

# Traitement aux vapeurs d'éthanol de photographies gélatino-argentiques et de papiers altérés par des micro-organismes

Chloé Lucas\*, Valentin Rottier\*\*, Frank Déniel\*\*\*, Philippe Dantigny\*\*\*

L'une des principales missions des bibliothèques et des archives est la conservation pérenne des collections afin de les diffuser au public, de les exposer dans les meilleures conditions et de les transmettre aux générations futures. Ces collections sont sensibles pour la plupart aux contaminations biologiques et notamment aux moisissures. Depuis de nombreuses années, des traitements de masse (désinfection à l'oxyde d'éthylène, irradiation au rayonnement

gamma) sont utilisés pour traiter les collections contaminées (Flieder F., Capderou C., 1999 ; Pavon Flores S. C., 1975). Ces traitements ont montré leur utilité et leur efficacité notamment lors de contaminations généralisées, mais ils ne sont pas réellement adaptés lorsqu'il s'agit de traiter un nombre limité d'objets contaminés. Il nous a semblé intéressant de réfléchir à un traitement alternatif qui associe la facilité de mise en œuvre et un faible coût tout en présentant des

\* Restauratrice de photographies, Chloé Lucas Conservation, Ottawa, Canada

\*\* Bibliothèque nationale de France, laboratoire de conservation, pôle biologie-conservation préventive, Bussy-Saint-Georges, France

\*\*\* Laboratoire universitaire de Biodiversité et d'Écologie microbienne (LUBEM), EA 3882, université de Bretagne occidentale, 29280 Plouzané, France

caractéristiques intéressantes en termes de toxicologie ainsi qu'une interaction minimale vis-à-vis des matériaux qui composent les collections.

L'utilisation d'alcool comme biocide est très largement répandue dans les domaines hospitaliers et agro-alimentaires. Les recherches ont montré que l'éthanol utilisé pur n'a pas d'action antifongique et qu'il est nécessaire de l'employer en mélange avec de l'eau pour favoriser sa pénétration dans la cellule fongique. Il a été déterminé que le mélange eau-éthanol (30:70 v/v) est le plus efficace. C'est également ce ratio qui est recommandé par les études réalisées sur les collections du patrimoine écrit (Nittérus M., 2000 ; Jacek B., 2004 ; Meier C., 2006 ; Sequeira *et al.*, 2016), cependant les auteurs ne s'accordent pas sur le mode de mise en œuvre le plus efficace de ce mélange. L'objectif de cette étude est de déterminer une méthode d'application de ce mélange qui soit adaptée au traitement antifongique des photographies gélatino-argentiques et des papiers. Des tests d'innocuité de ce traitement sur l'état de la cellulose du papier ont également été réalisés.

## Préparation des éprouvettes et méthodes d'application de l'éthanol

### Tirages gélatino-argentiques à développement et papiers sélectionnés pour les tests

Pour les tests réalisés sur les photographies, nous avons choisi les tirages gélatino-argentiques à développement, technique de tirage noir et blanc la plus couramment employée tout au long du xx<sup>e</sup> siècle par les photographes amateurs comme professionnels, et donc très présente dans les collections patrimoniales. Nous avons sélectionné un papier baryté brillant Ilford® Multigrade Classic. Ce papier est composé de trois couches : un support en papier, une couche de baryte<sup>1</sup> et l'émulsion à la gélatine contenant les halogénures d'argent photosensibles. Un tirage restituant un aplat gris clair a été réalisé afin de travailler avec un liant contenant de l'argent métallique tout en permettant l'observation du développement fongique sur l'émulsion.

