

Anne Liénardy
Philippe Van Damme

INTER FOLIA

MANUEL DE CONSERVATION ET
DE RESTAURATION DU PAPIER

Institut royal du Patrimoine artistique
Bruxelles

© 1989 Institut royal du Patrimoine artistique
Parc du Cinquantenaire, 1
1040 BRUXELLES

Tous droits réservés

De cet ouvrage paraît simultanément une traduction en néerlandais: *Inter Folia*.
Handboek voor de conservatie en de restauratie van papier

Anne Liénardy
Philippe Van Damme

I N T E R F O L I A

MANUEL DE CONSERVATION ET
DE RESTAURATION DU PAPIER

Institut royal du Patrimoine artistique
Bruxelles

Ce manuel est le résultat d'un programme de recherche subsidié par le Fonds national de la Recherche fondamentale et collective.

Ce travail a été réalisé à l'Institut royal du Patrimoine artistique. Nous remercions tout particulièrement son directeur, Madame Liliane Masschelein, à qui nous devons tous nos moyens de travail.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance aux membres du laboratoire de l'Institut qui nous ont prêté leur concours dans les sujets qui font leur spécialité. Nous remercions également le Service photographique.

Grâce à l'aimable autorisation de Monsieur Ernest Persoons, Archiviste général du Royaume et de Monsieur Martin Wittek, Conservateur en Chef de la Bibliothèque royale, nous avons pu enrichir l'illustration photographique de ce manuel.

PREFACE

Notre pays possède un remarquable patrimoine en livres, documents d'archives, oeuvres graphiques. Malheureusement, il n'existe encore chez nous aucune infrastructure vouée à sa conservation. Contrairement à la plupart des autres pays dans le monde, y compris ceux que l'on qualifie « en voie de développement », la Belgique n'a pas de centre d'études spécialisé et les restaurateurs qualifiés sont en nombre dérisoire comparé au volume énorme des besoins. De plus, le danger encouru par nos collections s'accroît de jour en jour avec l'augmentation de la pollution et l'emploi de matériaux non durables (papiers acides, encres de mauvaise qualité...).

C'est grâce à une initiative ministérielle prise par Messieurs Bertouille et Coens, alors ministres de l'Éducation nationale, que nous avons pu bénéficier d'un subside du Fonds national de la Recherche fondamentale et collective. Pendant trois ans, deux chercheurs, Madame Anne Liénardy, licenciée en histoire de l'art et archéologie et titulaire du certificat de l'Istituto Centrale per la Patologia del Libro de Rome et Monsieur Philippe Van Damme, licencié en sciences chimiques et en géophysique, ont réuni les données techniques connues à ce jour dans le domaine des matériaux graphiques. Ils ont testé et comparé en laboratoire les principales méthodes de conservation : désacidification, blanchiment, consolidation...

Ce manuel résume leurs recherches. Il est destiné à tous ceux qui ont en charge des collections de livres et documents graphiques. Son but est de mettre à la portée du plus grand nombre des conseils essentiels de conservation et des références sûres pour le traitement des oeuvres en danger.

Le présent travail doit être considéré comme une première étape. Il faut nécessairement le prolonger par une étude approfondie des traitements de masse. La survie de nombreuses collections en dépend.

Enfin, je forme le voeu que les autorités responsables auront à coeur de nous aider à créer dans un proche avenir, au sein de l'IRPA, une cellule spécialisée dans l'étude et la conservation des documents graphiques. La grande valeur de ce patrimoine justifie certainement les mêmes soins et les mêmes égards que les autres formes de notre héritage culturel.

Liliane Masschelein-Kleiner

TABLE DES MATIERES

PREFACE	5
INTRODUCTION	9
PREMIERE PARTIE: NATURE DES MATERIAUX LIBRAIRES	11
CHAPITRE I: PAPIER	13
Apparition - Composition - Fabrication - Méthodes d'identification de la composition	
CHAPITRE II: PARCHEMIN ET CUIR	39
Peaux - Parchemin - Cuir - Différence entre le cuir et le parchemin - Caractéristiques de quelques peaux et cuirs courants	
CHAPITRE III: ENCRE	49
Encres manuscrites anciennes - Encres manuscrites modernes - Encres d'imprimerie	
<i>Bibliographie</i>	54
Papier - Parchemin et cuir - Encres	
DEUXIEME PARTIE: AGENTS DE DETERIORATION	59
CHAPITRE I: AGENTS PHYSICO-CHIMIQUES	61
Principaux mécanismes de détérioration - Facteurs climatiques - Lumière - Agents chimiques	
CHAPITRE II: AGENTS BIOLOGIQUES	77
Bactéries - Champignons - Insectes - Rongeurs	
CHAPITRE III: CATASTROPHES ET MEFAITS DE L'HOMME	95
Eau - Feu - Tremblements de terre - Guerres - Conservateur - Lecteur - Restaurateur	
<i>Bibliographie</i>	106
Agents physico-chimiques - Agents biologiques - Catastrophes et méfaits de l'homme	
TROISIEME PARTIE: MESURES PREVENTIVES	113
CHAPITRE I: CONTROLE DES CONDITIONS CLIMATIQUES	115
Normes - Instruments de mesure - Contrôle de la température et de l'humidité relative	

