



La Lettre de l'OCIM

Musées, Patrimoine et Culture scientifiques et techniques

138 | 2011
novembre - décembre 2011

Qualité de l'air dans les espaces de conservation : impact des moisissures sur la santé

Laure Méric



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/ocim/1484>

DOI : 10.4000/ocim.1484

ISSN : 2108-646X

Éditeur

OCIM

Édition imprimée

Date de publication : 1 novembre 2011

Pagination : 55-61

ISSN : 0994-1908

Référence électronique

Laure Méric, « Qualité de l'air dans les espaces de conservation : impact des moisissures sur la santé », *La Lettre de l'OCIM* [En ligne], 138 | 2011, mis en ligne le 01 novembre 2013, consulté le 30 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/ocim/1484> ; DOI : 10.4000/ocim.1484

Ce document a été généré automatiquement le 30 avril 2019.

Tous droits réservés

Qualité de l'air dans les espaces de conservation : impact des moisissures sur la santé

Laure Méric

**Moisissures et qualité de l'air intérieur dans les
espaces de conservation**

L'environnement d'un magasin de conservation peut être chargé en poussières d'origine variées.



© Laure Méric

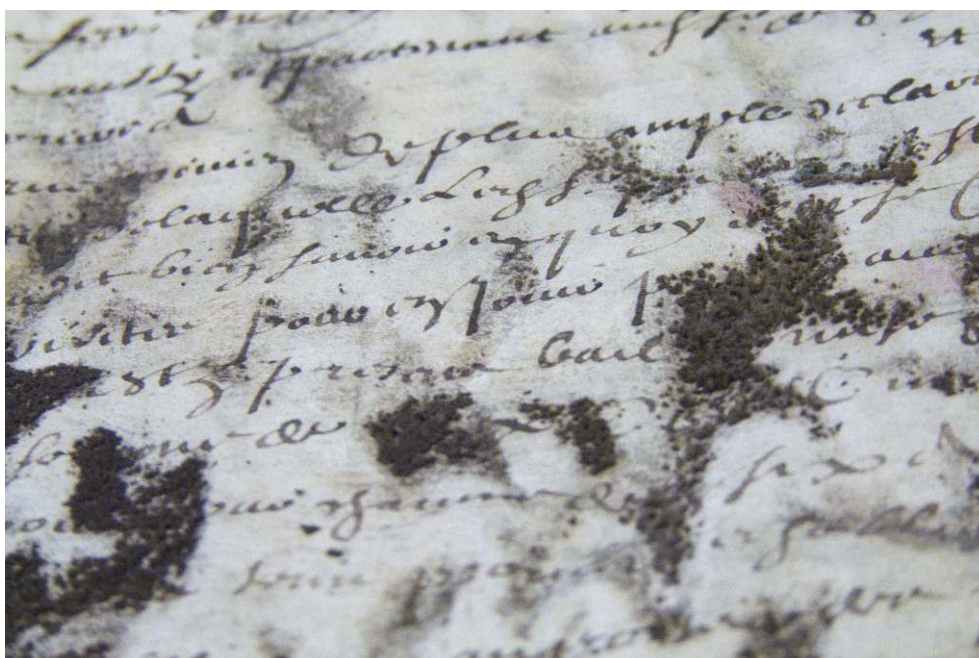
- 1 Nos missions d'audit, d'expertise et de formation dans le domaine de la conservation des documents patrimoniaux nous confronte à de nombreux cas de présence de moisissures dans les locaux d'archives, bibliothèques, musées, d'ampleurs et de causes diverses. Certaines situations sont accompagnées d'inquiétudes du personnel relatives au travail sur documents poussiéreux ou moisis. Dans un premier temps les références étaient insuffisantes, les médecins du travail confrontés à cette problématique manquaient également d'information. Aujourd'hui le contexte a nettement évolué et la question sanitaire des moisissures de notre environnement est posée par les acteurs de la santé publique.
- 2 En effet, après une focalisation sur la pollution atmosphérique et devant l'accroissement de la prévalence des allergies respiratoires et de l'asthme, on assiste à la préoccupation croissante des professionnels de santé pour la qualité de l'air intérieur (QAI), en particulier dans l'habitat mais aussi en milieu professionnel. Cet intérêt pour la qualité de l'air ambiant était déjà un sujet d'attention des professionnels de la conservation préventive, du point de vue de la santé des œuvres¹... Les substances considérées comme polluants de l'air intérieur sont de nature chimique (monoxyde de carbone, composés organiques volatils, aldéhydes, benzène...), physique (radon, particules, humidité...) ou biologique (acariens, allergènes, moisissures).
- 3 Sur les pollutions intérieures en général et sur les moisissures en particulier, nombre de données sont maintenant disponibles. L'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), qui vient de fêter ses dix ans, mène des campagnes d'études nationales et informe professionnels et grand public sur la présence de ces polluants et leurs conséquences. L'Institut National de Recherche en Sécurité (INRS) étudie et diffuse les données relatives