Le papier a été exposé avec un agrandisseur Omega® Super Chromega D Dichroic II pendant 6 secondes, à une ouverture de f/32, en lumière non filtrée. L'épreuve a été développée avec un révélateur Kodak® Dektol (solution de travail employée à la dilution 1+2) pendant 2 minutes, traitée dans un bain d'arrêt Tetenal® Indicet (dilution 1+19) pendant 30 secondes, puis fixée pendant 4 minutes avec un fixateur Ilford® Rapid Fix (dilu-

tion 1+4). Le tirage test a ensuite été lavé pendant une heure avec un flux continu d'eau froide avant d'être laissé à sécher à l'air libre pendant une nuit.

Une fois sèche, la feuille de papier a été découpée en éprouvettes carrées de 2,5 cm de côté. Celles-ci n'ont pas été stérilisées car la température de l'autoclave aurait endommagé les matériaux constitutifs.

Pour les tests réalisés sur les papiers, trois références ont été sélectionnées :

- un papier Whatman® n° 1 composé de fibres 100 % coton sans charge ni encollage ;
- un papier CTP1 composé de fibres 100 % linters de coton blanchi sans charge avec un encollage à l'alun et 0,5 % de colophane ;
- un papier CTP2 composé de fibres 100 % pâte au bisulfite blanchie avec 20 % de charge de kaolin et un encollage à l'alun et 0,5 % de colophane.

Les papiers ont été découpés en éprouvettes carrées de 5 cm de côté. Ces éprouvettes n'ont pas été stérilisées en autoclave avant leur ensemencement.

### Souches fongiques

Pour la réalisation des tests, plusieurs souches fongiques ont été sélectionnées :

- sur les tirages gélatino-argentiques à développement, quatre souches provenant de la mycothèque du LUBEM : *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Chaetomium globosum* et *Penicillium brevicompactum* ;
- sur les papiers, deux souches provenant du laboratoire de la BnF : *Aspergillus niger* et *Penicillium chrysogenum*.

### Préparation de l'inoculum

Les souches cryopréservées ont été décongelées puis placées sur un milieu de culture M2Lev (pour 1 litre d'eau : 20 g de malt, 3 g d'extrait de levure Biomerieux®, 15 g d'agar Biomerieux®) et MEA (Fisher Scientific Bioblock®) puis incubées à 25 °C entre 7 et 10 jours. Les spores ont été prélevées à l'aide d'un écouvillon stérile et mises en suspension dans une solution de glycérol à 20 % dans l'eau, avec deux gouttes de Tween® 80 (Sigma-Aldrich®). La concentration de  $5 \times 10^7$  spores/ml a été déterminée avec un hématimètre. Cette suspension a été diluée avec de l'eau stérilisée afin d'obtenir la concentration de  $5 \times 10^5$  spores/ml.

### Inoculation des éprouvettes

Chaque éprouvette a été inoculée avec 10 µl de l'inoculum. Trois éprouvettes ont été déposées dans chaque boîte de Petri. Les éprouvettes de tirages photographiques ont été placées émulsion vers le haut dans les boîtes.