CHAPITRE II: CONTROLE DU NIVEAU D'ILLUMINATION	123
Normes - Instruments de mesure - Modifications des conditions d'éclairage	
CHAPITRE III: CONTROLE DE LA QUALITE DE L'AIR	129
Filtration de l'air - Aération - Dépoussiérage	
CHAPITRE IV: PROTECTION CONTRE LES AGENTS BIOLOGIQUES	131
Contre leur apparition - Contre leur développement	
CHAPITRE V: PRECAUTIONS CONTRE LES DOMMAGES PHYSIQUES	135
Protection contre le feu et le vol - Responsabilité du conservateur - Responsabilité du restaurateur - Responsabilité du lecteur	
<i>Bibliographie</i>	144
Contrôle des conditions climatiques - Contrôle du niveau d'illumination - Contrôle de la qualité de l'air - Protection contre les agents biologiques - Précautions contre les dommages physiques	
QUATRIEME PARTIE: METHODES CURATIVES	151
CHAPITRE I: DESACIDIFICATION	153
Mesure de l'acidité - Procédure expérimentale - Méthodes de désacidification aqueuse - Méthodes de désacidification non aqueuse - Méthodes de désacidification de masse - Effets secondaires des traitements - Conclusion: méthodes conseillées	
CHAPITRE II: BLANCHIMENT	175
Procédure expérimentale - Oxydants - Acides - Réducteurs - Lumière - Conclusion: méthodes conseillées	
CHAPITRE III: COLLES	191
Procédure expérimentale - Colles végétales - Colles animales - Colles cellulosiques - Colles vinyliques - Colles acryliques - Hydrocarbures - Résines thermoplastiques diverses - Conclusion: colles recommandées	
<i>Bibliographie</i>	207
Désacidification - Blanchiment - Colles	
BIBLIOGRAPHIE GENERALE	221
GLOSSAIRE	225
FOURNITURES ET ADRESSES	227
Fournitures	
Adresses	
INDEX	237
Index des auteurs	
Index des sujets	
Liste des illustrations et des tableaux	

INTRODUCTION

Les aspects techniques de la conservation du livre sont souvent négligés et même insoupçonnés. Les directives pratiques proposées dans cet ouvrage ne s'adressent pas exclusivement aux bibliothécaires, aux conservateurs ou aux restaurateurs; tout amateur de livres, lecteur ou bibliophile, y trouvera quelques conseils qui, s'ils sont suivis, préviendront d'éventuels accidents.

Afin d'assurer la sauvegarde du patrimoine libraise, il faut d'abord avoir conscience des dangers auxquels il est exposé et avant tout connaître la nature complexe de l'objet à conserver. Le livre peut être subdivisé en deux éléments: le corps d'ouvrage et sa protection ou reliure. Le support du texte fut d'abord d'origine animale, en parchemin, ensuite végétale, en papier. La couverture du livre est souple ou renforcée d'ais en bois ou de cartons recouverts de peau, cuir ou parchemin. La première partie décrira la nature des matériaux libraires.

