau présents dans 1 kg d'air).

est chaud, plus il peut retenir de l'eau sous forme de vapeur. Dans cet ordre d'idées la situation sera, par exemple, plus grave pour 65% HR si la température est à 22°C que si elle est à 15°C.

### ... La chaleur

La plupart des espèces de moisissures se développent dans une gamme de température comprise entre 4 et 40°C. La valeur idéale pour leur développement se situe entre 24 et 30°C. Des températures inférieures à 20°C ralentissent de façon sensible la vitesse de croissance et à 0°C les réactions biochimiques sont presque toutes arrêtées. Le développement de moisissures résultera principalement de l'interaction entre une forte humidité et une chaleur élevée.

*Dégâts causés par l'humidité*



### ... Le papier

Dépourvues de chlorophylle nécessaire à assimiler le gaz carbonique atmosphérique, les moisissures sont saprophytes, puisant leur nourriture dans les matières organiques mortes ou plus ou moins décomposées. Le carbone et l'azote sont des éléments nutritifs indispensables à leur développement. Les composés minéraux, tels que le phosphore, le potassium, le magnésium et le soufre, sont également nécessaires en quantités très faibles. La cellulose – et donc le papier – fournit la plupart de ces éléments. C'est pourquoi les moisissures se développent facilement sur ce support.

#### **ATTENTION**

- || Même si une température négative stoppe la croissance des moisissures et peut détruire leurs formes végétatives, elle n'éradique pas une contamination. Dans les espaces d'archives / de stockage où les conditions climatiques semblent correctes, il peut exister des zones confinées où règnent des microclimats propices au développement localisé de moisissures.

## DANGER POUR LA SANTÉ HUMAINE ET POUR LES DOCUMENTS !

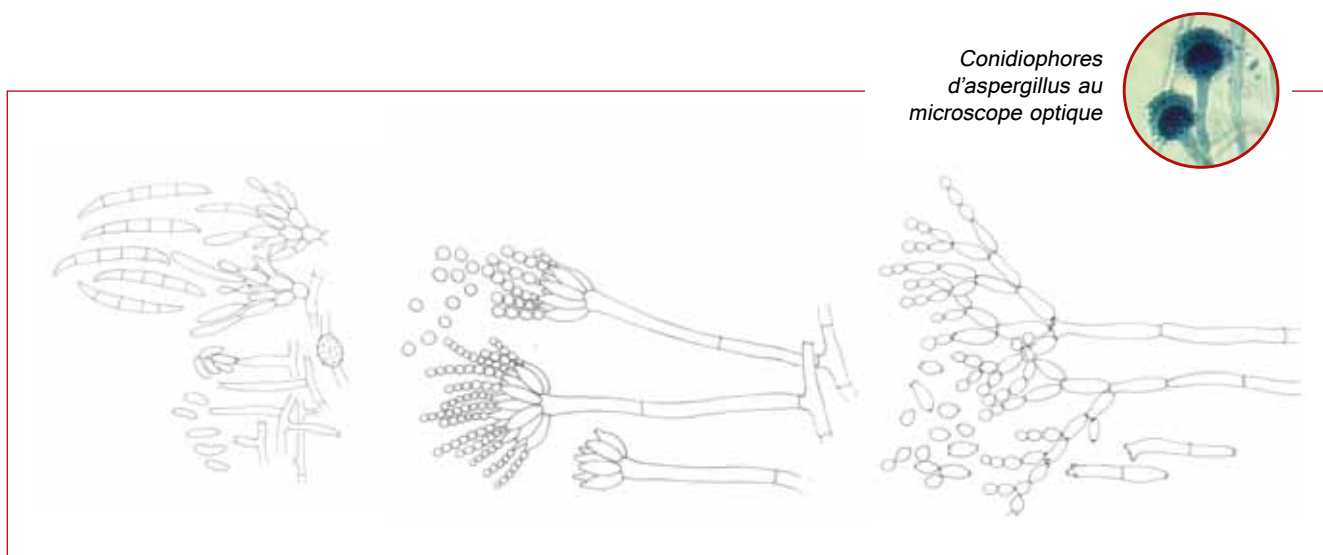
### La santé

bien que les moisissures soient présentes dans l'atmosphère, des concentrations plus importantes peuvent entraîner des effets néfastes pour la santé. Diverses composantes fongiques sont susceptibles de provoquer des effets nocifs chez un individu exposé. Des fragments mycéliens peuvent être présents dans l'air ambiant et être inhalés. Leurs parois contiennent des glucanes (sucres complexes) aux propriétés inflammatoires. Les spores peuvent également provoquer des réactions allergiques telles que la rhinite allergique et l'asthme. En outre, les moisissures dégagent des toxines dont plusieurs sont relativement stables et dont la toxicité peut persister longtemps après le développement du champignon. Le seuil de réactivité varie d'un individu à l'autre, ainsi que selon le type de moisissure pour un même individu. De même, la sévérité n'est pas nécessairement proportionnelle à la dose d'exposition.

### Les documents

Les moisissures peuvent détériorer physiquement les archives par la propagation des filaments mycéliens dans le substrat et chimiquement par la libération d'enzyme. En se nourrissant, les moisissures sécrètent des enzymes qui fragmentent la cellulose du papier en unités plus ou moins importantes pouvant aller jusqu'au glucose. L'effet de cette « digestion » peut entraîner de sévères détériorations, voire la disparition totale du substrat atteint.