aux risques identifiés dans les environnements professionnels. On dispose également de documents de synthèse et de recommandations en santé publique sur les aspects sanitaires des moisissures²³⁴. L'explosion de la littérature ne masque pas le fait que de nombreuses données restent controversées et mal connues et que des travaux sont menés pour préciser l'exposition aux bioaérosols, notamment pour développer des protocoles de mesures de routine⁵.

Contaminants fongiques

- 4 La flore fongique de base, présente dans l'atmosphère extérieure – avec diverses espèces souvent ubiquistes en concentrations variables selon l'environnement (urbain ou agricole), la saison et la météo – se retrouve en partie (selon le mode d'aération des locaux) dans l'air intérieur. On peut également rencontrer une flore endogène dans les espaces intérieurs lorsqu'il y a développement de moisissures sur les objets ou les structures du local : on observe alors une augmentation des concentrations et/ou une sélection des espèces liée soit à la nature des substrats soit aux conditions thermo-hygrométriques.
- 5 Ces moisissures sont constituées d'une part d'un réseau de filaments appelé mycélium, qui se développe en conditions favorables et se désagrège après l'arrêt de la croissance, et d'autre part de spores, forme de reproduction très résistante, disséminées dans l'air et déposées sur les surfaces. Elles produisent des composés susceptibles d'avoir des effets sanitaires auxquels sont exposés le système respiratoire (les spores présentes dans l'air étant assez petites pour être inhalées) et la peau (éventuellement les yeux) : allergènes et β Glucanes présents dans toutes les structures, composés organiques volatils (COV) émis lors de la croissance, mycotoxines synthétisées dans certains cas.

Les moisissures rencontrées sur les documents sont fréquemment d'origine ancienne, mais peuvent rester allergisantes.



© Laure Méric

- 6 Si les concentrations normales affectent principalement les individus immunodéprimés ou allergiques aux moisissures, quel peut être l'effet de la manipulation de collections moisies ou d'une exposition chronique dans des salles à forte contamination ?

Effets possibles des moisissures sur la santé

- 7 Les risques pour la santé liés à l'exposition à des agents biologiques sont classés en 4 types : infectieux, immuno-allergiques, toxiques et cancérigènes ; en outre des effets irritatifs seraient attribués à certains composés fongiques.

Effets infectieux

- 8 Certains *Aspergillus* (notamment *A. fumigatus*), peuvent provoquer une pathologie grave appelée aspergillose invasive. Cette maladie redoutée dans le milieu hospitalier concerne essentiellement les personnes sévèrement immunodéprimées et peut heureusement être écartée dans notre contexte.