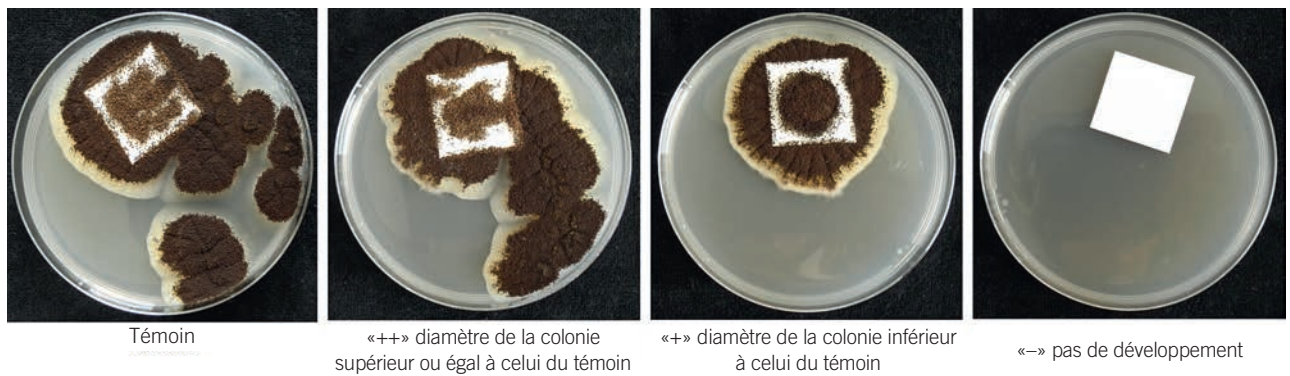


Figure 1. Exemples du diamètre de la colonie pour *A. niger*.

Les boîtes de Petri ont ensuite été placées au-dessus de 300 ml d'eau stérilisée dans un contenant en polypropylène et caoutchouc synthétique fermé, puis mises à incuber à 25 °C pendant 7 jours. Les boîtes de Petri contenant les éprouvettes de tirage photographique ont été retirées du contenant puis remises à incuber pendant un jour supplémentaire afin de permettre à la gélatine de l'émulsion de sécher.

### Méthodes d'application de l'éthanol

Un mélange eau déminéralisée-éthanol absolu Carlo Erba Reagent® (30:70 v/v) a été utilisé comme solution de traitement. Les tests ont été réalisés dans une pièce à température contrôlée, entre 15 °C et 18 °C.

Trois méthodes d'application de ce mélange ont été testées : par vapeur, par contact et par contact suivi d'une action mécanique. Pour chacune des souches, trois éprouvettes ont été contaminées mais non traitées afin de servir de témoin.

Les boîtes de Petri contenant les éprouvettes traitées par vapeur (trois éprouvettes par boîte) ont été placées ouvertes au-dessus de 350 ml de solution de traitement dans une chambre à solvant en polypropylène et caoutchouc synthétique, mesurant 34 x 25 x 12 cm. Plusieurs temps de traitement ont été testés : 0,5, 1, 2, 4, 8, 16 et 24 heures. Ces durées ont été choisies sur la base des résultats obtenus dans des recherches antérieures dans les domaines du patrimoine et de l'hygiène agro-alimentaire (Bacilkova B., 2006 ; Dao T. *et al.*, 2010).

Les éprouvettes traitées par contact ont été placées, émulsion vers le haut, dans une boîte de Petri propre. Un carré de tissu en microfibres Atlantis® de 2,5 cm de côté a été placé sur l'éprouvette et 300 µl de solution de traitement ont été ajoutés sur le tissu à l'aide d'une pipette. Cette quantité a été déterminée de manière expérimentale comme étant celle nécessaire pour imbiber le carré de tissu. La boîte de Petri est refermée pour limiter l'évaporation. Les durées de contact ont été choisies de manière à reproduire l'application à

l'écouvillon réalisée par les restaurateurs. Elles sont donc plus courtes que précédemment : 15 secondes, 30 secondes, 1, 2, 4 et 8 minutes. Une fois le temps de traitement écoulé, le tissu est retiré délicatement. Pour la dernière méthode d'application, contact suivi d'une action mécanique, le protocole et les temps d'application sont les mêmes que par contact seul. L'action mécanique est réalisée par un frottement unique du tissu sur la surface de l'éprouvette.

Les trois méthodes d'application ont été testées sur les éprouvettes de tirages photographiques. Les résultats obtenus sur ces éprouvettes avec la méthode par vapeur étant satisfaisants (Lucas C., Déniel F., Dantigny P., 2017), seule cette méthode a été testée sur les éprouvettes de papiers.

## Évaluation de l'inactivation fongique

### Méthode d'évaluation

Une fois traitées, les éprouvettes ont été placées dans une boîte de Petri, faces inoculées contre les milieux de culture M2Lev et MEA, puis mises à incuber à 25 °C. Le diamètre de la colonie est observé visuellement après 7 jours et comparé à celui de la colonie développée sur l'éprouvette témoin. Les éprouvettes sont marquées « ++ » lorsque le diamètre est supérieur ou égal à celui du témoin, « + » lorsque le diamètre est inférieur à celui du témoin et « - » lorsque aucun développement n'est visible (fig. 1).