Les enzymes nécessaires pour la transformation de la cellulose, de l'amidon ou encore des protéines varient suivant les espèces, d'où une certaine spécialisation des champignons qui ne s'attaquent pas tous aux mêmes matériaux. Les basidiomycètes parmi lesquels nous retrouvons, par exemple, la gyrophana lacrymans, dite mэрule pleureuse, s'attaquent essentiellement au bois et ses dérivés comme le papier, mais ils peuvent également attaquer d'autres matériaux dont les métaux. L'ordre des ascomycètes tels que le pénicillium se composent essentiellement de champignons cellulotytiques se développant sur le papier et les textiles. Les hyphomycètes ou deutéromycètes, plus connus sous l'appellation de champignons imparfaits et constitués des aspergillus, des cladosporium ou encore des fusarium se rencontrent sur le papier, le cuir, le parchemin, les photographies, les textiles, les tapisseries, les peintures, les sculptures et les matières plastiques.

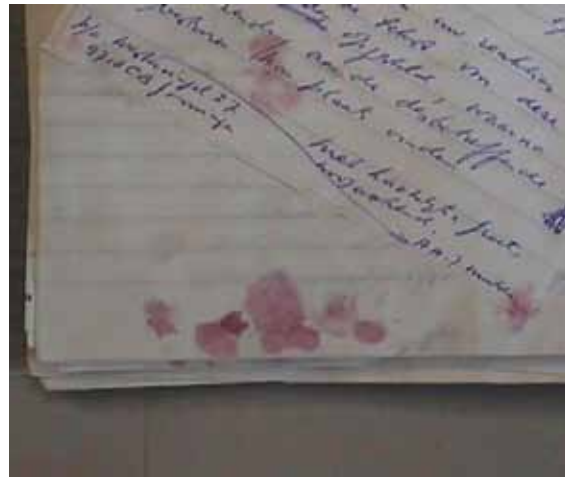


Dessins de Fusarium, Penicillium et Cladosporium (MUCL / Laboratoire de Mycologie)





*Fragilisation des documents causée par des moisissures*



*Coloration de documents causée par les moisissures*

## COMMENT REPÉRER DES MOISSURES ?

Du fait de leur caractère microscopique, il est relativement difficile de repérer de façon certaine des moisissures sur un support. Or pour prévenir les dégradations qu'elles peuvent engendrer et y remédier, il est nécessaire de connaître leurs principales caractéristiques, leur mode de développement et de dissémination et les indices de leur présence.

### La fragilisation du document

L'altération physique d'un support telle qu'une frange ou quand les feuilles tendent à coller ensemble, constitue une preuve indéniable de présence de moisissures.

### Les taches colorées

Les moisissures excrètent lors de leur développement des pigments pouvant colorer le papier. Les teintes peuvent être fort diverses, des couleurs neutres telles que le beige ou le noir jusqu'aux couleurs vives comme le rose, le pourpre, le cramoisi ou le jaune. Une forme circulaire, de taille variable, présente de façon répétitive, est un indice supplémentaire.

### La forme

L'aspect particulier de matière visible (poudreux, duveteux ou encore filamenteux) peut constituer un indice d'une éventuelle contamination.

### L'odeur

Le métabolisme des moisissures produit une quantité importante de composés organiques volatils odorants tels les alcools, les aldéhydes et les cétones permettant de déceler des odeurs de « moisi » bien avant l'apparition des signes visibles du développement mycélien.

### L'eau

La présence d'eau est un phénomène déclenchant la croissance et la germination de moisissures. Même si les traces sont visiblement anciennes, un développement a pu avoir lieu laissant une colonie morte mais des spores en dormance. Il est à cet égard intéressant de récolter des informations relatives aux problèmes qu'aurait connus le bâtiment, tels qu'une rupture d'une conduite d'eau, un bris d'une lucarne ou encore un refoulement d'égout.

## EN CAS DE DOUTE, FAITES RÉALISER DES PRÉLÈVEMENTS

Pour avoir une idée exacte de la vitalité des micro-organismes sur les objets, il est indispensable de faire réaliser des prélèvements et de les mettre sur un milieu de culture. L'identification des micro-organismes requiert une structure de laboratoire spécialisée, du matériel spécifique et du personnel qualifié. Aussi est-il fortement recommandé de ne pas procéder vous-même au prélèvement mais de faire appel à un laboratoire agréé.

Plusieurs techniques de prélèvements complémentaires sont disponibles afin d'identifier les moisissures, de vérifier leur état d'activité et leur pouvoir de dégradation, d'estimer le risque encouru par les matériaux mais aussi par les personnes, ainsi que de rechercher les sources de contamination.

Les prélèvements doivent être numérotés, datés et accompagnés de toute indication permettant l'identification du support et renseignant sur la contamination. Des prises de vue de taches ou de dépôts suspects peuvent compléter ces informations.

Les analyses de laboratoire peuvent être de nature quantitative (nombre d'unités viables par mètre cube d'air, UFC/ m<sup>3</sup>), et/ou qualitative (présence d'un genre et d'une espèce donnée). Il faut compter en moyenne 2 à 3 semaines pour obtenir les résultats des analyses opérées en laboratoire.

### La pellicule autocollante

Une pellicule est appliquée directement sur une surface où l'on soupçonne la présence d'une contamination. La pellicule est ensuite retirée, puis scellée et expédiée au laboratoire. Un examen microscopique effectué directement sur cette pellicule permet de vérifier la présence d'éléments fongiques et dans la majorité des cas, d'identifier le genre et parfois l'espèce auxquels ces moisissures appartiennent. Ces « scotchs » ne peuvent être utilisés que pour des supports qui ne seront pas altérés par cette méthode (étagères, cuir qui ne se réduit pas facilement en poudre...).