Effets immuno-allergiques

- 9 Les manifestations allergiques et immunologiques (hypersensibilité) sont les plus fréquemment mentionnées et le moins mises en doute. Les allergènes fongiques peuvent déclencher ou aggraver asthme allergique, rhinite allergique, sinusite allergique, conjonctivite, dermatite... ; la plupart des moisissures sont concernées, avec une prédominance des genres *Alternaria* et *Cladosporium*.
- 10 Ces symptômes touchent particulièrement les personnes allergiques et atopiques mais pas exclusivement. Une forte exposition à des particules organiques peut provoquer affections inflammatoires des voies respiratoires appelées pneumopathies d'hypersensibilité ou alvéolites allergiques extrinsèques. Ces maladies sont reconnues surtout en milieu du travail, sous divers noms évocateurs, dont la « fièvre des humidificateurs » liée au développement de microorganismes dans les systèmes de traitement d'air mal entretenus ; la responsabilité des endotoxines bactériennes semble prédominante par rapport à celle des moisissures.

Effets toxiques et cancérigènes

- 11 De nombreuses moisissures peuvent produire des mycotoxines, connues surtout pour leur toxicité par voie alimentaire et dont les effets par voie respiratoire ou cutanée sont encore mal connus. Elles pourraient être responsables, à la suite d'expositions répétées, de symptômes généraux ou systémiques (voir encadré ci-contre).

Effets irritatifs

- 12 Des symptômes d'irritation ORL (irritation des muqueuses (yeux, nez, gorge), congestion nasale, voix rauque, symptômes s'apparentant à des rhumes ou à des gripes à répétition) ont souvent été mentionnés et pourraient être dus à l'action de substances produites par les moisissures : les $\beta(1-3)$ glucanes (composant des parois cellulaires) d'une part et les

composés organiques volatils (produits lors de la croissance et responsables de l'odeur de moisis) d'autre part pourrait provoquer des irritations mécaniques, mais leurs mécanismes d'action ne sont pas élucidés et la possibilité des effets des COV fongiques est controversée. Les mycotoxines éventuellement présentes pourraient également être responsables d'irritations chimiques.

Le traitement des collections sinistrées insalubres exige l'organisation de mesures de précaution.