Si aucun développement n'est constaté après 7 jours d'incubation, les éprouvettes sont remises en enceinte pour 7 jours supplémentaires et le diamètre de la colonie observé de nouveau.

## Résultats

### Application par vapeur

Les résultats des développements fongiques sur les tirages photographiques et les papiers à 7 jours après traitement aux vapeurs eau-éthanol sont indiqués dans le

Application par vapeur sur les tirages photographiques							
Souches	Temps de traitement						
	30 mn	1 h	2 h	4 h	8 h	16 h	24 h
<i>Alternaria alternata</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus niger</i>	++	+	-	-	-	-	-
<i>Chaetomium globosum</i>	+	+	-	-	-	-	-
<i>Penicillium brevicompactum</i>	+	-	-	-	-	-	-

Application par vapeur sur les papiers							
Souches	Temps de traitement – Whatman®						
	30 mn	1 h	2 h	4 h	8 h	16 h	24 h
<i>Penicillium chrysogenum</i>	++	+	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus niger</i>	++	+	-	-	-	-	-
Souches	Temps de traitement – CTP1						
	30 mn	1 h	2 h	4 h	8 h	16 h	24 h
<i>Penicillium chrysogenum</i>	++	+	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus niger</i>	++	+	-	-	-	-	-
Souches	Temps de traitement – CTP2						
	30 mn	1 h	2 h	4 h	8 h	16 h	24 h
<i>Penicillium chrysogenum</i>	++	+	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus niger</i>	++	+	-	-	-	-	-

Évaluation : « ++ » diamètre de la colonie supérieur ou égal à celui du témoin, « + » diamètre de la colonie inférieur à celui du témoin, « - » pas de développement

Tableau 1. Développement fongique sur les tirages photographiques et papiers à 7 jours (25 °C) après traitement aux vapeurs de la solution eau-éthanol (350 ml/0.1 m<sup>3</sup>)

tableau 1. Les échantillons exposés 30 minutes présentent des développements microbiologiques similaires à l'échantillon témoin, non exposé aux vapeurs. Les souches, *A. alternata* et *P. brevicompactum*, ne se sont pas développées après 1 heure de traitement sur les éprouvettes des tirages photographiques. Après

8 minutes, les souches *A. alternata* et *P. brevicompactum* n'ont présenté aucun développement fongique.

### Croissance à 14 jours

Les éprouvettes ne présentant pas de développement fongique à 7 jours ont été remises en enceinte climatique une semaine supplémentaire.

Pour le traitement par vapeur, on note pour les souches, *P. brevicompactum* et *C. globosum* traitées pendant 1 heure un développement fongique à 14 jours alors qu'il n'y en avait aucun à 7 jours. Aucun développement microbiologique n'a été observé sur les éprouvettes traitées pendant 2 heures ou plus.

Concernant les traitements par contact, les résultats sont les mêmes à 14 jours, aucun développement fongique n'a été observé sur les éprouvettes traitées pendant 8 minutes.

Souches	Temps de traitement par contact avec la solution eau-éthanol					
	15 s	30 s	1 mn	2 mn	4 mn	8 mn
<i>Alternaria alternata</i>	++	++	++	+	+	-
<i>Aspergillus niger</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetomium globosum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Penicillium brevicompactum</i>	++	++	++	+	-	-
Souches	Temps de traitement par contact avec la solution eau-éthanol suivi d'une action mécanique					
	15 s	30 s	1 mn	2 mn	4 mn	8 mn
<i>Alternaria alternata</i>	++	++	++	++	+	-
<i>Aspergillus niger</i>	++	++	++	++	+	+
<i>Chaetomium globosum</i>	+	+	++	+	+	+
<i>Penicillium brevicompactum</i>	+	+	+	+	+	-