### L'écouvillonnage

Le prélèvement est réalisé à l'aide d'un écouvillon de prélèvement sec se présentant sous forme d'une tige en bois ou en plastique avec une extrémité en coton ou en matériau synthétique. Une partie du matériel recueilli pourra être mise en culture en laboratoire tandis qu'une autre partie sera examinée directement au microscope afin d'évaluer, au moins semi-quantitativement, la proportion d'éléments fongiques présents dans le prélèvement.



### Les prélèvements d'échantillons bruts

Il est naturellement possible de procéder à une gamme d'analyses complète sur ces matériaux et sur la contamination à partir de fragments prélevés (examen direct au microscope et mise en culture des fragments).

Des prélèvements sur mobilier ou autres surfaces peuvent être réalisés afin de déterminer leur état de contamination. De même, des boîtes de Pétri ouvertes (10 cm de diamètre) contenant un milieu de culture approprié peuvent être placées durant une heure pour évaluer la quantité de spores susceptibles de se déposer sur les surfaces.

### L'échantillonnage de l'air

Les prélèvements d'air peuvent être utiles pour évaluer quantitativement et qualitativement le niveau de contamination de l'environnement des documents en différents points d'un espace de stockage. Un biocollecteur aspire un volume d'air donné (200 litres/minutes) et les particules biologiques en suspension dans cet air viennent se coller sur les boîtes de Pétri placées dans l'instrument et qui sont ensuite mises en culture en laboratoire.

Il faut également prélever des échantillons à l'extérieur du bâtiment dans des lieux représentatifs de l'air extérieur ainsi qu'à proximité des prises d'air ou dans tout autre lieu significatif pour l'enquête et ce, pour des fins de comparaison avec les résultats des échantillonnages d'air intérieur.

## QUE FAIRE EN CAS DE CONTAMINATION ?

Une contamination pouvant se déclencher en 48 heures, il y a lieu de très rapidement procéder à un état des lieux, établir la disponibilité des ressources nécessaires pour contenir une infestation, isoler les documents contaminés tout en veillant à protéger le personnel et trouver les causes du développement des moisissures. Il s'agira dans la foulée de neutraliser la progression des champignons et de les identifier. Afin d'éviter toute récurrence, les locaux devront être désinfectés (en cas de contamination importante), le mobilier devra être traité et les documents contaminés devront être désinfectés.

### IMMÉDIATEMENT

#### Évaluer l'ampleur des dégâts

Il faut déterminer l'étendue de l'infestation en consignait consciencieusement l'emplacement des documents présentant des signes apparents de développement de moisissures. Un plan (même sommaire) et la prise de clichés photographiques des archives infestées peuvent s'avérer fort utiles. Il importe ensuite de procéder par sondage à un examen attentif de documents voisins du / des foyer(s) de contamination, ainsi que ceux provenant éventuellement d'un même arrivage. De même, il faut veiller à éviter toute propagation par le biais des gaines de climatisation.

Il doit être fait usage des tableaux de tri afin de s'informer sur la destination des documents et ainsi connaître directement leur valeur administrative et archivistique. Un tableau de tri est une énumération systématique de toutes les catégories de documents d'archives, indépendamment de leur forme, de leur contenu ou de leur structure, qui sont produits ou reçus par une institution ou une organisation. Il mentionne premièrement leur destination définitive (« conserver » [éventuellement après un tri supplémentaire] ou « éliminer ») et deuxièmement le délai de conservation administratif minimum. Ce dernier est fixé soit par des textes législatifs ou réglementaires, soit par la coutume ou la tradition administrative. Il est dès lors de première importance de connaître le sort à réserver à des documents contaminés, à savoir : pouvoir directement les éliminer ou devoir les conserver à moyen ou long terme et donc les décontaminer.

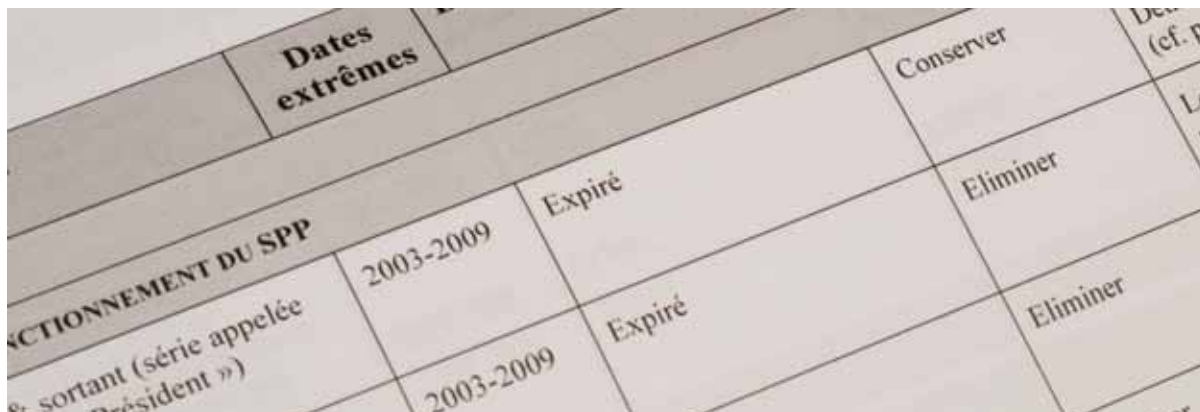


Tableau de tri des documents d'archives. Le tableau est divisé en colonnes pour les dates extrêmes, l'état (Expiré), et l'action (Conserver ou Éliminer). Une section est dédiée au 'FONCTIONNEMENT DU SPP' (Système de Protection des Préfets) avec des dates de 2003-2009.