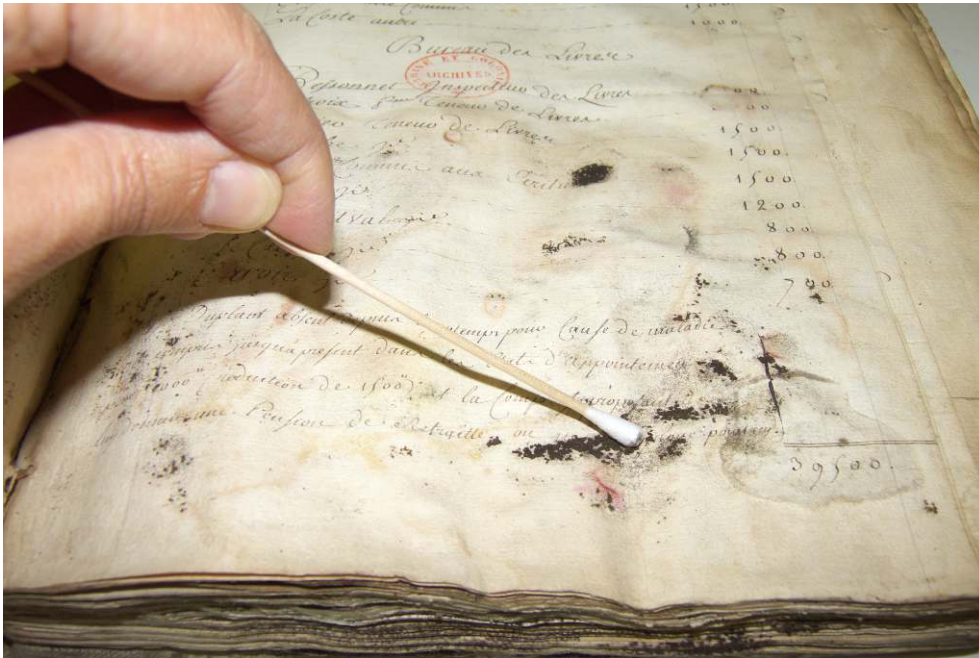
© Laure Méric

- 13 Selon la conclusion du groupe de travail sur les moisissures de l'Institut National de Santé Publique du Québec, « la fréquence et la sévérité des atteintes varient selon le type de problème de santé : le risque d'irritation et de symptômes respiratoires non spécifiques, qui sont généralement de peu à modérément sévères, est celui qui touche le plus fréquemment la population exposée ; le risque de réactions allergiques et asthmatiques, problèmes de santé pouvant être occasionnellement sévères, ne touche que les sujets prédisposés à l'atopie ; les réactions d'hypersensibilité, qui sont souvent sévères, sont pour l'instant peu souvent rapportées en milieu résidentiel et en milieu de travail non industriel ».

Variabilité et limites

- 14 Les effets des moisissures mentionnés ci-dessus sont documentés à partir d'études de cas médicaux. Certains sont bien connus mais il reste nombre d'incertitudes, de contestations et de freins, et les relations de cause à effet entre exposition et problème de santé sont parfois difficiles à établir.

La moisissure prélevée par frottis sera mise en culture pour vérifier la viabilité des spores et le cas échéant les identifier.



© Laure Méric

- 15 Une première série de difficultés sur lesquelles tous s'accordent est que les effets déclenchés chez les personnes exposées sont fortement dépendants :
 - de la nature des agents fongiques en cause (espèces),
 - de leur concentration,
 - du mode et de la durée d'exposition,
 - de la susceptibilité des individus exposés : le seuil de réactivité varie d'un individu à l'autre et selon le type de moisissure pour un même individu.
- 16 En outre les études épidémiologiques sur les bioaérosols sont rendues complexes par trois facteurs principaux qui sont :
 - le manque de standardisation des mesures de contaminants qui rend difficile la caractérisation de l'exposition ;
 - la présence concomitante de plusieurs agents dans l'environnement (difficulté de mesurer tous les facteurs, méconnaissance des synergies possibles...);
 - le peu de spécificité des symptômes (respiratoires ou généraux), qui complique le diagnostic.
- 17 Des travaux *in vitro* précisent les mécanismes d'action des composés sur la physiologie, mais sont insuffisants pour quantifier les effets sanitaires des contaminants environnementaux et établir un lien entre niveau d'exposition et symptômes. La plupart du temps on ne connaît pas de relation dose-réponse ni de seuil d'exposition sécuritaire en dessous duquel le risque serait négligeable, contrairement aux produits chimiques pour lesquels on a établi des doses limite d'exposition.

Mesurer l'exposition : Détecter, Quantifier, Identifier

- 18 En conservation, des techniques de détection, quantification et identification des moisissures sont mises en œuvre pour guider le choix des interventions. Les éléments recherchés lors d'une étude épidémiologique ou d'un diagnostic médical peuvent être différents.
- 19 Les analyses microbiologiques de surface et de l'air permettent la quantification et l'identification des spores viables, mais toutes les spores n'ont pas le même pouvoir de développement et le résultat dépend des paramètres de culture. Les techniques d'identification par biologie moléculaire ne sont pas encore de pratique courante. Pour étudier les impacts sanitaires, la fraction des moisissures cultivables est insuffisante, puisque les spores non viables restent allergisantes et que certains effets peuvent être imputés aux métabolites (β Glucanes, COV, mycotoxines). Des mesures biochimiques complémentaires sont donc nécessaires. Le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) a mis au point une méthode de détection de COV spécifiques des moisissures, considérés comme un indice des moisissures cachées potentiellement pathogènes. Des procédés de dosage des indicateurs de biomasse fongique comme l'ergostérol ou les β Glucanes, ou encore les mycotoxines, aident à la caractérisation des biocontaminants et la compréhension des phénomènes, mais sont encore peu disponibles pour les études de routine.
- 20 Au-delà des techniques utilisées, la stratégie d'échantillonnage est capitale. Devant le manque de données de références et la grande instabilité des bioaérosols, il est recommandé de réaliser des mesures comparatives, entre la zone « suspecte » et une zone voisine, et avec l'extérieur. Il est également utile d'effectuer des prélèvements « en situation », par exemple pendant la manipulation d'objets moisissés pour estimer l'exposition réelle des personnes. Du point de vue du diagnostic, il faudra encore faire le lien entre les espèces repérées et les espèces à risque (de dégradation des œuvres ou pathogène) et toutes les données contextuelles complémentaires seront utiles pour l'interprétation.
- 21 Alors que l'AFNOR développe une série de normes pour l'échantillonnage, la détection et le dénombrement des moisissures, les acteurs de la recherche sur l'exposition environnementale estiment que les techniques d'étude des bioaérosols et composés biochimiques ne sont pas suffisamment standardisées pour des mesures de routine.