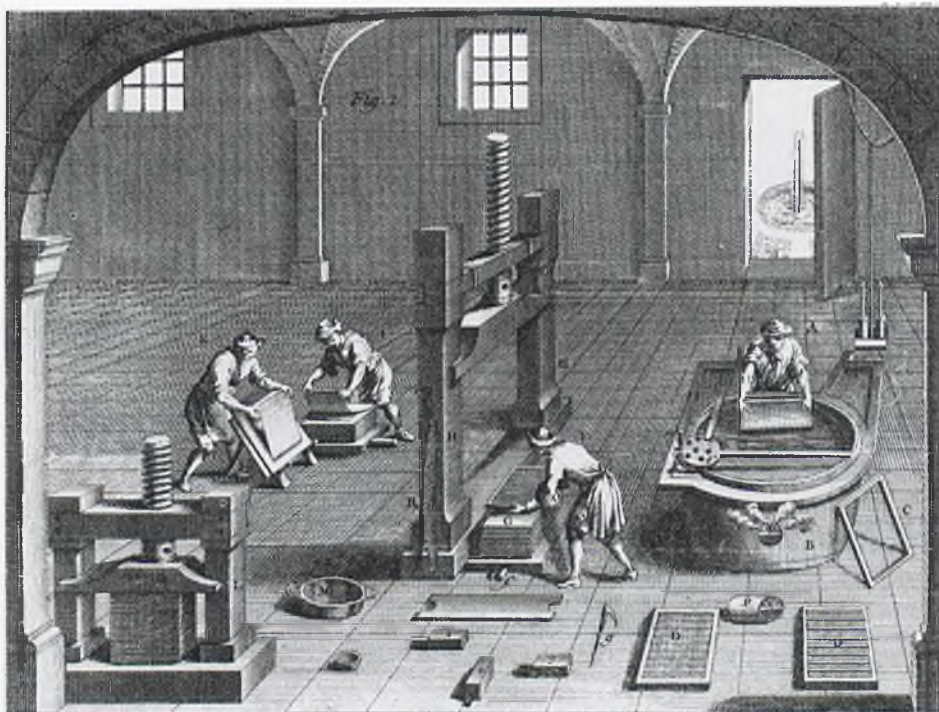
Ce travail sera principalement axé sur l'étude des facteurs de dégradation et le traitement des livres imprimés. Les autres documents graphiques tels que manuscrits, journaux, cartes, gravures et dessins sont soumis aux mêmes risques par leur nature identique: nombre de principes de conservation leur sont applicables. Les matériaux organiques dont sont formés les livres sont particulièrement sensibles à de nombreuses attaques: physiques, chimiques et biologiques. Dans la deuxième partie seront détaillés les différents agents de détérioration. La chaleur, la lumière solaire, l'humidité et les poussières endommagent le papier. De même les gaz, les acides et autres agents présents dans l'atmosphère, ainsi que les produits chimiques ajoutés en cours de fabrication, diminuent la résistance du papier et sa durée de conservation. D'autres facteurs sont une cause de détérioration des livres: les catastrophes naturelles telles que tremblements de terre, incendies; les actions de l'homme telles que la destruction délibérée ou des manipulations brutales. Il faut également y ajouter l'emploi de mauvaises méthodes de conservation et de restauration: résultat soit d'un manque d'information soit de l'utilisation de procédés ou de matériaux caducs. Cet aperçu théorique est le préliminaire indispensable à toute démarche d'ordre conservatoire.

La troisième partie sera consacrée aux mesures préventives ou règles qui, si elles sont respectées, devraient permettre d'éviter les dégradations préalablement décrites. Les dispositions à prendre pour assurer des conditions favorables de conservation peuvent être résumées par quelques principes élémentaires: protéger contre la lumière, contrôler la température et l'humidité, entretenir régulièrement et manipuler les livres avec soin. Cependant, même si ces mesures sont précises et claires, elles sont rarement appliquées.

Il faut que ces règles soient connues et divulguées dans le milieu bibliophile au sens le plus large. Ce n'est probablement pas par manque de bonne volonté de la part des conservateurs et bibliothécaires qu'elles ne sont pas suivies car ils devraient d'abord être mieux informés. C'est pourquoi le présent travail dénoncera les erreurs à ne pas commettre mais essaiera surtout de donner des mesures directement réalisables pour améliorer ou modifier les conditions préexistantes.

La dernière partie enfin sera d'ordre plus pratique. Différentes interventions de restauration seront envisagées : la désacidification, le blanchiment... Après expérimentation de nombreux traitements proposés dans la littérature, les auteurs présentent la synthèse des résultats obtenus et les modes opératoires des méthodes recommandables et applicables par des restaurateurs.

PREMIERE PARTIE : NATURE DES MATERIAUX LIBRAIRES



© Bibliotheca Regia, Bruxelles.

CHAPITRE I: PAPIER

- I. Apparition
- II. Composition
 1. Matières cellulosiques
 - a. Cellulose
 - b. Hémicellulose
 - c. Lignine
 2. Agents de collage
 3. Charges
- III. Fabrication
 1. Fabrication manuelle du papier
 2. Fabrication mécanique du papier
 - a. Pile hollandaise
 - b. Machine à papier
 - c. Pâte de bois
 3. Pâtes à papier
 - a. Pâte mécanique
 - b. Pâte chimique
 4. Fabrication industrielle du papier
 5. Principales étapes de l'histoire du papier
- IV. Méthodes d'identification de la composition du papier
 1. Types d'examens
 2. Réactifs colorants
 - a. Préparation
 - b. Résultats
 3. Examen microscopique
 - a. Pâtes de végétaux annuels
 - b. Pâtes de bois
 - c. Diamètre des fibres