	Dates extrêmes		
FONCTIONNEMENT DU SPP	2003-2009	Expiré	Éliminer
	2003-2009	Expiré	Éliminer

Tableau de tri

#### Établir la disponibilité des moyens de lutte

Suivant la nature et l'ampleur de la contamination, il devra être procédé à des prélèvements, des analyses en laboratoire et des manipulations voire au traitement des archives infectées. En fonction de l'expertise, des effectifs et du matériel disponibles au sein de votre organisation, il faut décider si l'infestation peut être contenue par des moyens internes ou s'il faut faire appel à des ressources extérieures. Les Archives de l'État peuvent vous conseiller sur ce point.

#### Trouver les causes de la contamination

Un traitement des documents infestés sans traiter la cause de la propagation s'avère inutile. Les causes de contamination peuvent être diverses : inondation, infiltrations d'eau, panne de climatisation, poussière

et humidité importante, manque de ventilation, confinement, proximité de murs extérieurs avec risques de condensation ou d'humidité résiduelle, transfert de documents contaminés et non traités dans les lieux de conservation, conditionnement dans des boîtes stockées dans des espaces humides, etc.

### Isoler les documents infestés

Les documents suspects ne doivent plus être communiqués. Ils doivent être isolés, emballés dans du papier neutre et entreposés dans un local de quarantaine pour éviter toute contamination à d'autres éléments et dispersion des spores.

Un local de quarantaine doit être prévu en dehors du magasin pendant la phase de diagnostic où les documents suspects resteront afin d'éviter toute dissémination et propagation de l'infestation.

Il importe également de fermer les portes et bouches de circulation d'air pour empêcher les spores de pénétrer dans les espaces non contaminés du bâtiment.

Il faut éviter de placer les documents contaminés dans des sacs plastique qui favoriserait la création d'un microclimat favorable au développement des moisissures.

### Protéger le personnel



Équipement du personnel nécessaire pour le traitement de documents contaminés

Des mesures préventives doivent être prises pour protéger le personnel : un équipement adéquat et des réflexes d'hygiène renforcés.

En cas de prolifération importante, ceux qui manipulent des objets contaminés doivent porter un masque HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter)<sup>2</sup>, des gants jetables et un cache-poussière, voire une combinaison de travail. Après avoir manipulé des objets contaminés, ils doivent bien se laver les mains et le visage, bien laver les vêtements protecteurs à l'eau de javel et nettoyer les surfaces de travail.

Les personnes souffrant de maladies pulmonaires et d'allergies doivent éviter tout

contact avec les documents infestés et ne pas fréquenter les endroits où des moisissures sont présentes.

## A (TRÈS) COURT TERME

### Neutraliser le développement des moisissures

Si les moisissures sont en phase active, il faut agir sur le champ afin d'éviter d'augmenter la température et d'abaisser l'humidité relative des locaux et sécher les documents à l'aide de déshumidificateurs si le foyer de contamination peut-être isolé en ventilant. Il est préférable ne pas augmenter la température dans les locaux puisque la chaleur incite les spores à la croissance.

### Identifier les moisissures

L'identification des moisissures peut s'avérer nécessaire pour définir le plan d'action contre les moisissures ou encore afin d'évaluer les risques pour la santé.

<sup>2</sup> La dénomination HEPA pour *High Efficiency Particulate Air Filter* ou *High Efficiency Particulate Absorbing Filter* s'applique à tout dispositif capable de filtrer, en un passage, au moins 99,97% des particules de diamètre supérieur ou égal à 0,3µm.

## A MOYEN TERME

### Désinfecter les locaux (en cas de contamination importante)

Après avoir vidé les locaux de leur contenu, il y a lieu de faire désinfecter les locaux par des spécialistes.

### Traiter le mobilier

Il faut éviter d'épousseter à sec pour ne pas disperser la poussière. Il est préférable d'essuyer les étagères avec des chiffons légèrement humides ou antistatiques. Les produits solubles à l'alcool sont recommandés pour les rayonnages, ceux solubles dans l'eau pour les sols. Il convient de sécher les surfaces après traitement afin de ne pas augmenter l'humidité de l'air. Il convient pour les étagères de travailler de haut en bas.

### Dépoussiérer les documents infectés

L'aspiration est sans doute l'un des procédés les plus précieux pour prévenir et stopper le développement des moisissures. Elle ôte des documents contaminés tous les éléments d'une colonie (spores, mycélium, etc.). Il importe dès lors d'utiliser un aspirateur à filtre absolu (HEPA) afin d'éviter la propagation dans l'atmosphère des spores de moisissures.

Si le dépoussiérage a lieu au moment où les moisissures sont actives, les substances liquides contenues dans les filaments du mycélium vont être écrasées par l'action du dépoussiérage et ainsi s'infiltrer dans la matière. Il faudra donc attendre 1 à 4 mois dans une atmosphère sèche pour effectuer sans risque le dépoussiérage. L'efficacité du dépoussiérage doit être ensuite confirmée par des prélèvements et nécessite une surveillance des conditions climatiques. Cette méthode dépourvue de toxicité ne porte atteinte ni aux propriétés mécaniques ni à la composition chimique des documents traités. Ce procédé requiert néanmoins beaucoup de main-d'œuvre.

### Traitement curatif des documents très infectés

Quand le dépoussiérage des documents ne suffit pas, il faut recourir à des moyens drastiques. Attention : plusieurs méthodes de traitement existent mais toutes ne sont pas recommandables pour des archives et certaines sont dangereuses pour l'homme.