Réduire l'exposition : Prévenir, Corriger, Protéger

- 22 Devant ce risque plus ou moins bien défini, la priorité reste la prévention par la réduction de l'exposition aux moisissures. Dans les établissements de conservation, cette prévention comprend trois volets : *prévention* de la prolifération des moisissures ; *correction* en cas de contamination ; *protection* des intervenants. Ces points sont développés dans l'article précédent, nous rappelons l'essentiel.

Prévenir

- 23 La prévention des développements de moisissures dans les espaces de conservation est assurée efficacement par : la réduction de la flore en présence et plus généralement des poussières, c'est-à-dire l'entretien des locaux et des systèmes de conditionnement d'air, la filtration de l'air entrant, ainsi que l'entretien des collections et particulièrement des acquisitions ; le maintien de l'hygrométrie ambiante en dessous de 60 % HR et la surveillance des périodes à risque ; la prévention des dégâts des eaux (maintenance) et la réaction rapide en cas de sinistre (surveillance et plan d'urgence). Ces éléments de prévention sont constitutifs des bonnes pratiques de conservation préventive.

La protection individuelle limite efficacement l'exposition lors du traitement de documents moisissés ou poussiéreux.



© Laure Méric

Corriger

- 24 En cas de présence avérée de moisissures, il faudra stopper le développement puis éliminer les moisissures en présence (sur les collections et/ou dans les locaux) sans oublier de corriger les anomalies à l'origine du problème.

Protéger

- 25 On veillera également à contenir la contamination en limitant la dissémination des spores : mesures de confinement, isolement des collections touchées, contrôle de la ventilation.

- 26 La réduction de l'exposition des individus sera complétée selon la gravité de la situation : dans tous les cas de manipulation de collections moisies ou poussiéreuses, il devra être proposé une protection individuelle (gants jetables, blouse lavable ou combinaison jetable, masque filtrant, lunettes). Si nécessaire, la contamination de l'ambiance de travail peut être réduite par l'utilisation d'appareils mobiles de destruction des microorganismes aéropartés (du type Plasmair, voir l'article de Tony Basset). Ces mesures peuvent être mises en œuvre sous la responsabilité du comité hygiène et sécurité et/ou du médecin du travail : l'avis de ce dernier peut être sollicité dans tous les cas et son intervention est recommandée en cas de sinistre important pour assurer une surveillance médicale et pour l'éviction des personnes présentant une sensibilité avérée.
- 27 Enfin on gardera à l'esprit que le risque pour l'homme n'est pas le même que pour les collections et que les allergènes et mycotoxines peuvent persister sur les structures fongiques inactivées.

Conclusion

- 28 La caractérisation des composantes sanitaires de l'environnement fongique reste complexe et des incertitudes demeurent notamment sur le rôle des mycotoxines. La difficulté de prédire les effets et donc d'énoncer des recommandations est notamment liée à la susceptibilité très variable des individus. Les niveaux de contamination habituels ne sont pas dangereux pour la majorité de la population. Les bonnes pratiques de conservation sont souvent suffisantes pour garantir la santé des hommes en même temps que celle des collections, même si la préoccupation sanitaire peut imposer des précautions complémentaires, comme l'éviction des personnes sensibles voire exceptionnellement la fermeture des locaux. La priorité doit être donnée à la prévention (hygiène, entretien, contrôle de l'environnement) et à la protection des individus. Les situations de sinistre requièrent une vigilance particulière. Il convient en cas de doute de faire appel aux spécialistes : biologistes, comité hygiène et sécurité et médecin du travail, de mieux en mieux informés des risques réels et à même de proposer les mesures nécessaires à la protection de la santé de tous.