1. APPARITION

Ce sont les Chinois qui ont eu les premiers l'idée de fabriquer du papier selon un procédé généralement attribué à Cai Lun, vers 105 de notre ère. Celui-ci imagina de séparer les fibres de vieux chiffons, cordages et autres matières végétales : chanvre, écorce de mûrier, pousses de bambou en les écrasant avec un pilon dans un mortier après les avoir fait pourrir. La pâte ainsi obtenue était diluée dans une grande auge remplie d'eau. On extrayait les fibres avec un rideau formé de fines baguettes de bambou que l'on plongeait plusieurs fois selon l'épaisseur souhaitée. Les feuilles retirées de ces formes étaient mises à sécher sur de grandes surfaces polies chauffées au soleil.

En 1957, on a retrouvé à Baqiao, dans la province de Shanxi des fragments de papier ancien dans une tombe datée du II^e siècle avant J.C. Cai Lun serait cependant un innovateur par l'introduction de nouvelles matières premières et par l'amélioration des procédés de fabrication.

Selon la tradition, le procédé chinois resta secret pendant des siècles, jusqu'à ce que des papetiers chinois eussent été faits prisonniers par les Arabes au VII^e siècle. Les voisins immédiats de la Chine bénéficièrent pourtant rapidement de cette invention : en Corée au II^e siècle, au Japon, en Indochine et Asie centrale au III^e siècle, en Inde avant le VII^e siècle et en Asie occidentale au VIII^e siècle.

En 751, les Chinois furent battus par les Arabes dans le Turkestan. Les prisonniers amenés à Samarcande furent obligés d'exercer leur métier. Parmi eux, des papetiers livrèrent leur savoir en échange de leur liberté. Le développement de cette industrie à Samarcande fut favorisé par la présence d'abondantes cultures de lin et de chanvre et de canaux d'irrigation qui fournissaient l'eau. Quarante ans plus tard, en 793, une autre manufacture de papier était implantée à Bagdad, Haroun al-Rashid y ayant amené des papetiers chinois.

Cependant, à ce moment, l'Occident est coupé de l'Orient. L'Islam demeure maître de la Méditerranée qui était la voie de communication la plus indiquée. Ceci explique qu'il ait fallu plus d'un demi-millénaire au papier pour pénétrer en Europe. De la Perse, le procédé de fabrication du papier passe en Syrie, à Damas, en Mésopotamie, à Bagdad et finalement en Égypte. C'est par l'intermédiaire de la civilisation arabe, et plus précisément par les invasions maures en Espagne, que le papier est connu en Europe au X^e siècle. Les croisades et les liaisons commerciales qu'elles ont engendrées avec les ports d'Orient permirent aux autres pays européens de connaître ce nouveau support.

Deux pays se disputent la priorité, non de l'invention mais de la fabrication du papier en Occident : l'Italie et l'Espagne. Ces deux pays conservent des documents très anciens sur papier. Mais rien ne prouve que le support de ces actes datés ait été fabriqué en Italie ou en Espagne. Il semblerait plutôt que le papier ait été fourni par les Arabes. Plus significative est l'apparition des premières fabriques et des premiers moulins à papier. On signale une fabrique à Xativa, en Espagne, dès le XI^e siècle, vers 1056. En Italie, c'est seulement en 1276 que fut installé le premier moulin à papier, à Fabriano.

La France qui dès le début du XIII^e siècle a commencé à adopter le papier espagnol ne paraît s'être livrée à cette industrie qu'au XIV^e siècle. Les archives départementales de l'Aube signalent l'existence d'un moulin à papier en 1338 dans la région de Troyes. Le moulin de Richard-de-Bas daterait de 1326. En Allemagne, les moulins à papier appa-

raissent vers la même époque : Mayence 1320, Nuremberg 1390. Pour nos régions, on cite un moulin en 1401 sur un affluent du Molenbeek et un autre en 1405 à Huy d'un certain Jean l'Espagnol.

Après avoir supplanté le parchemin, le papier de chiffons connaîtra une longue période d'hégémonie du XIV^e siècle jusqu'à la première moitié du XIX^e siècle. En effet les quantités de chiffons deviennent insuffisantes étant donné la demande croissante en papier. Il fallut recourir à une autre matière première. Parmi les nombreux produits de substitution, les plantes annuelles, les pailles et surtout le bois furent expérimentés. Les améliorations porteront sur l'industrialisation du procédé et la préparation des pâtes, notamment le raffinage des fibres, l'épuration et le blanchiment.

