



HAL
open science

Évaluation de la contamination fongique de dix centres d'archives en France

Sandrine Roussel, Gabriel Reboux, Marie-Dominique Parchas, L Millon,
Malalanirina S Rakotonirainy

► **To cite this version:**

Sandrine Roussel, Gabriel Reboux, Marie-Dominique Parchas, L Millon, Malalanirina S Rakotonirainy. Évaluation de la contamination fongique de dix centres d'archives en France. Sciences des matériaux du patrimoine culturel, 2012, Paris, France. hal-02947984

HAL Id: hal-02947984

<https://hal.science/hal-02947984>

Submitted on 29 Sep 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Évaluation de la contamination fongique de dix centres d'archives en France

Fungal contamination of ten French archives

Sandrine Roussel¹, Gabriel Reboux¹, Marie-Dominique Parchas², L. Millon¹, Malalanirina S. Rakotonirainy³

1. Laboratoire de chrono-environnement, UMR 6249 CNRS / Université de Franche-Comté, Besançon

2. Direction générale des patrimoines, Service interministériel des Archives de France, bureau des traitements et de la conservation, Paris

3. Centre de recherche sur la conservation des collections (CRCC), USR 3224 MNHN / CNRS / MCC, Paris

Responsable du projet : Malalanirina S. Rakotonirainy, malalanirina.rakotonirainy@mnhn.fr

Projet sélectionné par le PNRCC en 2008

Résumé

Les moisissures qui dégradent les documents dans les centres d'archives peuvent avoir un impact sur la santé du personnel, selon les niveaux d'exposition, les espèces présentes et les facteurs individuels. L'objectif de cette étude était d'identifier et de quantifier les moisissures présentes dans les archives et d'établir si possible un lien avec les symptômes ressentis par le personnel. Des prélèvements d'air, de surfaces et de documents ont été réalisés dans dix centres d'archives. Les symptômes de type allergique ont été recueillis par un auto-questionnaire de santé. Les trois principales moisissures isolées des prélèvements étaient *Penicillium chrysogenum*, *Cladosporium sphaerospermum* et *Aspergillus versicolor*. La médiane des concentrations dans l'air des magasins était de 30 à 465 UFC/m³. Ainsi, les archives ne sont pas des environnements plus contaminés que des logements « standards », sauf pour environ 3 % des magasins de stockage qui doivent alors être gérés individuellement (> 1 000 UFC/m³). Les personnes travaillant directement au contact des documents moisissés ont montré un risque accru d'irritation oculaire. Cette étude a permis l'évaluation de la contamination fongique d'un environnement peu étudié et la comparaison de différentes méthodes de prélèvements dans les archives.

Mots clés : moisissures, archives, humidité, allergies, conservation du patrimoine

Abstract

Fungi that damage documents in archives may harm workers' health, depending on which mold species are inhaled, the concentrations of fungal species inhaled, and individual factors. Our aim was to identify and quantify fungi in archives and to investigate possible links with the symptoms experienced by workers. In ten French archives, air, surfaces and documents samples were done. Allergies symptoms felt by workers were reported using a self-report questionnaire. Penicillium chrysogenum, Cladosporium sphaerospermum and Aspergillus versicolor were the three main species isolated. Median fungal concentrations in storage areas were ranged from 30 to 465 CFU/m³. In this way, archives aren't more contaminated than standard houses, except for 3 % of storage areas which need particular examination. However, workers in contact with moldy documents reported more eyes irritation. This study provides microbiological data in an environment few studied and comparison for different sampling methods.

Keywords: fungi, archives, humidity, allergies, conservation of cultural heritage

Introduction

La masse d'archives à conserver en France et dans le monde est immense et augmente tous les jours. Ces documents sont soumis à de multiples agressions et la présence de moisissures est l'un des problèmes les plus récurrents. En effet, ces micro-organismes peuvent détériorer, dégrader, voire détruire les matériaux constitutifs des documents qui, de part leur nature organique, sont des substrats idéaux pour leur développement. Si on se préoccupe souvent de la conservation des collections et des dommages que peut entraîner la présence de moisissures, leurs éventuelles actions sur les utilisateurs sont rarement prises en compte. En effet, les moisissures sont néfastes pour la santé et peuvent causer un large éventail de pathologies parmi lesquelles les manifestations allergiques occupent une place prépondérante [1, 2]. Dans le souci de l'amélioration sanitaire de l'environnement des collections, du personnel mais aussi des lecteurs dans les centres d'archivages, nous avons évalué la contamination microbiologique de dix centres d'archives répartis dans différentes régions de France, ainsi que les symptômes ressentis par leur personnel.

