



HAL
open science

Composés organiques volatils émis par les boîtes d'archives anciennes en bois

Michel Dubus, Victoria Asensi Amorós, Stéphane Bouvet, Jean-Michel Brarda-Wieber, Isabelle Colson, Anne-Laurence Dupont, Agnès Lattuati-Derieux, Catherine Lavier, Émilie Le Bourg, Eric Masson, et al.

► To cite this version:

Michel Dubus, Victoria Asensi Amorós, Stéphane Bouvet, Jean-Michel Brarda-Wieber, Isabelle Colson, et al.. Composés organiques volatils émis par les boîtes d'archives anciennes en bois. Support Tracé, 2015. hal-01943360

HAL Id: hal-01943360

<https://hal.science/hal-01943360>

Submitted on 18 Dec 2018

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.

Composés organiques volatils émis par les boîtes d'archives anciennes en bois

Michel Dubus*, Victoria Asensi Amoros**, Stéphane Bouvet***, Jean-Michel Brarda-Wieber****, Isabelle Colson*, Anne-Laurence Dupont*****, Agnès Lattuati-Derieux*****, Catherine Lavier*****, Émilie Le Bourg***, Éric Masson*****, Thi-Phuong Nguyen*****, Caroline Rogauze*****, Valentin Rottier***

Introduction

Depuis le haut Moyen Âge les archives sont conservées dans des *boîtes* en bois, autrement nommées aussi *layettes* ou *cassettes*. Elles ont en grande partie été réformées au ^{xx}e siècle quand elles étaient abîmées, remplacées par des boîtes en carton. Le bois étant réputé

pour émettre des composés organiques volatils (COV), les archivistes craignent aussi qu'ils ne dégradent les documents. Certaines archives les conservent toujours en magasins, ou exposent quelques exemplaires dans des vitrines pédagogiques.

Le Centre de recherche sur la conservation des collections (CRCC), le Centre de recherche et de restauration des

* Centre de recherche et de restauration des musées de France, Paris, France

** Xylodata, Paris, France

*** Bibliothèque nationale de France, Laboratoire scientifique et technique, Bussy-Saint-Georges, France

**** Puratech, Montreuil, France

***** Centre de recherche sur la conservation des collections – CRC, USR 3224 MNHN/CNRS/MCC, Paris, France

***** Laboratoire d'archéologie moléculaire et structurale, Paris, France

***** CRITT Bois, Épinal, France

***** Archives françaises du film, Centre national du cinéma et de l'image animée, Bois d'Arcy, France

***** Laboratoire d'étude et de recherche sur le matériau bois (LERMAB-ENSTIB), Épinal, France

musées de France (C2RMF), le Laboratoire scientifique et technique de la Bibliothèque nationale de France et le Laboratoire d'étude et de recherche sur le matériau bois (LERMAB – ENSTIB) se sont associés, en collaboration avec la société Puratech, spécialisée dans la qualité de l'air, pour tenter de répondre à cette problématique relayée et posée par le service interministériel des archives de France. Le Laboratoire d'archéologie moléculaire et structurale a daté un très large panel de boîtes anciennes par dendrochronologie, en collaboration avec la société Xylodata qui a identifié les essences.



Figure 1. Détail d'une boîte en chêne du trésor des chartes des ducs de Bretagne conservée aux archives départementales de Loire-Atlantique à Nantes. Commandée par Anne de Bretagne au ^{xvi}e siècle, elle est parmi les plus anciennes à ce jour en France et montre le soin apporté par les artisans aussi bien dans le débit (radial par clivage) et la mise en œuvre des bois (parage, rainure) que les assemblages (ici en queue d'aronde), permettant aussi la datation de l'objet par dendrochronologie (cernes visibles sur la tranche). © C. Lavier.

Conditions expérimentales

Caractérisation des boîtes

Datation et artisanat du bois

868 boîtes conservées dans les archives des musées nationaux (service des bibliothèques, des archives et de la documentation générale des musées de France), aux Archives nationales, aux archives municipales de Montpellier et de Toulouse, aux archives départementales des Ardennes, de Haute-Marne, des Hautes-Pyrénées, de Loire-Atlantique, du Lot, de Vaucluse, de Meurthe-et-Moselle et du Puy-de-Dôme ont été étudiées selon les méthodes de l'archéodendrométrie (voir figure 1). Chaque planche de chaque boîte a fait l'objet d'une définition du genre végétal par micrographie du bois. Des observations dendrométriques ont été réalisées, d'une part sur la fabrication des boîtes (débit, façonnage, assemblages) et, d'autre part, sur la morphologie des planches (caractéristiques des arbres employés). Des prises de données dendrochronologiques ont été effectuées selon les protocoles mis en place pour les objets et les œuvres d'art, sans atteinte de l'intégrité de l'objet, ni prélèvement, ni destruction [Lavie C. *et al.*, 2009 ; Lavie C., 2013 ; Dupré J.-C. *et al.*, 2012 ; Asensi Amoros V. *et al.*, 2012]. Tous ces relevés ont été traités en laboratoire – mesures dendrochronologiques, tests de synchronisation, calculs de datation et interprétation des résultats – dans le but de restituer le bois dans son arbre, de préciser la période de coupe de chaque arbre et de déterminer l'origine biogéographique de chacun. Au total plus de 700 planches ont été étudiées par dendrochronologie et 342 planches datées. Plus de 78 000 clichés pour observations,