#### II Congélation

La congélation (à minimum  $-18^{\circ}\text{C}$ ) permet d'arrêter le développement fongique et permet de détruire la partie végétative des moisissures, mais elle ne permet pas de tuer toutes les spores des moisissures. Elle est, par contre, préconisée pour des ouvrages très mouillés lors d'une inondation afin d'attendre un traitement de séchage et de bloquer la germination des spores. Il faut néanmoins s'assurer que les documents touchés peuvent tolérer ce procédé.



*Infestation de locaux et du mobilier par des moisissures*



*Dépoussiérage des documents (Archives générales du Royaume)*



## II Biocides liquides

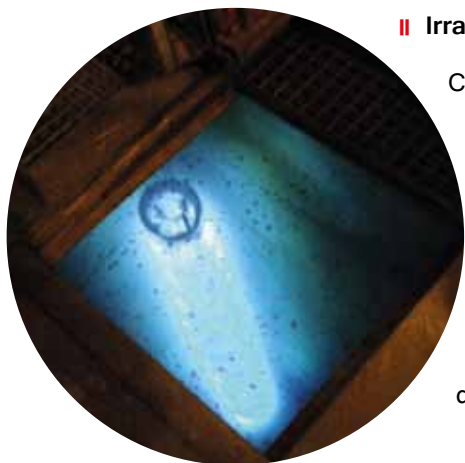
Les biocides liquide s'appliquent directement sur la surface des objets contaminés. Il faut remarquer que tous les biocides sont des réactifs chimiques capables de réagir au contact des matériaux sur lesquels ils sont appliqués et de les altérer. En outre, tous les biocides sont toxiques à des degrés divers. Il est dès lors préférable de ne pas utiliser ce type de traitement curatif sur les archives.

## II Fumigation à l'oxyde d'éthylène

Ce traitement consiste à exposer les moisissures à la fumée ou à la vapeur produite par une substance biocide. Il offre l'avantage de ne pas obliger à manipuler chaque pièce individuellement et d'être par conséquent peu coûteux en termes de temps de travail. Mais ce traitement de masse provoque des altérations aux documents et constitue un danger toxique pour l'homme et l'environnement. Il ne doit en aucun cas être effectué par du personnel non qualifié et non autorisé. Différents produits tels que le bromure de méthyle ou encore le thymol n'offrant qu'une efficacité relative contre les moisissures ont été longtemps utilisés jusqu'à ce que leur toxicité pour l'homme et leur nocivité pour les documents ne soient avérées.

Initialement utilisé pour la fumigation des céréales, puis la stérilisation gazeuse pour les produits pharmaceutiques et chirurgicaux sensibles à la chaleur, l'oxyde d'éthylène constitue le seul produit chimique efficace pour éradiquer des moisissures. Les documents qui ont subi ce type de traitement dégagent de l'oxyde d'éthylène dans l'atmosphère pendant des périodes qui peuvent aller jusqu'à trois mois. La désorption et la ventilation doivent être dès lors contrôlées avec soin. L'oxyde d'éthylène étant classé cancérigène pour l'homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer, l'utilisation en est interdite dans bon nombre de pays.

## II Irradiation par rayons gamma



Cette technique qui utilise la désintégration nucléaire de radioéléments est connue pour son pouvoir pénétrant et son action désinfectante et désinsectisante. Agissant sur une cellule vivante, elle provoque dans la molécule d'ADN des lésions qui sont à l'origine de la mort de la cellule. Cependant les doses nécessaires pour obtenir la destruction complète des moisissures (12 kilogray [kGy]) sur des documents doivent être si élevées qu'elles produisent des modifications chimiques de la cellulose. Il est dès lors indispensable de veiller à ce que les sociétés qui appliquent ce type traitement ne dépassent pas les doses indiquées. Il est donc préférable d'éviter ce type de traitement.

Source d'irradiation au Cobalt 60 (Isotron Nederland B.V. , Ede)

### CONSEIL

- II L'entreprise à laquelle le travail de sauvetage et de séchage des biens est confié doit attester par écrit que grâce à son intervention, toute contamination par des moisissures est éradiquée. Au cas où des moisissures seraient constatées après le traitement, l'entreprise doit s'engager à prendre en charge les frais supplémentaires qu'un nouveau traitement occasionnerait.

## MIEUX VAUT PRÉVENIR QUE GUÉRIR

Tout traitement curatif est une opération ponctuelle qui n'évite pas une nouvelle contamination si les documents sont remis dans des conditions impropres à leur bonne conservation. Il est en outre très difficile de se débarrasser des spores ou de les rendre inactives. Il importe dès lors d'agir sur les facteurs qui favorisent l'apparition et le développement des moisissures, à savoir : la présence de spores de moisissures, l'existence d'une source d'éléments nutritifs, une humidité suffisante, une température convenable pour une certaine variété de moisissures et une faible circulation de l'air. On sera donc attentif aux éléments suivants :

### a. L'implantation et l'architecture des bâtiments

- Pour le choix d'un bâtiment devant conserver des documents, éviter un site comportant des risques d'inondations naturelles. Sinon veiller à rendre le bâtiment imperméable depuis le sol jusqu'à la hauteur voulue.
- Tenir compte des possibilités d'aménagements architecturaux permettant d'influer sur la température et la ventilation.
- Veiller à ne pas placer des documents à proximité d'une centrale de traitement d'air nécessitant une consommation importante d'eau.
- Revêtir le béton d'une peinture antistatique ou de tout autre matériau ne retenant pas la poussière et pouvant se nettoyer facilement.
- Ne pas intégrer les câbles, goulottes ou canalisations dans la structure. Sinon isoler les tuyaux de chauffage.
- Vérifier les jointures et la qualité des matériaux de plomberie et des conduites d'eau.
- Porter une attention particulière à l'étanchéité de la toiture, des gouttières, des fenêtres et des portes extérieures.
- Placer judicieusement en nombre suffisant des vannes et valves de contrôle pour les tuyaux et conduites d'eau afin de pouvoir rapidement atteindre les arrivées d'eau en cas d'incident.