Méthodologie

Dans chaque centre, des prélèvements d'air (par impaction), de surface (par écouvillonnage) et de fragments de documents fortement détériorés sont réalisés pour évaluer la contamination microbiologique. Les prélèvements sont analysés par ensemencement sur quatre milieux de culture (Malt Agar supplémenté en NaCl et Chloramphénicol incubé à 15 °C, Malt Agar supplémenté en Chloramphénicol à 20 °C, Dichloran-glycerol à 30 °C et un milieu composé de 0,5 % de cellulose incubé à 15 °C). L'identification des souches développées est réalisée après 5, 7, 15 et 21 jours d'incubation. Les résultats sont exprimés en « unité formant colonies » (UFC) par mètre cube d'air (UFC/m³) ou par centimètre carré (UFC/cm²). Dans chaque centre sont distribués des auto-questionnaires de santé principalement axés sur les problèmes d'allergies.

Résultats

Selon les centres et au jour de la visite, la température dans les magasins était comprise entre 14 et 24 °C et l'humidité relative entre 35,5 et 44 %. L'origine des problèmes de contamination rencontrés était : inondation (6 centres), dysfonctionnement du système de climatisation (1 centre), problème de construction du bâtiment (1 centre) ou présence de moisissures sur les documents au moment de leur versement aux archives (2 centres).

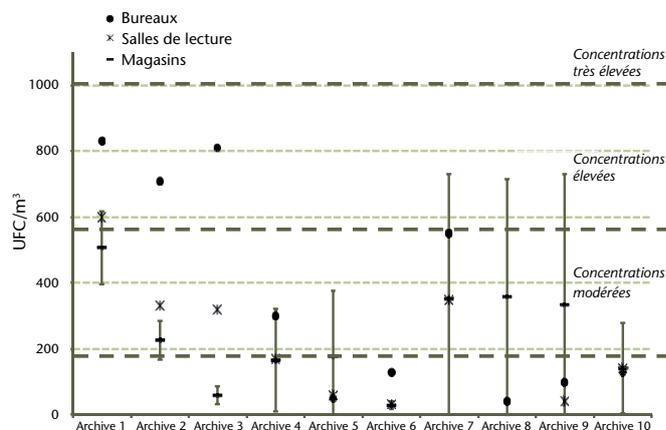
Prélèvements d'air

Profils de la contamination fongique globale de l'air

Au total, pour l'ensemble des 10 centres, les prélèvements d'air sont réalisés dans 148 magasins d'archives et 37 autres pièces (salles de lecture, bureaux, ateliers, salles de tri, remises). Les espèces les plus fréquemment collectées sont

▼ **Tableau 1.** Fréquence des différentes moisissures dans les prélèvements. Seules les espèces présentes dans au moins 5 prélèvements ont été rapportées. Quarante-trois autres espèces ont été isolées des prélèvements.

Espèces	Air (n=185)	Écouvillons (n=251)	Documents (n=36)
Espèces présentes dans plus de 5 % des prélèvements			
<i>Penicillium chrysogenum</i>	114	101	15
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	119	31	2
<i>Aspergillus versicolor</i>	59	31	14
<i>Eurotium spp.</i>	31	21	3
<i>Alternaria spp.</i>	37	18	0
Levures	36	8	0
<i>Rhodotorula sp.</i>	33	10	0
<i>Aspergillus niger</i>	12	4	9
Basidiomycetes	29	8	0
<i>Penicillium crustosum</i>	5	1	17
<i>Wallemia sebi</i>	31	2	1
<i>Aspergillus fumigatus</i>	14	10	5
<i>Penicillium corylophilum</i>	16	11	0
<i>Aureobasidium pullulans</i>	17	5	0
<i>Mycelia sterila</i>	19	7	0
Espèces présentes dans moins de 5 % des prélèvements			
<i>Acremonium spp.</i>	17	2	1
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	17	5	0
<i>Ulocladium spp.</i>	10	9	0
<i>Penicillium spp.</i>	11	2	3
<i>Rhizopus spp.</i>	8	6	0
<i>Trichoderma spp.</i>	4	9	0
Dematiaceae	12	3	1
<i>Cladosporium herbarum</i>	11	4	0
<i>Stachybotrys chartarum</i>	1	4	11
<i>Penicillium citreonigrum</i>	2	2	3
<i>Penicillium citrinum</i>	7	2	0
<i>Rhodotorula glutinis</i>	5	4	0
<i>Aspergillus ochraceus</i>	7	1	0
<i>Aspergillus chevalieri</i>	5	3	0
<i>Chaetomium globosum</i>	1	5	1
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	2	1	0
<i>Botrytis cinerea</i>	4	1	0
<i>Phoma sp.</i>	5	1	0
<i>Penicillium olsonii</i>	4	1	0
<i>Aspergillus flavus</i>	2	1	2



▲ **Figure 1.** Biocontamination globale de l'air dans les centres d'archives. Pour chaque centre, sont représentées la concentration moyenne en moisissures dans l'air des magasins (avec l'intervalle de confiance à 95 %) ainsi que la concentration observée dans la salle de lecture et dans un bureau.