mesures, tracéologie ont été effectués avec plus de 280 000 points de mesures de cernes.

Tests d'émission en chambre sur couvercles

Une première série de mesures de composés organiques volatils (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes (BTEX) et composés carbonylés) a été réalisée en chambre d'émissions (51 litres) sur 7 couvercles en chêne (surfaces d'émission comprises entre 0,11 et 0,22 m²) datés du ^{xiv}e, milieu ^{xv}e, milieu ^{xvi}e, fin ^{xvi}e, ^{xvii}e, ^{xviii}e et ^{xx}e siècles (voir figure 2). Des prélèvements passifs sur 28 tubes Radiello®¹ ont été menés dans des conditions climatiques constantes (25°C / 55 % HR) selon la norme NF EN ISO 16000-9 pendant 7 jours [ISO 16017, 2006]. Les échantillons ont été déposés dans la chambre d'émissions après 48 heures de balayage par de l'air propre filtré pour éviter les contaminations éventuelles.



Figure 2. Méthodologie de la chambre d'émissions selon NF EN ISO 16000-9. © É. Masson.



Figure 3. Conditionnement des boîtes des archives du Lot et des Hautes-Pyrénées dans l'enceinte du C2RMF. Les deux boîtes du fond possèdent des systèmes de fermeture à rabats. © M. Dubus.

Étanchéité et comportement climatique

La mesure du taux de fuite a été réalisée sur 5 boîtes à deux systèmes de fermetures différents, l'un à rabats, l'autre à glissières (voir figure 3). Après conditionnement à 50 % HR et 21°C pendant une semaine, du CO₂ a été injecté (5 000 ppm). Sa concentration a été mesurée avec des appareils permettant de suivre la vitesse de renouvellement de l'air. Pour chacune des boîtes, 3 à 4 essais ont été réalisés. Pour étudier leur comportement climatique, ces boîtes ont été soumises à des variations d'humidité dans une enceinte. Les boîtes ont été pesées en début et en fin du test pour mesurer la masse d'eau absorbée et désorbée [Brimblecombe P., Ramer B., 1983 ; Cassar M., Martin G., 1994 ; Thomson G., 1977 ; 1999 ; Thickett D. *et al.*, 2005 ; Calver A. *et al.*, 2005].

Composés organiques volatils

Six boîtes du XIX^e siècle en peuplier, provenant d'archives notariales conservées aux archives départementales des Hautes-Pyrénées et du Lot, ont été conditionnées dans une enceinte en verre d'1 m³ dans des conditions climatiques stables à 50 % HR et 23°C. Des tubes Radiello® et des fibres de micro-extraction sur phase solide (SPME) ont été exposés dans 4 de ces boîtes et dans l'enceinte pendant 11 jours, des capteurs IVL pour acides organiques pendant 30 jours.

Mesures *in situ* dans des boîtes anciennes

Corrosivité et composés organiques volatils

Une campagne de mesures a été menée aux archives municipales de Toulouse et Montpellier, aux archives départementales des Ardennes, de la Haute-Marne, de Loire-Atlantique, des Hautes-Pyrénées, du Puy-de-Dôme, aux archives des musées nationaux, dans les prises d'air neuf, les reprises d'air, l'ambiance, des boîtes pleines ou vides. Pour chaque zone, des échantillonneurs diffusifs Radiello® ont été exposés pendant 10 jours pour piéger les aldéhydes et BTEX, avec des coupons Purafil type ERC² en argent et en cuivre (voir figure 4). Les résultats sont interprétés en se référant aux recommandations de Sacchi et Muller [Rice D.W., 1981 ; Leygraf C., Graedel T., 2000 ; Lee S., Staehle R.W., 1995 ; Sacchi E., Muller C., 2005].