Évaluation : « ++ » diamètre de la colonie supérieur ou égal à celui du témoin, « + » diamètre de la colonie inférieur à celui du témoin, « - » pas de développement

Tableau 2 : Développement fongique sur les tirages photographiques à sept jours (25 °C) après traitement par contact avec la solution eau-éthanol (300 l/6.5cm<sup>2</sup>) et après traitement par contact avec la solution eau-éthanol suivi d'une action mécanique (300 l/6.5cm<sup>2</sup>)

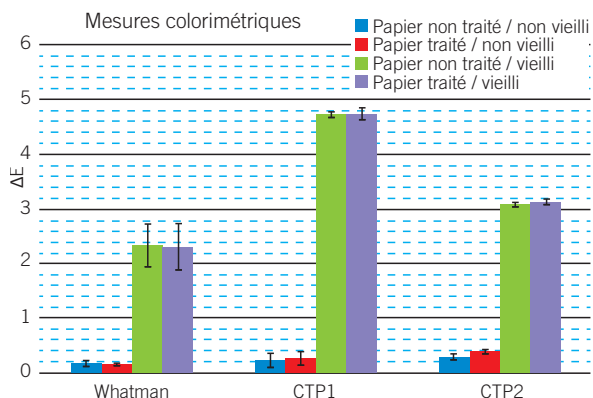


Figure 2. Écarts de couleur  $\Delta E^*$  moyens des quatre éprouvettes pour chacun des trois papiers.

## Vérification de l'innocuité du traitement

### Préparation des éprouvettes

Après avoir obtenu la confirmation de l'efficacité du traitement sur des tirages gélatino-argentiques à développement et sur des papiers, nous avons vérifié l'innocuité du traitement par rapport au support papier. Deux analyses différentes ont été réalisées : des relevés colorimétriques et des mesures du degré de polymérisation (Dp) de la cellulose afin d'évaluer une possible dégradation des chaînes celluloses. Pour ces deux tests, quatre éprouvettes par type de papier ont été préparées :

- éprouvette A : papier non traité non vieilli artificiellement ;
- éprouvette B : papier traité non vieilli artificiellement ;
- éprouvette C : papier non traité vieilli artificiellement ;
- éprouvette D : papier traité et vieilli artificiellement.

Les éprouvettes traitées ont été exposées 2 heures aux vapeurs d'eau-éthanol et les éprouvettes vieilles artificiellement ont été placées 3 semaines en enceinte climatique à 80 °C et 65 % d'HR selon la norme ISO 5630-3:1996.

### Mesures colorimétriques

Les mesures ont été réalisées avec un spectrophotomètre Konica Minolta® modèle CM 2600d sur les papiers avant et après exposition aux vapeurs d'eau-éthanol et avant et après vieillissement artificiel.

Ces relevés colorimétriques s'appuient sur le modèle de représentation des couleurs appelé système  $L^*a^*b^*$  dans l'espace colorimétrique CIELAB 1976. Les variations de couleurs ont été exprimées en  $\Delta E^{*2}$ . Plus le  $\Delta E^*$  est élevé, plus la différence entre les mesures avant et après exposition ou vieillissement est importante. On associe une valeur de  $\Delta E^*$  supérieure à 2

pour un changement de couleur visible à l'œil nu. Une valeur élevée de  $\Delta E^*$  est donc associée à une modification importante de la couleur.

Pour tous les échantillons, 5 points de mesures ont été pris en compte sur chacune des zones retenues afin de déterminer un  $\Delta E^*$  moyen qui intègre les effets éventuels de moutonnements.