Les Mycotoxines

- 29 Les effets possibles des mycotoxines potentiellement présentes dans l'environnement font actuellement l'objet d'interrogations et d'investigations.
- 30 Ces composés sont définis comme des métabolites secondaires des moisissures présentant un risque potentiel pour la santé de l'homme et les animaux, risque identifié principalement par voie alimentaire. On en connaît plusieurs centaines, produites seulement dans certaines conditions environnementales plus ou moins bien identifiées (principalement en conditions d'humidité très élevée). Ainsi une moisissure peut sécréter ou non différentes mycotoxines selon le substrat et les facteurs environnementaux locaux et une même mycotoxine peut être produite par plusieurs espèces différentes. Elles sont présentes dans le mycélium et dans les spores et excrétées dans leur substrat, où elles peuvent persister.
- 31 Les plus néfastes du point de vue alimentaire sont produites notamment par certaines espèces d'*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*. Leurs effets sont principalement de type

mutagène, cancérigène, hépatotoxique, immunotoxique, neurotoxique, hématotoxique. C'est pourquoi les produits cultivés sont soumis à des teneurs réglementaires limitées en mycotoxines.

- 32 En milieu professionnel, la question se pose des effets d'une exposition par voie cutanée ou respiratoire mais peu de données existent à l'heure actuelle. Cette toxicité a été démontrée expérimentalement sur les animaux, avec des effets locaux (poumons, peau), à distance (foie, rein), ou systémiques (vomissements, léthargie...). Ces données sont toutefois difficiles à extrapoler aux conditions d'exposition professionnelle de l'homme (notamment à cause de la complexité du milieu), et les relations dose-réponse ne sont pas établies. En atmosphère de travail, les doses connues pour provoquer des effets aigus n'ont été rencontrées qu'en milieu agricole et industriel ainsi que dans des bâtiments « endommagés par l'eau ».
- 33 Les chercheurs s'interrogent sur l'influence de l'exposition chronique à de faibles doses car les concentrations de mycotoxines dans l'air à partir desquelles des effets sur la santé peuvent être observés ne sont pas connues. Les travaux se concentrent notamment sur la mise au point de techniques permettant de préciser les niveaux d'exposition et de développer des études épidémiologiques. Dans le domaine de la conservation, le Centre de Recherche sur la Conservation des Collections mène actuellement une étude visant à développer une méthode d'identification et de quantification des mycotoxines présentes dans des supports papier moisissés, et évaluer leur toxicité *in vitro*⁶.
- 34 Gita Brochard estime que dans l'état actuel des connaissances, le risque professionnel lié à l'exposition aux mycotoxines « ne doit pas être surestimé, mais il ne paraît pas raisonnable d'attendre des arguments scientifiques indiscutables pour prendre des mesures de prévention »⁷.

Syndromes collectifs inexplicables et syndrome des bâtiments malsains

- 35 Les moisissures ont également été suspectées d'être à l'origine de symptômes aux causes multiples et pas toujours bien élucidées, comme le *Sick Building Syndrom* (syndrome des bâtiments malsains) ou SBS.
- 36 Le SBS, défini par l'OMS en 1982, désigne un ensemble de symptômes non spécifiques (oculaires, ORL, neurosensoriels et généraux) présentés consécutivement par plusieurs personnes occupant un même bâtiment. L'origine est complexe, souvent multifactorielle, les causes évoquées étant les facteurs physiques, chimiques, biologiques répertoriés comme polluants ou nuisances des milieux intérieurs mais aussi des facteurs psychologiques et socio-organisationnels. Ces phénomènes ne sont pas graves en terme de santé, mais préoccupants pour les dysfonctionnements qu'ils occasionnent.
- 37 L'INVS, qui a récemment publié un guide de prise en charge de ces situations, suggère d'employer le terme de « Syndrome collectif inexplicable » tant que le lien avec le bâtiment n'est pas établi⁸.