II. COMPOSITION

Les matières premières utilisées pour la fabrication du papier peuvent être réparties en trois groupes : les matières cellulosiques, les agents de collage et les charges.

1. MATIÈRES CELLULOSIQUES

Les matières cellulosiques sont obtenues à partir de végétaux, directement ou indirectement. Après leur utilisation textile, les plantes annuelles telles que le coton, le lin, le chanvre et le jute sont transformées en pâte à papier. Leurs fibres sont formées de cellulose à peu près pure, les autres constituants végétaux ayant été éliminés au cours des opérations de fabrication des fibres textiles. Cependant, lors de la préparation de la pâte à papier, on y ajoutait d'autres fibres : de l'*alfa*^{*}, aussi appelé *sparte*, ou de la paille de céréales (blé, seigle, orge ou avoine).

Parmi les arbres, les conifères (pin, cyprès, if, etc.) produisent une plus grande quantité de cellulose que les feuillus (bouleau, charme, hêtre, peuplier ou tremble). Le bois comprend, à côté de la cellulose pure ou α -cellulose, un certain nombre de substances diverses dont les plus importantes sont la lignine et les hémicelluloses (β - et γ -celluloses).

Avant de décrire la molécule de cellulose, il est opportun de la resituer dans son contexte : la fibre végétale et plus précisément la cellule végétale. Toutes les cellules sont formées à partir du *cambium* par division. Selon la direction de leur diffusion, elles se différencient en cellules de bois (diffusion interne) ou cellule de *liber* (diffusion externe). La lignine ne se dépose dans la structure fibreuse, principalement la lamelle mitoyenne et la lamelle primaire, que pendant la lignification, lorsque les cellules se transforment en cellules de bois.

La cellule végétale adulte, à la différence de la cellule animale, possède une paroi composée de plusieurs couches (Fig. 1). La plus externe ou lamelle primaire contient beaucoup de lignine, un peu de pectine, d'hémicellulose et de cellulose. Cette dernière se présente sous forme de microfibrilles dispersées. La lamelle secondaire comprend trois couches et constitue l'armature porteuse de la cellule végétale. Les différentes couches sont constituées de microfibrilles dont l'orientation moyenne change d'une couche à l'autre. La couche la plus volumineuse est celle du milieu qui comprend la plus grande

* Les mots en italiques sont expliqués dans le glossaire.

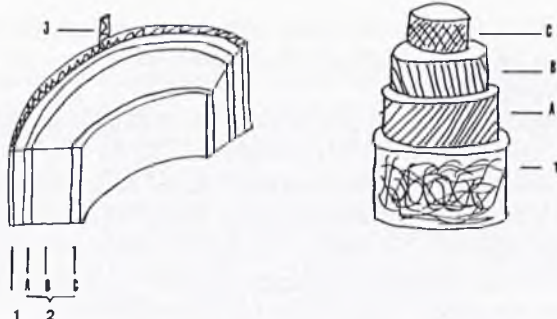


Fig. 1. Paroi de la cellule végétale : 1. lamelle primaire, 2. lamelle secondaire, a. couche externe, b. couche médiane, c. couche interne, 3. lamelle mitoyenne.

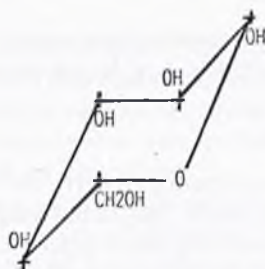


Fig. 2. Molécule de glucose.

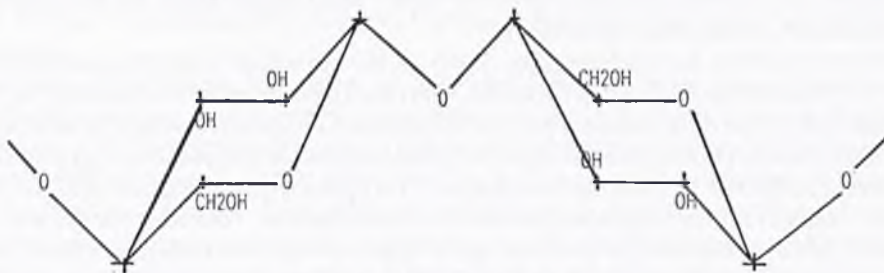


Fig. 3. Molécule de cellobiose.

part de cellulose sous forme de fibrilles orientées. Dans la couche interne, les fibrilles de cellulose sont orientées presque perpendiculairement à celles de la couche précédente.