Concentrations en composés organiques volatils

La SPME couplée à la chromatographie gazeuse et à la spectrométrie de masse (CG/SM) permet de piéger et caractériser une vaste gamme de COV provenant

d'une grande variété de matériaux émissifs³. Sensible, fiable et simple à mettre en œuvre, la SPME/CG-SM est une technique d'analyse ne nécessitant pas de prélèvement. Elle a été utilisée avec succès pour identifier les émissions de matériaux organiques constitutifs d'objets patrimoniaux [Lattuati-Derieux A. *et al.*, 2004 ; 2006]. Dans le cadre de cette étude, des fibres de SPME identiques ont été placées durant 15 jours dans trois boîtes conservées aux Archives nationales.

Dégradation de la cellulose

L'impact du microenvironnement à l'intérieur de cinq boîtes en bois des Archives nationales sur des papiers modèles a été évalué par des mesures physicochimiques. Il s'agit des trois boîtes ayant servi aux prélèvements de COV par SPME. Une autre boîte vide de documents a été ajoutée à la liste afin de pouvoir découpler le cas échéant l'effet des émissions du contenu de la boîte et celle de la boîte elle-même. La cinquième boîte en peuplier vraisemblablement du XVIII^e mais non datable par dendrochronologie contient des cartes géographiques, toutes doublées sur soie (série Cassini). Au terme des expositions, le degré de polymérisation viscosimétrique moyen de la cellulose (DP_v) a été mesuré selon la méthode normalisée ISO 5351. L'indice de cuivre a été évalué selon la norme TAPPI 430 cm-99. Des papiers Whatman n°1 (W1) et Whatman n°40 (W40) composés de cellulose de coton (100 %) et ne contenant aucun additif ont été choisis comme modèles de papiers d'exposition pour l'analyse. Ils jouent le rôle de capteurs pour l'évaluation de la dégradation. W1 représente un papier neutre de haut degré de polymérisation et W40 est plus représentatif d'un papier acide et plus oxydé, composé de fibres moins longues. Afin de pouvoir mieux appré-

hender des modifications pendant le temps de l'exposition dans les boîtes, certains papiers W40 ont été présensibilisés par oxydation chimique à l'hypochlorite de sodium (concentration 0,13 % et 0,26 % de chlore actif) ce qui induit une oxydation et de nombreuses coupures de chaînes aléatoires. Les quatre types de papiers testés (W1, W40, W40 ox 0,13% et W40 ox 0,26 %) ont été déposés pendant 14 mois aux Archives nationales dans les cinq boîtes en bois : dépôt au fond des boîtes ou insertion entre les documents pour les boîtes qui en contiennent (voir figures 5 et 6). Les conditions climatiques dans les zones où les boîtes étaient stockées ne sont pas stabilisées (pas de chauffage ni de climatisation des magasins). Pour référence, un échantillon de chaque papier a été déposé dans une boîte en carton neutre stockée en laboratoire en conditions thermo-hygro-métriques stables (23°C et 50 % HR) pendant la même période (14 mois).

Résultats

Valeur historique

La valeur historique des boîtes en bois est liée à la qualité de leur fabrication et à leur ancienneté, certaines étant contemporaines des fonds qu'elles conservent. Le chêne, ou le sapin selon les régions, sont remplacés au siècle dernier par le peuplier, plus léger et meilleur marché.

À Nantes, les 107 layettes en chêne des XV^e et XVI^e siècles peuvent être différenciées en trois groupes : les plus anciennes, contemporaines d'Anne de Bretagne, sont assemblées par queues d'aronde larges, elles mesurent 52 cm de long et 30 cm de large, leurs parois font 15 mm d'épaisseur ; 68 sont assemblées en queues



Figure 4. Exposition de coupons Purafil et de tubes Radiello® dans une layette et dans l'ambiance aux archives départementales du Puy-de-Dôme. © M. Dubus.



Figure 5. Boîte en chêne. ©Archives nationales / A.-L. Dupont.



Figure 6. Layette de la constitution de 1790, peuplier. © Archives nationales/ A.-L. Dupont.

d'aronde étroites, leurs glissières sont moulurées, elles mesurent entre 50 et 54 cm de long et entre 29 et 34 cm de large ; 23 sont assemblées par des clous, elles ont un profil de glissière arrondi, leurs côtés sont biseautés, façonnés par clivage, elles mesurent entre 53 et 54 cm de long et entre 31 et 34 cm de large. Ces layettes appartiennent donc à la mémoire du duché et de son domaine.

En Avignon les 336 boîtes sont en sapin et en peuplier ; 43 boîtes entières et 39 couvercles dans lesquelles sont toujours conservées les pièces de parchemin et de papier sont datées du XVI^e au XVIII^e siècle.