### b. Le contrôle de l'air à l'intérieur des bâtiments

- Maintenir de manière constante la température de 16°C à 18°C dans les lieux de conservation.
- Maintenir de manière constante une humidité relative à un taux de 50 % dans les lieux de conservation (avec une variation acceptable de 5 % en plus ou en moins).
- Utiliser des appareils de mesure précis, fiables et pouvant être étalonnés périodiquement.
- Veiller à un bon brassage de l'air afin de maintenir les conditions thermo-hygrométriques désirées, mais également afin d'éviter un confinement propice au développement des micro-organismes.
- Si les locaux sont dotés d'un système de climatisation, veiller au bon fonctionnement de celui-ci car à la moindre panne, même de courte durée, les conditions thermiques et hygrométriques peuvent rapidement devenir catastrophiques.
- Effectuer le nettoyage périodique des humidificateurs et déshumidificateurs, des climatiseurs et des appareils de filtration d'air.

*Rayonnages de boîtes d'archives (Archives de l'État à Beveren)*



### c. L'aménagement des rayonnages

- Disposer les rayonnages d'archives de manière à laisser un espace suffisant pour les mouvements du personnel, à permettre la bonne circulation de l'air et à ne pas toucher les murs extérieurs afin d'empêcher que la condensation de l'humidité sur le mur ne provoque l'apparition d'un micro-climat. Idéalement, les travées doivent être espacées de 80 cm, se trouver à 20 cm des murs extérieurs et des radiateurs, à 10 cm des murs intérieurs, à 10 cm des plafonds, à 20 cm des dispositifs d'éclairage et à 50 cm des portes, fenêtres et autres ouvertures.
- Veiller à ce que la disposition et structure des rayonnages ne rendent aucun recoin inaccessible.
- Éviter de placer les rayonnages d'archives sous les canalisations.

#### d. Le conditionnement et la gestion des documents

- Conditionner les documents à l'aide de boîtes afin de les protéger contre l'eau et la poussière.
- Stocker à l'abri de l'humidité et des poussières les matériaux de conditionnement et veiller à ce que les documents soient secs au moment de leur conditionnement.
- Examiner soigneusement les dons, acquisitions et retour de prêt de documents.



*Placement d'archives dans une boîte non acide (Archives de l'État à Beveren)*

#### e. L'entretien des locaux, rayonnages et documents

- Nettoyer plusieurs fois par an, à l'aide de chiffons humides, les sols et les rayonnages d'archives vidés de leurs archives.
- Nettoyer une fois tous les trois ans les sols, les cloisons, les rayonnages et les boîtes d'archives à l'aide d'un aspirateur à filtre HEPA car la poussière véhicule des spores, absorbe l'humidité de l'air et contient des nutriments nécessaires à la croissance des moisissures.

### UNE VIGILANCE CONSTANTE EST DE MISE

Être sans cesse vigilant car « l'ennemi » est toujours en embuscade ! C'est pourquoi, nous vous conseillons d'inclure dans votre plan de management et dans vos procédures internes les mesures récurrentes suivantes :

#### a. Des contrôles réguliers

Procéder à des inspections périodiques et systématiques des locaux et des documents en ce compris les endroits peu fréquentés.



*Poussière accumulée pendant plusieurs années sur des documents*

#### b. Management

- Rédiger un règlement intérieur sur la chaîne de traitement des documents entrants.
- Tenir un cahier de contrôle sanitaire.
- Nommer un responsable en charge du *reporting* des contrôles effectués sur l'environnement et les documents.
- Former le personnel à la reconnaissance des moisissures, à l'analyse des risques et à la connaissance des actions curatives et préventives.
- Établir un plan d'intervention en cas de catastrophe qui tienne compte du facteur « moisissures ».



## QUE FAIRE EN CAS D'INONDATION

Lors des travaux de sauvetage, il faut agir aussi vite que possible afin d'éviter la croissance de micro-organismes, qui risquerait d'aggraver l'étendue des dégâts.

Il importe d'abord d'évacuer au plus vite l'eau de tout le bâtiment et d'identifier les parties du bâtiment qui peuvent être utilisées comme zones de conservation temporaire pour des opérations de sauvetage. Les documents ne doivent pas être placés dans des conteneurs fermés, mais au contraire dans un local sec et bien ventilé.

Afin de traiter les documents endommagés par l'eau, plusieurs méthodes peuvent être utilisées :

### Le séchage à l'air

Le séchage à l'air constitue un procédé relativement lent, demandant de disposer d'un espace suffisant et du personnel nécessaire. Il s'agira pour les documents reliés de les disposer en éventail et pour les feuilles isolées de les placer sur une surface propre et absorbante. Les matériaux absorbants utilisés doivent être régulièrement renouvelés.

L'humidité relative de l'air ambiant doit être inférieure à celle des documents traités et la circulation de l'air suffisante pour permettre un séchage efficace. Il est conseillé de n'utiliser cette méthode que pour les documents légers ne contenant pas d'encre soluble dans l'eau.