La description de cette structure est importante car elle permet d'expliquer la nécessité du raffinage. Durant cette phase de la préparation de la pâte, les parois des fibres végétales sont rompues pour libérer les fibrilles de cellulose qu'elles contiennent.

a. Cellulose

La cellulose est un *polymère* naturel dont la longue chaîne linéaire est formée d'un seul motif chimique (parfois plus de 2000 fois), le glucose $C_6H_{12}O_6$ (Fig. 2).

Le dimère formé par la combinaison de deux molécules de glucose est appelé cellobiose (Fig. 3). C'est ce dimère qui est la véritable unité répétitive de la cellulose :

La représentation chimique d'une molécule de cellulose composée de n molécules de glucose est alors (Fig. 4):

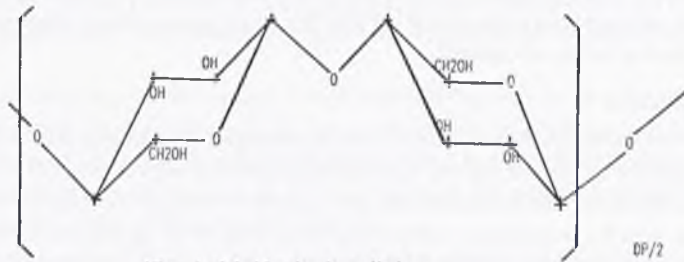


Fig. 4. Molécule de cellulose.

Les nombreux groupes *hydroxyles* de la cellulose peuvent former des liaisons avec les autres chaînes de cellulose. Ces liaisons sont appelées «ponts hydrogène». Les agglomérats de macromolécules forment alors des faisceaux : les filaments *micellaires*. Unis les uns aux autres, ceux-ci donnent naissance à des constituants plus volumineux : les fibrilles. Ce sont ces fibrilles qui, associées en de multiples exemplaires, forment les fibres végétales proprement dites. La liaison hydrogène est à la base du groupement parallèle de certaines régions de molécules de cellulose, formant ainsi des *crystallites* (Fig. 5).

Dans ces *crystallites*, la structure du matériau est tellement dense que la plupart des agents chimiques ne peuvent y pénétrer. Une dégradation chimique quelconque s'effectuera dans les régions plus ouvertes, dites amorphes.

La résistance mécanique du papier est due non seulement à la longueur des fibres mais aussi et surtout aux liens hydrogène qui se forment durant le processus de fabrication au moment du séchage. Lorsque les fibres se superposent les unes aux autres, les liaisons directes entre fibrilles, jusqu'alors absentes ou rares, commencent à remplacer les liaisons fibrilles-eau. Ces liaisons entre fibrilles s'établissent entre des groupes *hydroxyles* OH localisés sur des fibrilles différentes. Une feuille de vieux papier peut ainsi être renforcée simplement en l'humidifiant légèrement de manière à recréer les liens hydrogène entre les fibrilles.

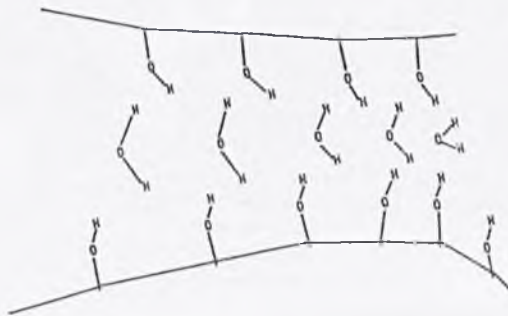


Fig. 5. Liaisons hydrogène entre deux chaînes de cellulose avec interférence d'eau.

Normalement, la cellulose sèche peut contenir 6 à 8 % d'eau. Si la pâte est déshydratée drastiquement, les fibres se contracteront en largeur et même se détérioreront. Les liaisons entre fibrilles deviennent alors trop abondantes et le papier perd son élasticité; les efforts mécaniques exercés sur les fibrilles ne peuvent plus se répartir sur la longueur des fibrilles et celles-ci cassent.

b. Hémicellulose

L'hémicellulose comprend une série de substances associées à la cellulose et composées de glucose et autres sucres. Les chaînes formées sont courtes et souvent ramifiées.

Les molécules d'hémicellulose ont une grande tendance à former des liens hydrogène. Elles sont très hydrophiles et adhésives, elles englobent les filaments *micellaires* qu'elles associent entre eux au sein des fibrilles (Fig. 6). Contrairement aux molécules d' α -cellulose, les hémicelluloses se laissent facilement dissoudre dans de l'eau alcaline.