Cladosporium sphaerospermum, *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus versicolor* et *Alternaria spp.* (tableau 1). La concentration fongique moyenne dans l'air des magasins est de 310 UFC/m³. Les concentrations par centre sont présentées sur la figure 1.

Profils particuliers des salles très fortement contaminées

Lors d'une précédente étude [3], quatre niveaux de concentration ont été définis, le dernier (très élevé) étant considéré comme potentiellement à risque pour la santé :

- faible < 170 UFC/m³ ;
- 170 < modéré < 560 UFC/m³ ;
- 560 < élevé < 1 000 UFC/m³ ;
- très élevé > 1 000 UFC/m³.

Les prélèvements d'une salle de lecture, de trois bureaux et de huit magasins se situent dans la zone « concentration élevée » (6,5 %) et cinq prélèvements d'air dans les magasins se situent dans la zone « concentrations très élevées » (2,7 %). La plupart des prélèvements (90,8 %) montrent des « concentrations faibles » ou « modérées ».

Cette situation plutôt favorable n'empêche pas des disparités au sein d'un même bâtiment. Le risque doit prendre en compte, pour les 3 % de locaux très fortement contaminés, la durée du séjour, le type de protection utilisé par les employés ainsi que la nature des activités effectuées dans ce local, le seul passage dans ces zones ne pouvant provoquer une exposition importante.

Parmi les cinq prélèvements qui étaient supérieurs à 1 000 UFC/m³, il s'agissait à chaque fois d'une histoire particulière de la contamination.

▼ Dans le centre 5, l'espèce majoritaire était *Stachybotrys chartarum* (> 3 000 UFC/m³). Dans ce magasin étaient entreposés des documents fortement moisissés, issus d'une administration ayant elle-même subi un dégât des eaux et qui avait versé les documents aux archives en l'état. L'odeur de moisi était forte. Par son aspect toxique (production de Satratoxines) cette espèce présente des risques plus importants que d'autres pour la santé.

▼ Dans le centre 7, l'espèce principalement isolée dans une cave inondable était *P. chrysogenum* (2 860 UFC/m³). Aucune odeur particulière n'émanait de ce magasin. Il n'y avait pas de traces de moisissures sur les boîtes d'archives, mais les documents à l'intérieur des boîtes étaient moisissés. *P. chrysogenum* peut présenter des risques allergiques chez des personnes sensibilisées. En revanche, les mycotoxines produites par cette espèce ne sont pas connues comme particulièrement dangereuses.

▼ Dans le centre 8, le prélèvement de concentration très élevée en *P. chrysogenum* (1 070 UFC/m³) a été réalisé à proximité d'une broyeuse à papier. L'utilisation d'un appareil pouvant disperser les spores accroît le risque d'une aérosolisation temporaire encore plus importante. Le temps de sédimentation des spores du type *Penicillium* est estimé à 5 heures par mètre.

▼ Dans le centre 9, deux magasins avaient de très fortes concentrations en *P. chrysogenum* (2 010 et 3 000 UFC/m³). Aucune cause particulière n'a été déterminée.

Aucun lien statistique n'a pu être établi entre ces quelques rares salles très fortement contaminées et la santé des travailleurs de ces centres.

Auto-questionnaire de santé

Sur les 268 auto-questionnaires de santé distribués, 144 réponses ont été reçues. Quarante-vingt-dix-neuf employés (69 %) déclarent être en contact avec des documents contaminés (5 non précisés). Parmi ces employés, 78 utilisent des systèmes de protection individuels pour manipuler les documents contaminés (gants et blouse) et 14 ne se protègent pas (7 réponses manquantes). Seulement 57 % des employés manipulant des documents contaminés portent un masque de protection respiratoire.

Le calcul des rapports de cotes (Odds Ratio) a été utilisé pour déterminer les symptômes plus ressentis par les personnes au contact avec les documents moisissés que par les autres [4]. Les symptômes significatifs sont des maux de tête, la fatigue, l'irritation des yeux et la toux. Ces quatre symptômes ont été testés dans une régression multivariée ajustée (âge, sexe et tabagisme), et seule l'irritation des yeux reste significativement associée au contact avec les documents moisissés.

Conclusions

Lors de cette étude, nous avons constaté différentes causes à la présence des moisissures dans les centres d'archives. Ces micro-organismes ont besoin d'un substrat nutritif et d'humidité pour se développer. Ainsi un dégât des eaux, un manque d'aération ou un dysfonctionnement de la climatisation peuvent être à l'origine de leur développement dans les archives. Certains documents, stockés dans des caves ou des greniers, arrivent dans les centres nettement contaminés. Ces documents sont envoyés pour la désinfection à l'oxyde d'éthylène et parfois restaurés sur place ou dans des entreprises spécialisées. Dans les centres ayant subi des dégâts des eaux, les documents atteints sont le plus souvent séchés mais la réparation des locaux peut prendre plusieurs mois ou plusieurs années. L'absence de remédiation contribue alors à maintenir une ambiance humide dans les magasins, parfois associée à une forte contamination fongique de l'air.