*Séchage de documents (Atelier de restauration Sterken)*

### La congélation

En cas de sinistre majeur, la congélation constitue une réponse efficace et rapide afin de se ménager du temps, de l'espace et de la main d'œuvre. Le froid (- 18°C) tue les moisissures en phase de croissance. Les filaments gèlent et se brisent, mais pas nécessairement les spores dont certaines peuvent supporter des températures froides et demeurer viables. La congélation permet également d'empêcher que l'encre des documents imbibés d'eau ne continue à couler. Les documents peuvent rester congelés pendant des mois, si cela est nécessaire, en attendant que des décisions soient prises au sujet de leurs modalités de séchage et de traitement.

Pour mener à bien cette opération, il est conseillé de recourir aux services de restaurateurs qualifiés.

Pour éviter la prolifération des moisissures, il est préférable d'opérer la congélation des documents dans les 48 heures et que cette dernière s'effectue à grande vitesse.

Avant de congeler, il faut placer les documents dans des sacs ou des pochettes de plastique fixés hermétiquement à l'aide de ruban adhésif afin d'éviter qu'ils ne forment un bloc solide et homogène.



*Conditionnement d'un document pour la congélation*

### La lyophilisation

Cette méthode consiste à sécher un corps imbibé d'eau par l'action conjuguée du froid et du vide. L'extraction de l'eau se fait par sublimation de la glace, à savoir le passage direct de la glace à l'état de vapeur. Cette méthode est la plus efficace pour sécher de grandes quantités de documents. La

lyophilisation étant réalisée par un personnel qualifié et requérant un matériel spécial (lyophilisateur) s'avère être une méthode coûteuse. Il est indispensable d'en prévoir les implications budgétaires.

#### **Le séchage sous vide**

Il s'agit d'un procédé similaire à celui de la lyophilisation, mais la température dans la chambre vide est au-dessus de zéro. L'absence d'oxygène doit en principe rendre la croissance de micro-organismes impossible. Mais cette méthode comporte malgré tout des risques de développement de moisissures et ne convient pas pour les documents contenant des encres solubles dans l'eau.

**Contactez dès le premier jour de l'inondation les Archives de l'Etat qui vous communiqueront les adresses de sociétés spécialisées dans ces méthodes de traitement.**

## POUR EN SAVOIR PLUS :

J. – M. ARNOULT (sous la direction de), *Contamination des collections et des locaux des bibliothèques par des moisissures: méthodes de détection et d'évaluation*, Paris, Ministère de la Culture et de la Communication, (<http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/biblioth/biblioth.htm>)

T. BASSET, *Dégradation biologique*, Bibliothèque national de France, avril 2009, ([http://serv21.segi.ulg.ac.be/inter/ciuf/medias/CIUF\\_ALEAS\\_24\\_04\\_09-Basset-Contamination\\_fongique-TXT.pdf](http://serv21.segi.ulg.ac.be/inter/ciuf/medias/CIUF_ALEAS_24_04_09-Basset-Contamination_fongique-TXT.pdf))

T. BASSET, *Les traitements de désinfection du patrimoine écrit*, in *Actualités de la conservation*, n° 24, juillet-décembre 2005, ([http://www.bnf.fr/pages/infopro/conservation/cn\\_act\\_num24\\_art3.htm](http://www.bnf.fr/pages/infopro/conservation/cn_act_num24_art3.htm))

A. W. BROKERHOF, *Control of Fungi and insects in Objects and Collections of Cultural Value*, Amsterdam, 1989.

A. W. BROKERHOF, B. van ZANEN et A.J.M. den TEULING, *Pluis in huis : geïntregeerde bestrijding van schimmels in archieven*, Amsterdam, 1999.

G. de BRUIN, Th. STEEMERS, A.J.M. den TEULING et B. van ZANEN, *Depothygiëne en schimmelbestrijding*, dans *Archiefbeheer in de Praktijk*, chapitre 5055.

A.-M. BRULEAUX et A. GIOVANNINI, cours : *Préservation et restauration*, Portail International Archivistique Francophone, ([http://www.piaf-archives.org/sections/volet\\_se\\_former/formation/module\\_08](http://www.piaf-archives.org/sections/volet_se_former/formation/module_08))

M. CARNIER et M. PRENEEL, *Le combat permanent contre l'eau et la poussière : Cours de base pour la conservation des archives destiné aux collaboratrices et collaborateurs des Archives de l'État*, Bruxelles, 2007.

M. CARNIER et M. PRENEEL, *(z)onder stof en (z)onder water : Basiscursus archiefbehoud voor de medewerkers van het Rijksarchief*, Bruxelles, 2007.

C. CRAIG-BULLEN, *L'accent sur la conservation: La prévention et le traitement des dommages causés par la moisissure aux documents d'archives et de bibliothèque*, dans *L'Archiviste*, numéro 112, Bibliothèque et Archives Canada, (<http://www.collectionscanada.gc.ca/publications/revue-archiviste/015002-2030-f.html>)

« *Dégâts d'eau dans les archives – que faire?* », Office fédéral de la protection de la population, Protection des biens culturels, Berne 2003, (<http://www.bevoelkerungsschutz.admin.ch/internet/bs/fr/home/themen/kgs/ausbildung.parsys.0005.downloadList.00051.DownloadFile.tmp/guidelines1f.pdf>)

J. – S. DUPUIT, *Protection et mise en valeur du patrimoine des bibliothèques : recommandations techniques*. Paris, Ministère de la Culture et de la Communication, 1998. (<http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/biblioth/biblioth.htm>)

F. FLIEDER et C. CAPDEROUE, *Sauvegarde des collections du Patrimoine : La lutte contre les détériorations biologiques*, Paris, 2000.