### Résultats

Le changement de couleur des éprouvettes a été comparé avant et après l'exposition aux vapeurs d'eau-éthanol et avant et après vieillissement artificiel. On ne note aucune différence significative de couleur entre les éprouvettes de papier traitées et non traitées (fig. 2). L'exposition de 2 heures aux vapeurs d'eau-éthanol n'engendre donc pas de changement de couleur des papiers. On constate toutefois une variation de la couleur avec des  $\Delta E^*$  allant de 2,3 pour les échantillons de papier Whatman® à 4,7 pour les échantillons de papier CTP1 sur les éprouvettes après vieillissement. Si le vieillissement artificiel entraîne des variations de couleurs observables, ces valeurs sont là aussi similaires entre les éprouvettes traitées (D) et non traitées (C). Ce changement de couleur est dû au vieillissement accéléré des échantillons. L'exposition aux vapeurs d'eau-éthanol n'impacte donc pas le changement de couleur des papiers après vieillissement.

### Détermination du degré de polymérisation

La viscosimétrie est une méthode analytique permettant de déterminer la viscosité d'une solution grâce à son temps d'écoulement. Les mesures de viscosimétrie ont été réalisées à partir d'un protocole détaillé dans la norme ISO 5351:2010<sup>3</sup>. Moins une solution est visqueuse, plus le degré de polymérisation obtenu est faible, la cellulose est donc dépolymérisée et par conséquent dégradée.

3 mesures ont été réalisées pour chacune des éprouvettes afin d'obtenir un Dp moyen pour chaque échantillon.

### Résultats

Le Dp de la cellulose de chaque papier a été déterminé. Les Dp des éprouvettes ont été comparés avant et après exposition aux vapeurs d'eau-éthanol et avant et après vieillissement artificiel. Pour les trois types de papier, les valeurs obtenues pour les échantillons exposés 2 heures aux vapeurs d'eau-éthanol sont similaires à celles des échantillons témoins (fig. 3). Il a également été constaté que le Dp moyen de l'échantillon de papier Whatman® traité est parfois légèrement supérieur au Dp moyen de l'échantillon témoin. Le traitement n'engendre donc aucune dégradation des

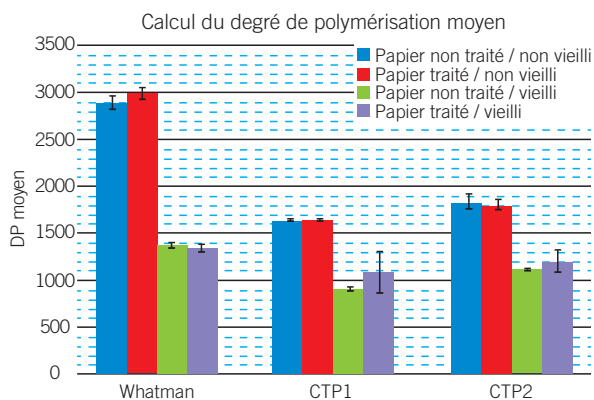


Figure 3. Degré de polymérisation des quatre éprouvettes pour chacun des trois types de papiers.

chaînes de cellulose après 2 heures d'exposition aux vapeurs d'eau-éthanol.

Il a été observé sur les échantillons soumis à un vieillissement artificiel (C et D) une baisse des Dp moyens par rapport à l'échantillon témoin. Cette baisse est comparable pour des échantillons traités et non traités, elle est due uniquement au vieillissement artificiel du papier.

La dégradation des chaînes de cellulose est donc identique entre un papier n'ayant pas subi le traitement et un papier exposé aux vapeurs d'eau-éthanol. Ces résultats permettent de confirmer que l'exposition de 2 heures aux vapeurs d'eau-éthanol n'a pas d'influence sur le processus de dégradation de la cellulose du papier.

## Conclusion

Afin d'éviter d'avoir recours à des traitements de désinfection de masse, difficiles à mettre en place et coûteux, des traitements alternatifs, à l'aide de biocides, sont testés régulièrement.