À Clermont-Ferrand, les layettes en sapin, sorbier, peuplier et frêne, se différencient par leurs dimensions. « Les layettes du fonds de l'abbaye St-Alyre de Clermont pourraient avoir été confectionnées lors du classement et de l'inventaire réalisés en 1787-1788 ; une partie d'entre elles a été remplacée dans la première moitié du XIX^e siècle (en tout état de cause avant 1860). En prévision d'un classement à venir de ce fonds partiellement couvert par l'inventaire de 1787-1788, le conditionnement des parchemins a été entrepris ; 52 boîtes du XVIII^e et 23 du XIX^e siècle sont vides, 3 du XVIII^e siècle et 11 du XIX^e sont encore pleines, auxquelles s'ajoutent deux layettes du fonds du couvent des Jacobins de Clermont »⁴

Le trésor des chartes des ducs de Lorraine est conservé aux archives départementales de Meurthe-et-Moselle dans l'hôtel de la Monnaie de Nancy depuis 1771. Les rayonnages en bois ont été remplacés par des étagères en métal en 1980, puis par des « compactus » en 1993 à l'occasion de la rénovation de la salle du trésor. Les layettes en bois ont été utilisées jusqu'en 2011 : 95 planches en chêne datent des XVII^e et XVIII^e siècles, et celles en sapin du XVIII^e siècle (voir figure 7).

À Charleville-Mézières, deux lots de 7 et 93 boîtes en peuplier n'ont pas été datés en raison de la faiblesse des informations obtenues.

Aux Archives nationales, un ensemble de 92 boîtes, soit 552 planches de chêne et de peuplier, a été étudié mais aucune boîte n'a pu être datée, soit à cause d'un problème d'accès aux cernes, soit à cause de l'indigence du nombre de cernes.

Qualité de l'air

Dans les boîtes

Pour les six boîtes étudiées en laboratoire, diverses perforations ont été relevées dont certaines traversantes (fentes, trous d'envol, lacunes...). Les résultats sont du même ordre de grandeur pour l'ensemble des boîtes testées, un à deux volumes par heure ; elles ne peuvent donc pas être considérées comme étanches à

l'air (rappelons le renouvellement d'air de vitrines correctement construites est de 0,02 à 0,04 volume par heure). Dans les boîtes fermées par un système à rabats le renouvellement d'air est plus faible que dans celles fermées par des couvercles à glissières. La manipulation des systèmes de fermeture des boîtes, surtout celles à glissières, suite à leur conditionnement à 50 % puis à 80 % HR, s'est effectuée sans problème en atmosphère plutôt humide (80 % HR) et très difficilement à 50 % HR donnant ainsi une information indirecte sur leur environnement climatique de fabrication et d'usage. Un suivi du comportement climatique et des variations de la masse des boîtes en fonction de l'hygrométrie montre qu'elles assurent toujours des transferts de vapeur d'eau avec leur environnement. Malgré une très faible étanchéité, les propriétés hygroscopiques du bois permettent toujours aux boîtes de remplir un certain rôle tampon vis-à-vis des variations journalières hygrométriques extérieures (voir figure 8). Dans les boîtes des archives départementales des Hautes-Pyrénées et du Lot, les concentrations en COV sont faibles, proches de celles mesurées dans l'enceinte, aucune des boîtes ne peut

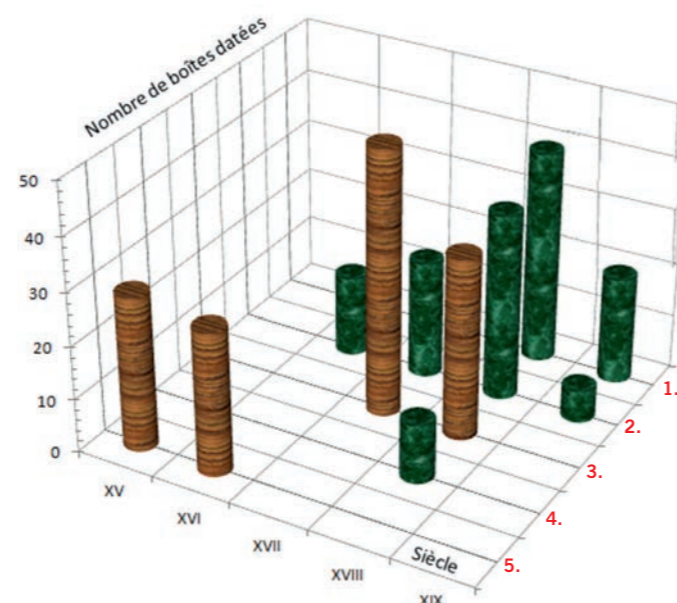


Figure 7. Répartition des essences des boîtes des archives départementales de Loire-Atlantique, de Meurthe-et-Moselle, du Puy-de-Dôme et de Vaucluse en fonction de l'âge du bois. © C. Lavier.