Fig. 6. — Molécules de cellulose
XXXXXX Molécules d'hémicellulose.

c. Lignine

La lignine est une matière naturelle rigide à faible degré de *polymérisation*, surtout abondante dans les fibres de bois (Fig. 7). Sa composition chimique n'est pas encore complètement connue mais elle est certainement plus complexe que celle de l' α -cellulose. Sa fonction est d'agir comme un ciment entre les fibres du bois. Les procédés de fabrication du papier cherchent à l'éliminer des pâtes, avant tout pour libérer les fibres de cellulose et parce que les molécules de lignine forment très difficilement les liens hydrogène indispensables pour la résistance du papier. En outre, la lignine subit très fort l'action des agents extérieurs, notamment de la lumière.

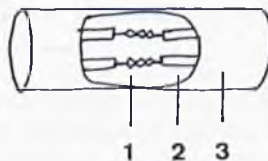


Fig. 7. Fibre végétale: 1. Cellulose, 2. Hémicellulose, 3. Lignine.

2. AGENTS DE COLLAGE

Les agents de collage sont des substances ajoutées au papier afin de masquer sa nature hydrophile. Il faut en effet le recouvrir d'une colle qui permet l'impression ou l'écriture manuscrite. Un papier non collé absorbe l'encre trop rapidement et celle-ci macule la feuille.

Dès l'origine, les papiers ont été collés. Les Arabes utilisaient de la colle végétale à base d'amidon. En Europe, les fabricants de papier de la ville de Fabriano ont introduit l'usage de la gélatine en 1337. Cette colle était obtenue par la cuisson de déchets de tannerie, de rognures de peaux ou d'abats de divers animaux. Le procédé nécessitait une manipulation supplémentaire de la feuille (Fig. 8).

En 1634 apparaît la première mention d'usage d'alun dans un manuel de papeterie. L'addition d'alun à la gélatine avait pour but de stabiliser la viscosité du collage à différentes concentrations et températures et d'augmenter sa résistance à la pénétration de l'encre. Déjà dans le courant du XVII^e siècle, on incorpora l'agent de collage à la pâte raffinée.



Fig. 8. Collage du papier (extrait de J.J. de Lalande, *Art de faire le papier*, Paris, 1761, pl. XII).

© Bibliotheca Regia, Bruxelles.

Lorsqu'au début du XIX^e siècle, le papier fut fabriqué de manière continue à la machine, au lieu de la colle animale, on employa une colle végétale à base de colophane. Celle-ci est extraite de vieilles souches d'arbre ou obtenue en saignant des pins. Il existe différents types de résines mais elles sont toutes caractérisées par une acidité élevée. Elles contiennent des acides de structure *terpénique*, dont le plus important est l'*acide abiétique*. Une saponification rend la résine soluble dans l'eau (sel de sodium). Le sel est précipité sur les fibres de cellulose sous l'action de l'alun (sulfate double d'aluminium et de potassium). Le procédé s'est d'abord répandu aux États-Unis en 1830. A partir de 1880, l'alun utilisé par les fabricants de papier n'est plus du sulfate double mais devient du sulfate d'alumine.

Aujourd'hui, l'alun-colophane est encore le premier produit employé dans le monde entier pour l'encollage du papier ordinaire, même si diverses résines synthétiques (urée-ou mélanine-formaldéhyde) donnent d'excellents résultats. L'emploi d'aluminate de sodium au lieu d'alun augmente le pH de la pâte. (La notion de pH sera expliquée dans la deuxième partie) Les effets de détérioration dus à l'alun sont éliminés par l'usage de *polyamides* qui peuvent aussi former la liaison entre la cellulose et la colophane. D'autres produits tels que les méthylcelluloses sont de très bons agents de collage en surface mais leur prix est très élevé.

En 1950, W. J. Barrow suggérait un collage synthétique alcalin pour parer au danger de l'acidité. De tels produits ont aujourd'hui été mis au point et sont utilisés pour la fabrication de papier stable non acide. Leur composition fait souvent l'objet d'un secret de fabrication.

3. CHARGES

Par ce terme, on désigne des matières minérales finement divisées qui viennent se loger dans les interstices des fibres enchevêtrées. Elles sont utilisées non pour donner plus de poids au papier mais pour en améliorer les qualités d'opacité et de blancheur. En outre, les charges remplissent les irrégularités de la surface du papier qui, étant plus lisse, s'imprime mieux. Mais, en même temps, leur présence réduit le nombre de liaisons entre les fibrilles de cellulose et affaiblit la résistance mécanique du papier.