Ainsi, cette étude s'est attachée à étudier l'efficacité fongicide d'un mélange eau-éthanol (30:70 v/v), sa méthode d'application la plus efficace et son innocuité physico-chimique sur une sélection de matériaux.

La méthode d'application par vapeur est la plus efficace. La température et la durée de contact entre la souche de moisissure et le mélange de solvants ont un impact sur la performance du traitement. Cependant, comme dans un contexte patrimonial il est préférable de limiter l'augmentation de température, nous avons choisi de privilégier le temps de contact comme paramètre d'ajustement. Ainsi, les temps de traitement les plus longs, testés avec le traitement par vapeur, ont inactivé la croissance des souches fongiques : après

2 heures d'exposition, les cinq souches testées n'ont présenté aucun développement significatif.

L'autre avantage de cette proposition de traitement réside dans l'absence de tout contact direct entre les documents et le biocide qui est appliqué sous sa forme vapeur. Elle nous paraît donc particulièrement adaptée à des documents fortement altérés pour lesquels le recours à des solvants liquides présente le risque d'augmenter les dégradations déjà présentes.

Les tests d'innocuité réalisés ont permis de confirmer qu'aucune modification de la couleur et aucune dégradation de la cellulose des papiers n'ont été constatées après traitement sur les éprouvettes des différents papiers.

Ces résultats ouvrent un large panel de possibilités en termes de protocoles de réalisation. Il reste cependant à vérifier l'innocuité de ce traitement vis-à-vis des matériaux constituant les diverses couches image photographiques mais également de l'ensemble des autres matériaux qui constituent les collections des bibliothèques et des archives (cuirs, parchemins, toiles, encres, etc.).

## Notes

1. Sulfate de baryum dans de la gélatine.
2. Dans ce système, une couleur est représentée par un point ayant 3 coordonnées, z sur l'axe L\* de la clarté, x sur l'axe a\* représentant la composante chromatique Rouge-Vert et y sur l'axe b\* représentant la composante chromatique Jaune-Bleu.  
Les variations de couleurs ont été exprimées en  $\Delta E^*$ , valeur qui intègre l'écart mesuré entre les couleurs sur les 3 variables indépendantes (Dupont, Steen, 2004) à partir de la formule suivante :  
Où (L1 ; a1 ; b1) sont les coordonnées de la mesure avant exposition (traitement/vieillessement),  
Et (L2 ; a2 ; b2) sont les coordonnées de la mesure après exposition (traitement/vieillessement).
3. Un échantillon témoin de chaque papier est dissous dans une solution de Cupri-éthylènediamine (CED) (Aldrich®) à 1N. La vitesse d'écoulement de cette solution dans un viscosimètre (Lauda®) est mesurée et donne le degré de polymérisation de référence auquel seront comparées les mesures réalisées sur les différentes éprouvettes testées. Le degré de polymérisation (Dp) est calculé en utilisant l'équation de Mark-Houwink-Sakurada (Kasaii M. R., 2007).

## Bibliographie

- Bacilková B., « Study of the effect of butanol vapours and other alcohols on fungi ». *Restaurator*, vol. 27, 2006, p. 186-199.
- Dao T., Dejardin J., Bensoussan M., Dantigny P., « Use of the Weibull model to describe inactivation of harvested conidia of

different *Penicillium* species by ethanol vapours », *Journal of Applied Microbiology*, vol. 109, 2010, p. 408-414.

Dupont D., Steen D., « Colorimétrie. Mesures des couleurs de surface », *Technique de l'ingénieur*, R 6 442, 2004.

Flieder F., Capderou C., *Sauvegarde des collections du patrimoine. La lutte contre les détériorations biologiques*. Paris, CNRS Éditions, 1999.

ISO 5630-3, « Paper and board – Accelerated ageing – Part 3: Moist heat treatment at 80 degrees C and 65 % relative humidity », 1996.

ISO 5351, « Pâtes – Détermination de l'indice de viscosité limite à l'aide d'une solution de cupri-éthylènediamine (CED) », 2010.