1. Clermont-Ferrand sapin avec présence de frêne, sorbier, orme et peuplier (XVIII^e-XIX^e siècles)
2. Avignon sapin
3. Nancy chêne
Présence de quelques éléments en peuplier (XVIII^e siècle)
4. Nancy sapin
Présence de quelques éléments en peuplier (XVIII^e siècle)
5. Nantes chêne
et 5 layettes en peuplier (XVIII^e-XIX^e siècles)

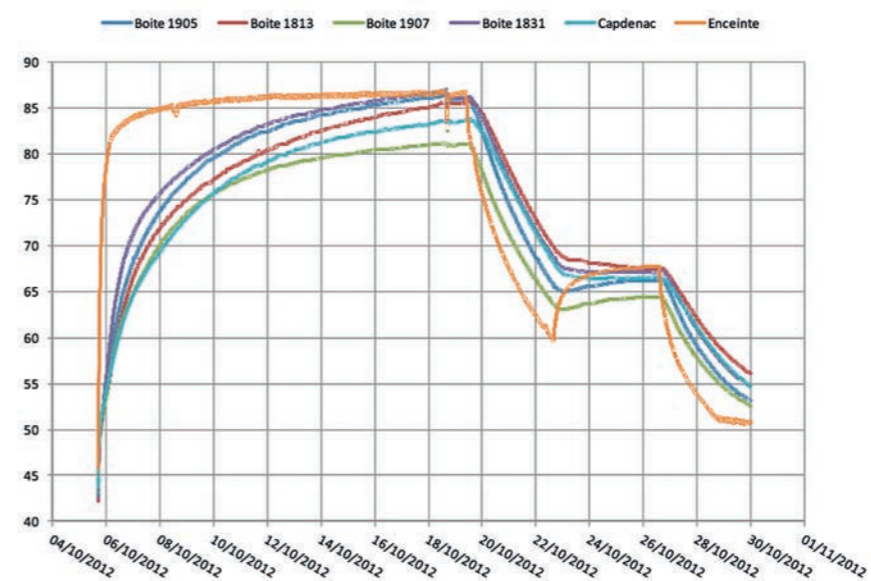


Figure 8. Essai, sur 25 jours, de mise en évidence de l'effet tampon de HR des différentes boîtes d'archives anciennes en bois soumises à des variations importantes et brutales de l'hygrométrie de leur environnement.

être considérée comme nocive pour les documents. Les concentrations en acides formique et acétique dans l'air ambiant sont de 64 et 166 µg/m³ respectivement, très comparables à celles de l'air dans les boîtes entre 51 et 80 µg/m³ pour l'acide formique et entre 170 et 189 µg/m³ pour l'acide acétique. Ces concentrations sont similaires à celles mesurées aux Archives nationales du Royaume-Uni à Kew [Fenech A. *et al.*, 2010].

Dans les magasins

Dans tous les magasins, les concentrations en polluants correspondent aux taux de pollution habituellement rencontrés dans l'air intérieur. Les mêmes polluants sont détectés dans les boîtes et à des concentrations similaires. Formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine, butyraldéhyde et

Sites	Environnements	Indice de corrélation
Haute-Marne	Ambiance-boîte	0,99
Hautes-Pyrénées	Ambiance-boîte1	0,97
	Ambiance-boîte2	0,98
Loire-Atlantique	Ambiance-air neuf	1,00
Lot	Ambiance-air neuf	1,00
	Ambiance-boîte	1,00
	Air neuf-boîte	1,00
Montpellier	Ambiance-air neuf	0,96
	Ambiance-boîte	0,98

Tableau 1. Indices de corrélation des concentrations en aldéhydes et toluène dans l'ambiance, les boîtes et l'air neuf aux archives de la Haute-Marne, des Hautes-Pyrénées, de Loire-Atlantique, du Lot et de Montpellier.

valéraldéhyde sont les composés les plus abondants. Le formaldéhyde et l'acétaldéhyde proviennent du bois, des panneaux de bois, des solvants des peintures ou des produits d'entretien, l'acroléine des gaz d'échappement, des graisses chauffées, de la fabrication des polymères, de la fumée, le butyraldéhyde des photocopieurs, imprimantes ou des solvants, le valéraldéhyde des livres et périodiques, des peintures à phase solvant des panneaux de particules, le toluène des peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, de l'essence. Les corrélations entre les concentrations en aldéhydes et toluène dans l'ambiance des magasins et dans les boîtes sont bonnes,

il n'y a pas de pollution particulière à l'intérieur des boîtes (voir tableau 1). Dans les boîtes pleines des archives des musées nationaux et des archives du Lot, cette corrélation n'est pas vérifiée ; c'est probablement le contenu qui est à l'origine des composés volatils supplémentaires. Aux Archives nationales, les COV dans trois boîtes ont une distribution comparable et appartient à une large gamme de familles de composés organiques dont, majoritairement : des alcanes linéaires, des BTEX, des hydrocarbures aromatiques polycycliques et des phtalates ; des aldéhydes et des acides carboxyliques linéaires ; du furfural et de la vanilline, composés caractéristiques du bois et de la dégradation du papier ; des dérivés cinnamiques et benzéniques spécifiques des émissions de la cire d'abeille qui ont été identifiés dans une boîte renfermant des sceaux en cire. Les faibles concentrations mesurées et la distribution des COV montrent qu'il n'y a pas de pollution particulière à l'intérieur des boîtes.