Nous avons isolé une cinquantaine de genres de moisissures. Les plus courants, comme les *Penicillium* et les *Aspergillus*, ont été identifiés jusqu'à l'espèce par des méthodes de culture ou de biologie moléculaire. Mis à part *Myxotrichum deflexum* (3 % des documents), les moisissures identifiées sont des contaminants fréquents de l'environnement et des archives [5, 6]. Elles ont une température optimale de croissance située entre 18 et 30 °C (excepté *Aspergillus fumigatus*). Si on compare avec la microflore normale des maisons, on observe dans l'air des magasins d'archives des quantités plus importantes en levures. Ces micro-organismes ont des



▲ **Figure 2.** Tranche d'un registre contaminé par des moisissures.

besoins importants en eau pour se développer (activité en eau $A_w > 0,90$) et leur présence peut être expliquée par une hygrométrie élevée dans les archives.

Les principales moisissures présentes dans les archives sont *Penicillium chrysogenum*, *Cladosporium sphaerospermum* et *Aspergillus versicolor*, aussi bien dans l'air, dans la poussière que sur les documents. Ces trois espèces sont impliquées dans des pathologies allergiques respiratoires (asthme) ou

ORL (rhinite, conjonctivite). Aucune relation dose/effet n'a encore été établie formellement pour ces espèces mais dans les cas où la concentration dépasse 10^3 UFC/m³, il conviendrait d'entreprendre des opérations de remédiation ou de décontamination de l'air. Cette situation n'a été retrouvée que dans moins de 3 % des prélèvements et principalement pour *Penicillium*.

Les problèmes de santé des employés ont été relevés à l'aide d'auto-questionnaires. Cette méthode a des limites : étant basée sur le déclaratif, les réponses peuvent manquer d'objectivité et refléter le ressenti (positif ou négatif) de la personne sur sa santé. De plus, en l'absence d'investigations biologiques et médicales (auscultation, prick test, sérologie), il n'est pas possible d'apporter une preuve formelle de la réalité de ces pathologies ni du lien entre les symptômes et l'exposition aux moisissures. L'étude des réponses des 144 employés semble montrer un risque accru de fatigue, maux de tête, irritation des yeux et toux chez les personnes directement en contact avec les documents moisissés. Ces symptômes peuvent néanmoins avoir des origines diverses (climatisation, température basse, niveau d'empoussièrement élevé, manque de lumière, colles, composés organiques volatils [COV] émanant des matériaux constitutifs des documents...) et des investigations supplémentaires, en collaboration avec les médecins du travail et avec des dosages supplémentaires seront nécessaires pour préciser l'origine et l'importance de ces symptômes. ▼

Bibliographie

1. Flannigan B., Samson R.A., Miller J.D., 2001, *Microorganisms in home and indoor work environments. Diversity, Health Impacts, Investigation and Control*, Taylor & Francis, London, UK, Harwood Academic Press.
2. Bush R.K., Portnoy J.M., Saxon A., Terr A.I., Wood R.A., 2006, The medical effects of mold exposure, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 117, p. 326-333.
3. Reboux G., Bellanger A.P., Roussel S., Grenouillet F., Sornin S., Piarroux R., Dalphin J.C., Millon L., 2009, Indoor mold concentration in Eastern France, *Indoor air*, 19, p. 446-453.
4. Roussel S., Reboux G., Millon L., Parchas M.D., Boudih S., Skana F., Delaforge M., Rakotonirainy M.S., 2012, Microbiological evaluation of ten French archives and link to occupational symptoms, *Indoor Air*, 22, p. 514-522.
5. Gallo F., Valenti P., Colaizzi P., Scocchi M.C., Pasquerello G., Scorrano M., Maggi O., Persiani A., 1999, Research on the viability of fungal spores in relation to different microclimates and different materials, in *Conference on Conservation and Restoration of Archives and Library materials*, Palumbo Editore, p. 213-230.
6. Singh A., Ganguli M., Singh A.B., 1995, Fungal spores are an important component of library air, *Aerobiologia*, 11, p. 231-237.

Remerciements

Cette étude s'intègre dans le projet intitulé : « Mise au point d'une méthodologie pour l'identification et la quantification des mycotoxines sur les papiers moisissés », soutenu par le ministère de la Culture et de la

Communication dans le cadre de son Programme national de recherche sur la connaissance et la conservation des matériaux du patrimoine culturel 2008-2010.