F. FLIEDER, R. RAMIER, M. LEROY, M. S. RAKOTONIRAINY et P. DESCALLE, *Recherches sur l'effet du rayonnement gamma pour la désinfection des papiers*, dans *Actes des deuxièmes Journées Internationales d'Études de l'ARSAG-Paris*, 16-20 mai 1994, 1994, pp. 79-86.

S. GUILD et M. MAC DONALD, *Mould prevention and collection recovery: guidelines for heritage collections*, dans *Technical Bulletin* No. 26 (2003), Canadian Conservation Institute, Ottawa.

G. LELOUP, *Locaux d'archives : Recommandations pratiques & checklist*, Archives générales du Royaume et Archives de l'État dans les provinces, Bruxelles, 2009.

G. LELOUP, *Archiefruimten : Praktische aanbevelingen & checklist*, Archives générales du Royaume et Archives de l'État dans les provinces, Bruxelles, 2009.

G. LELOUP, *Les dépôts d'archives (Locaux de conservation d'archives historiques)*, Archives générales du Royaume et Archives de l'État dans les provinces, Bruxelles, 2009.

G. LELOUP, *Archiefbewaarpplaatsen (Voor de bewaring van historisch archief)*, Archives générales du Royaume et Archives de l'État dans les provinces, Bruxelles, 2009.

A. MARTEYN et M. FAUCHEUX, *Dépoussiérage mode d'emploi*, in *Actualités de la conservation*, n° 4, juillet 1997,

([http://www.bnf.fr/pages/infopro/conservation/cn\\_act\\_num04\\_art2.htm](http://www.bnf.fr/pages/infopro/conservation/cn_act_num04_art2.htm))

J. D. MILLER, N. L. GILBERT et R. E. DALES, *Contamination fongique dans les immeubles publics : Effets sur la santé et méthodes d'évaluation*, Ministère de la Santé du Canada, 2004,

(<http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/H46-2-04-358F.pdf>)

M.-D. PARCHAS, *Stage international des archivistes. Comment faire face aux risques biologiques?*, Paris, 22 avril 2008,

(<http://www.archivesdefrance.culture.gouv.fr/static/1644>)

M. POULIN, *Les risques à la santé associés à la présence de moisissures en milieu intérieur*, Ministère de la Santé du Canada, 2002,

([http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/126\\_RisquesMoisissuresMilieuInterieur.pdf](http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/126_RisquesMoisissuresMilieuInterieur.pdf))

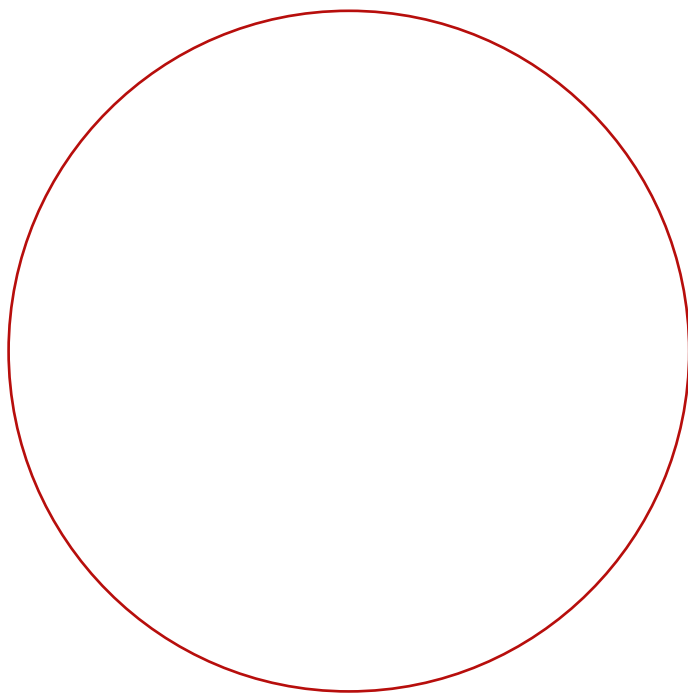
« *Principes directeurs pour la prévention et le contrôle des sinistres* », International Council on Archives, Étude 11, décembre 1997.

M. S. RAKOTONIRAINY, F. FLIEDER, M. LEROY, F. FOHRER, *La désinfection des papiers par les faisceaux d'électrons et les micro-ondes*, dans *Les documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation. Travaux du centre de Recherche sur la Conservation des Documents Graphiques 1994-1998*. Paris. Archives nationales ; La documentation Française, 1999, 159-172.

H. STINIS et G. ZWEERMAND *Schimmels in bibliotheken een gezondheidsprobleem ?* in *Tijdschrift voor Bedrijfs- en Verzekeringsgeneeskunde*, avril 2008, pp.155-158.

R. TRÉHOREL, *Désinfection à l'oxyde d'éthylène : application au patrimoine*, dans *La prévention et l'intervention en cas de sinistre dans les archives et les bibliothèques : Actes des Premières Journées sur la Conservation Préventive*, Arles, 15 et 16 mai 1995, Arles, 1999, pp. 64-68.





## Auteur

**François Antoine**, *Chef de travaux*

## Personne de contact :

**Rolande Depoortere**, *chef de section*

Archives générales du Royaume  
rue de Ruysbroeck 2-6  
1000 Bruxelles

Tél. : 02 513 76 80  
Fax : 02 513 76 81  
inspect@arch.be

Vous pouvez également  
télécharger cette brochure sur:  
[www.arch.be](http://www.arch.be)