Dégradation des papiers modèles exposés

Le papier est un matériau poreux hygroscopique en équilibre dynamique constant avec son environnement (thermo-hygrométrie et qualité de l'air). Il est soumis à des cycles d'absorption et de désorption d'humidité et de polluants gazeux (COV et gaz atmosphériques) [Strlič M. *et al.*, 2004 ; Zervos S., 2010]. L'effet des polluants, qu'il s'agisse de polluants atmosphériques, générés par le trafic routier et les industries, infiltrés dans l'air des bâtiments ou de polluants émis par les matériaux de construction et les matériaux constitutifs des collections d'archives et de musées est encore

assez peu connu. Des recherches récentes montrent que l'acide formique est très agressif vis-à-vis des collections sur papier, alors que l'acide acétique ne l'est que modérément, tandis que les aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, hexanal, furfural) n'ont aucun impact négatif sur ces collections [Tétreault J. *et al.*, 2013].

À l'issue des quatorze mois d'exposition dans les boîtes, la plupart des papiers (pré-oxydés ou non) n'ont pas subi de scissions hydrolytiques des chaînes celluloses ni d'oxydation supplémentaire significative. Cependant une diminution significative du degré de polymérisation de la cellulose a été mesurée dans deux cas. Il s'agit des échantillons les plus fortement pré-oxydés (W40 ox 0,26 %) déposés dans deux boîtes dont la cellulose a subi une dépolymérisation de 23 % et 8 % respectivement par rapport aux échantillons de référence. L'air ambiant du magasin ne semble pas être responsable de la dégradation des papiers tests puisque les autres boîtes se trouvant dans le même environnement (même salle) n'ont pas présenté d'agressivité particulière pour les papiers. Notons que contrairement aux autres cas, il s'agit ici de boîtes en peuplier qui renferment des documents composites, majoritairement du papier mais aussi des sceaux en cire et métaux pour la première et de la soie doublant tous les documents pour la seconde.

Il est néanmoins difficile à ce stade de relier la chute du degré de polymérisation de la cellulose aux COV présents, étant donné que les émissions sont faibles et que la mauvaise étanchéité des boîtes a l'avantage de permettre d'éviter le confinement. La détérioration serait sans doute donc à relier avec la présence à proximité du papier d'autres matériaux plutôt qu'avec le bois de la boîte. Bien qu'un plus grand nombre d'essais d'exposition sur des durées plus longues, ainsi qu'une mesure de la concentration des acides émis soient nécessaires pour valider ces résultats, ils tendent à montrer une faible agressivité des contenants anciens en bois pour les papiers et mettent plutôt en évidence un problème de contamination croisée entre matériaux mixtes. L'utilisation de produits sorbants dans les boîtes en bois à contenu mixte permettrait sans doute de résoudre le problème.

Conclusions

Les sources de pollution à l'intérieur des magasins d'archives ne sont pas liées aux boîtes en bois qui ne constituent un danger ni pour le papier ni pour les métaux, quel que soit leur âge, d'une part car elles ne sont pas étanches, d'autre part parce qu'elles n'émet-

tent que peu de COV, dont les concentrations sont faibles. Les boîtes ne créent pas de confinement, elles protègent de la poussière et de l'eau. Nous n'avons pas trouvé d'infestations biologiques actives lors de nos visites dans les services d'archives.

Au cours de cette étude de nouveaux capteurs passifs pour les acides organiques ont été testés. Une méthode d'évaluation de l'impact des polluants sur les collections en papier a été appliquée en vraie grandeur.

La dendrochronologie a mis l'accent sur la valeur historique indéniable de nombreuses boîtes, par exemple en Bretagne et en Lorraine où des artisans méticuleux et précis ont fabriqué des layettes sur mesure pour conserver les trésors des chartes. Leurs savoir-faire jusqu'ici méconnus, voire ignorés, sont sans aucun équivalent en Europe. Les essences utilisées varient dans le temps et l'espace : chêne à Nantes aux ^{xv}^e et ^{xvi}^e siècles, en Lorraine aux ^{xvii}^e et ^{xviii}^e siècles ; sapin en Avignon du ^{xvi}^e au ^{xix}^e, en Lorraine et dans le Puy-de-Dôme aux ^{xviii}^e et ^{xix}^e siècles.