BIBLIOGRAPHIE

Boutin-Forzano, S. *et al.* Moisissures domestiques, mycotoxines et risques sanitaires, *Environnement, Risques & Santé*, vol. 5, n° 5, 2006, pp. 383-389.

Biodétérioration et désinfection des collections d'archives et de bibliothèques, actes des deuxièmes journées sur la conservation préventive. Arles : Centre de conservation du livre, 1996, 161 p.

Flieder, F. et Capderou, C. *Sauvegarde des collections du Patrimoine : la lutte contre les détériorations biologiques.* Paris : CNRS, 1999. 256 p.

Florian, M.-L. E. *Fungal facts : solving fungal problems in heritage collections.* London : Archetype publications, 2002, 146 p.

Guild, S. et MacDonald, M. *Prévention des moisissures et récupération des collections : Lignes directrices pour les collections du patrimoine.* Ottawa : Institut Canadien de Conservation, Bulletin Technique n° 26, 2004.

Host, S. *et al.* *Effets sanitaires des moisissures dans l'habitat. L'enquête Esmha, pilote d'une étude épidémiologique.* Observatoire Régional de Santé d'Île-de-France, 2010, 12 p.

Parchas, M.-D. *Comment faire face aux risques biologiques ?* Paris : Direction des Archives de France, 2008 (www.archivesdefrance.culture.gouv.fr).

Reboux, G. *et al.* Moisissures et habitat : risques pour la santé et espèces impliquées, *Revue des Maladies Respiratoires*, n° 27, 2010, pp. 169-179.

Sites Internet sur les moisissures

Base MYCOTA du Centre de recherche sur la conservation des collections : <http://mycota-crcc.mnhn.fr/>

Fiches moisissures de l'Institut national de Santé publique du Québec : www.inspq.qc.ca/moisissures/default_fiches.asp

Site de l'Institut scientifique de Santé publique Belge : <http://indoorpol.wiv-isp.be/sites/indoorpol/fr>

NOTES

1. Indoor Air Quality in Museums, www.iaq.dk
2. Groupe de travail Moisissures dans l'habitat du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France *Contaminations fongiques en milieux intérieurs : Diagnostic. Effets sur la santé respiratoire. Conduites à tenir.* 2006, 101 p.
3. Organisation Mondiale de la Santé, *WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould.* 2009 , 228 p.
4. Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels et Laboratoire de santé publique du Québec, Institut national de Santé publique du Québec, *Les risques à la santé associés à la présence de moisissures en milieu intérieur.* 2002, 166 p.
5. Un bioaérosol est l'ensemble des particules d'origine biologique en suspension dans l'air, de nature virale, bactérienne ou fongique.

6. www.crcc.cnrs.fr/spip.php?rubrique59

7. Brochard, G. *Mycotoxines en milieu de travail*. Thèse de doctorat en Médecine, université René Descartes, 2005, 2012 p ; Brochard, G. et Le Bâcle, C. *Mycotoxines en milieu de travail. II. Exposition, risques, prévention*. INRS, dossiers médico-techniques, 2010.

8. Institut national de veille sanitaire. *Guide pour le diagnostic et la prise en charge des syndromes collectifs inexplicables*. 2010, 101 p ; *Guide de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public*. 2010, 78 p.

RÉSUMÉS

L'étude des environnements de conservation combinée à l'analyse des données disponibles dans les publications consacrées aux effets toxiques des moisissures sur l'homme permettent de faire le point sur l'état des connaissances médicales actuelles, de dresser la liste des mesures de prévention et de protection destinées à garantir à la fois la santé des hommes et celle des collections muséales.

INDEX

Mots-clés : conservation, moisissure

AUTEUR

LAURE MÉRIC

Biologiste expert au CICRP à Marseille
meric.laure@gmail.com