Jacek B., « Erkennen und Behandlung von Mikroorganismen auf Fotografien (Teil 2) », *Rundbrief Fotografie*, vol. 11, 2004, p. 5-11.

Kasaii M. R., « Calculation of Mark-Houwink-Sakurada (MHS) equation viscometric constants for chitosan in any solvent-temperature system using experimental reported viscometric constant data », *Carbohydrate Polymers*, vol. 68, issue 3, 2007, p. 477-488.

Lucas C., Déniel F., Dantigny P., « Ethanol as an antifungal treatment for silver gelatin prints: implementation methods evaluation », *Restaurator*, vol. 38, issue 3, 2017, p. 235-248.

Meier C., « Schimmelpilze auf Papier. Fungizide Wirkung von Isopropanol und Ethanol », *Papier Restaurierung*, vol. 7, 2006, p. 24-31.

Nittérus M., « Fungi in Archives and Library: A literary survey », *Restaurator*, vol. 21, 2000, p. 25-40.

Nittérus M., « Ethanol as a fungal sanitizer in paper conservation », *Restaurator*, vol. 21, 2000, p. 101-105.

Pavon Flores S. C., « Gamma radiation as fungicide and its effects on paper », *The American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works Bulletin*, Vol. 16, 1975, p.16-45.

Sequeira S. O., Phillips A. J. L., Cabrita E. J., Macedo M. F., « Ethanol as an antifungal treatment for paper: Short-term and long-term effects », *Studies in Conservation*, vol. 62, 2016, p. 33-42.

## Résumé

Les collections des bibliothèques et des archives sont sensibles aux contaminations biologiques, notamment aux moisissures. Les traitements de masse ont montré leur utilité et efficacité lors de contaminations généralisées mais, dans la majorité des cas, ils sont disproportionnés au regard de la quantité de documents à traiter.

L'efficacité biocide du mélange eau-éthanol (30:70 v/v) a été démontrée dans de nombreux domaines. Cependant, le moyen de mise en œuvre le plus efficace pour une application dédiée aux collections patrimoniales a été peu étudié.

L'étude réalisée a donc pour objectif de déterminer une méthode de mise en œuvre de ce mélange qui soit adaptée au traitement des photographies gélatino-argentiques et des papiers. Trois méthodes ont été testées : par vapeur, par contact et par contact suivi d'un retrait mécanique. L'étude sur le traitement des photographies gélatino-argentiques a été réalisée au laboratoire universitaire de Biodiversité et d'Écologie microbienne de l'université de Bretagne occidentale. À la vue des premiers résultats, il est apparu intéressant de tester et de confirmer l'efficacité de cette méthode de traitement sur un matériau souvent contaminé au sein des collections : le papier. Les tests sur des papiers contaminés ont été réalisés au laboratoire du département de la conservation de la Bibliothèque nationale de France.

## Abstract

Library and archives collections are, for the most part, sensitive to biological contamination and, in particular, to molds. Many mass disinfection treatments have shown their utility and efficiency to disinfect widespread contamination on archival materials, but they are often disproportionate to the number of objects to treat. The biocide effect of a water-ethanol mix (30:70 v/v) has been proven in numerous research fields, however, the most efficient implementation method of this mix on heritage collections has been the subject of few studies.

The goal of this study is to determine an implementation method of the water-ethanol mix (30:70 v/v) which is adapted to silver gelatin prints and paper. Three implementations were tested: solvent chamber, direct contact and direct contact followed by a mechanical removal. This study on silver gelatin print was undertaken at the Laboratoire Universitaire de Biodiversité et d'Écologie Microbienne of the University of Western Brittany.

Based on the results of this study it was deemed interesting to test and confirm the efficiency of this treatment on another material often contaminated in collections: paper. The tests on contaminated papers were undertaken at the scientific laboratory of the conservation department of the National French Library.