À Nantes, Clermont, Montpellier, Tarbes, les boîtes retirées du service depuis plusieurs années sont précieusement conservées dans les magasins ; à Cahors, Avignon, Châlons-en-Champagne, Charleville-Mézières ou Toulouse, les boîtes sont toujours en usage.

Remerciements

Nous remercions tout particulièrement Marie-Dominique Parchas du service interministériel des archives de France qui est à l'origine de ce projet et le ministère de la Culture et de la Communication qui a financé ce programme national de recherche. Nelly Cauliez est également chaleureusement remerciée pour sa contribution et sa disponibilité en tant que chef du pôle Restauration au département de la Conservation des Archives nationales, au début de l'étude.

Notes

1. Le tube Radiello® est un échantillonneur passif à diffusion radiale. Il est constitué d'un corps diffusif dans lequel une cartouche contenant l'absorbant est insérée, l'ensemble fixé sur une plaque de support. Le corps diffusif et la cartouche absorbante sont spécifiques des polluants à analyser. Le parcours de diffusion des composés sera dépendant de l'épaisseur de la membrane et de sa porosité, ce qui entraînera des débits d'échantillonnage pour les composés visés plus ou moins élevés. La cartouche exposée est ensuite désorbée à l'aide d'un solvant (CS2) et analysée par chromatographie en phase gazeuse.

2. Des coupons d'argent et de cuivre, appelés coupons de classification de corrosion (CCC), sont utilisés pour évaluer la réactivité d'environnements faiblement corrosifs comme les musées, les archives et les bibliothèques. Durant l'exposition, des films de corrosion se forment sur les coupons, en fonction du type et du niveau de contamination. Après exposition les coupons témoins sont retournés au laboratoire Purafil pour y être analysés par réduction cathodique/électrolytique. Les résultats sont présentés dans un rapport incluant la photographie du coupon témoin, l'épaisseur du film de corrosion, les classes de corrosivité des gaz identifiés. Le sulfure (Cu2S) et les oxydes de cuivre (Cu2O), le sulfure (Ag2S) et le chlorure d'argent (AgCl) sont les composés le plus souvent identifiés. Purafil a mis au point une banque de données des tests effectués dans des musées et des archives (tout en conservant la confidentialité de chaque institution), résumant les résultats obtenus, par types et localisations des bâtiments, précisant les conditions externes et la localisation des coupons dans les bâtiments. Cette banque de données met à disposition des informations et des statistiques qui permettent de comparer les résultats de façon relative, mais également d'optimiser l'installation d'un système de filtration chimique de l'air.

3. Le principe de cette technique repose sur l'adsorption des composés volatils sur une fibre de silice fondue enrobée d'une phase polymérique insérée dans un support d'une vingtaine de centimètres de longueur. Cette fibre est placée en contact direct ou à proximité immédiate du matériau émissif pour une durée préalablement définie, allant de quelques heures à plusieurs jours. La fibre sur laquelle les volatils sont adsorbés est ensuite insérée dans l'injecteur d'un chromatographe et les composés sont thermiquement désorbés, séparés puis caractérisés par CG/SM.

4. Henri Hours, communication orale du 15 mai 2012.

Références bibliographiques

Asensi Amoros V., Eschenbrenner-Diemer G., Lavier C., Pages-Camagna S., « Study and identification of ancient Egyptian polychrome woods: the funerary models of the museum of Fine Arts at Lyon (France) », *Hathor – Studies of Egyptology*, n°1, 2012, p. 11-30.

Brimblecombe P., Ramer B., « Display cases and the exchange of water vapour », *Studies in conservation*, vol. 28, 1983, p. 179-188.

Calver A., Holbrooke A., Thickett D., Weintraub S., « Simple methods to measure air exchange rates and detect leaks in display and storage containers ». In *ICOM Committee for conservation, 14th Triennial meeting, The Hague, 12-16 September 2005. Preprints*. London : James and James / Earthcan, 2005, p. 597-609.

Cassar M., Martin G., « The environmental performance of museum display cases ». In *Preventive conservation: practice, theory and research. Contribution to the Ottawa congress, 12-16 September 1994*. London : IIC, 1994, p. 171-174.

Dupré J.-C., Groves R., Latour G., Lavier C., Le Conte S., Le Moyne, S., G., Mannes D., Simon C., Uzielli L., Young C., « Survey of non-destructive techniques and tools applicable to conservation of the wooden cultural heritage objects: a database, cost ie0601 », *Journal of cultural heritage*, special issue, 2012, 30 p.

Fenech A., Strlič M., Kralj Cigić I., Levart A., Gibson L.T., de Bruin G., Ntanos K., Kolar J., Cassar M., « Volatile aldehydes in libraries and archives », *Atmospheric environment*, vol. 44, 2010, p. 2067-2073.

Lattuati-Derieux A., Bonnassies-Termes S., Lavédrine B., « Identification of volatile organic compounds emitted by a naturally aged book using solid-phase microextraction/gas chromatography/mass spectrometry », *Journal of chromatography A*, vol. 1026, 2004, p. 9-18.

Lattuati-Derieux A., Bonnassies-Termes S., Lavédrine B., « Characterisation of compounds emitted during natural and artificial ageing of a book. Use of headspace-solid-phase microextraction/gas chromatography/mass spectrometry », *Journal of cultural heritage*, vol. 7, 2006, p. 123-133.

Lavier C., Borel T., Vigears D., « Tracéologie appliquée aux objets et œuvres d'art en bois des musées de France : premiers exemples d'adaptations, de développements techniques et de résultats au sein du C2RMF », *Technè*, vol. 29, 2009, p. 15-18.

Lavier C., « Archéodendrométrie sur objets et œuvres d'art à support-bois : savoir-faire technique, capacités, obstacles et alternatives », *Spectra Analyse*, n°292, juin – juillet – août 2013, p. 67-73.

Lee S., Staehle R.W., « Coulometric reduction of oxides formed on copper, nickel and iron », *Journal of electrochemical society*, vol. 142, 1995, p. 2189-2195.

Leygraf C., Graedel T., *Atmospheric corrosion*. New York : Wiley-Interscience, 2000, 354 p.

Rice D.W., « Atmospheric corrosion of copper and silver », *Electrochemical society*, vol. 128, n°2, 1981, p. 275-284.

Sacchi E., Muller C. *Air quality monitoring at historic sites – redefining an environmental classification system for gaseous pollution*. Atlanta, Ga. : American society of heating, refrigerating & air-conditioning engineers, 2005, 7 p.

Strlič M., Kralj Cigić I., Kolar J., de Bruin G., Pihlar, B., « Non-destructive evaluation of historical paper based on pH estimation from VOC emissions », *Sensors*, vol. 7, 2007, p. 3136-3145.

Tétreault J., Dupont A.-L., Bégin P., Paris S., « The impact of carbonyl and hydrogen peroxide vapours on cellulose degradation under ambient hygrothermal conditions », *Polymer degradation and stability*, vol. 98, 2013, p. 1827-1837.

Thickett D., David F., Luxford N., « Air exchange rate – the dominant parameter for preventive conservation? », *The Conservator*, vol. 29, 2005, p. 19-24.

Thomson G., « Stabilisation of RH in exhibition cases: hygrometric half time », *Studies in conservation*, vol. 22, 1977, p. 85-102.

Thomson G., *The museum environment*, 2nd ed. Oxford / Boston : Butterworth-Heinemann, 1999.

Zervos S. « Natural and accelerated ageing of cellulose and paper: a literature review ». In Lejeune A., Deprez T., eds., *Cellulose: structure and properties, derivatives and industrial uses*. Hauppauge, N.Y. : Nova Science Publishers, 2010.

Résumé

Les interactions par émission de composés organiques volatils (COV) entre des boîtes en bois utilisées pour conserver des archives, l'environnement et leur contenu ont été étudiées dans l'objectif de les caractériser et déterminer leur potentiel de dégradation vis-à-vis des documents celluloseux et autres objets qu'elles contiennent. Une datation par dendrochronologie de deux cent quatre-vingt-huit boîtes provenant d'archives municipales et départementales et des Archives nationales (France) a été effectuée. Les boîtes se sont avérées très peu étanches, avec des taux de renouvellement d'air importants et, quel que soit leur âge, les émissions de COV sont faibles. Les concentrations de COV à l'intérieur et à l'extérieur des boîtes sont comparables. Elles ne présentent donc a priori pas de risque chimique particulier pour les objets celluloseux ou métalliques qu'elles contiennent et ont une valeur historico-culturelle.

Abstract

The interactions between historic wooden archival boxes, their content and the indoor environment were studied. The aim of the project was to characterize the boxes and investigate whether the volatile organic compounds (VOC) emitted can impact the stability of the cellulosic documents and metallic artefacts they contain. Through dendrochronology analyses 288 wooden boxes from city and regional archives as well as from the French National Archives were identified as dating from the XIVth to the XXth centuries. The boxes were shown to be not airtight and to emit moderate concentrations of VOC. Regardless of their age, the boxes do not seem to represent a particular risk for cellulosic materials and metallic artefacts.