Toutes les charges sont des matières minérales naturelles mais elles peuvent aussi être artificielles. Parmi les charges naturelles, la plus employée est le kaolin, découvert en Angleterre en 1733 et utilisé pour charger le papier à partir de 1870. Il s'agit d'un silicate hydraté d'aluminium formé par la désintégration graduelle de roches à base d'alumine. Le kaolin est bon marché mais il n'est pas extrêmement blanc. Entre 1800 et 1823, le gypse (sulfate de calcium) est utilisé pour la première fois. Il est également appelé « blanc de perle ». Les autres charges naturelles encore employées aujourd'hui sont le talc (silicate de magnésium) et la craie (carbonate de calcium). Parmi les produits artificiels, on notera l'emploi de l'oxyde de titane qui confère au papier une grande opacité, le carbonate de calcium artificiel et le sulfate de baryum.

Par opposition aux charges, incorporées directement dans la pâte, les substances de *couchage* sont ajoutées alors que la feuille est déjà formée. Le *couchage*, inventé au XVIII^e siècle, n'est largement utilisé que depuis le XX^e siècle. Certains *couchages* sont même alcalins, créant ainsi un *tampon* sur des papiers collés à l'alun-colophane et originellement acides.

III. FABRICATION

I. FABRICATION MANUELLE DU PAPIER

Le papier fabriqué à la main s'appelle aussi papier à la forme ou à la cuve. Ces deux termes s'expliqueront par le procédé de fabrication. Il faut distinguer deux opérations successives : tout d'abord la préparation de la pâte et ensuite la préparation de la feuille elle-même.

Pour la préparation de la pâte, la première opération est le triage des chiffons. Ceux-ci, classés selon leur composition et leur couleur, sont découpés en morceaux, c'est le déliassage. Ils sont lessivés pour en éliminer la graisse et les impuretés et passent dans le pourrissoir. Jetés dans de grandes cuves, ils y fermentent deux à trois semaines pour rendre plus facile l'opération ultérieure. Du pourrissoir, les chiffons sont introduits avec beaucoup d'eau dans les piles (Fig. 9). Ces piles sont des bacs creusés dans le granit ou dans une poutre en bois, dans lesquels des maillets retombent alternativement sur les chiffons les réduisant ainsi en minuscules fragments. Les maillets montés par batteries de trois ou quatre sont soulevés par des ergots solidaires d'un arbre moteur actionné par la roue à aubes du moulin. La tête des maillets est garnie de pointes de métal. Le traitement dure entre 18 et 36 heures, jusqu'à l'obtention d'une pâte blanchâtre et homogène. Cette pâte est alors versée dans une cuve en bois où elle est délayée avec de l'eau et maintenue à une température constante entre 40 et 60 °C.

La pâte ainsi préparée est mise en feuilles. Pour ce faire, l'ouvreur plonge la forme dans la cuve et la retire emplies de suspension fibreuse. Il en égalise l'épaisseur par un mouvement de balançoire et laisse l'eau s'égoutter quelques secondes.

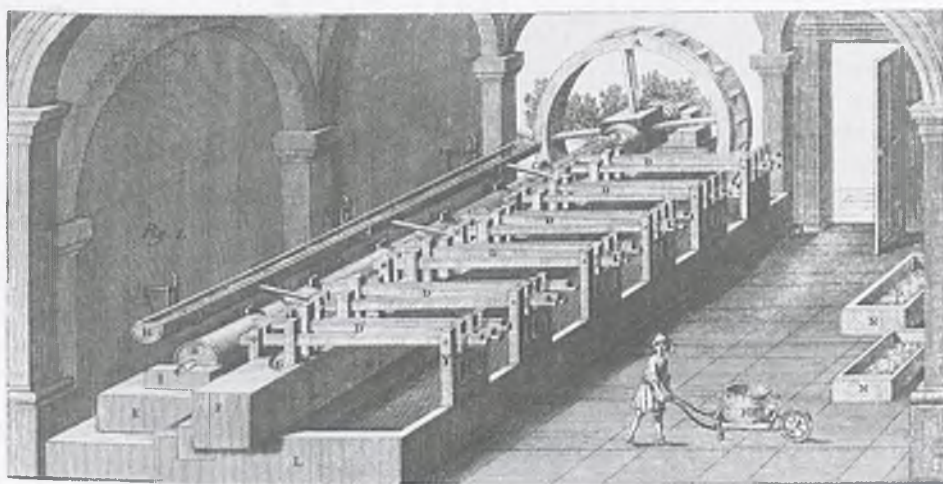


Fig. 9. Intérieur du moulin à pilons (extrait de J.J. de Lalande, *Art de faire le papier*, Paris, 1761, pl. IV).

La forme est constituée du cadre et de la couverte. Le cadre en bois est fermé par un réseau de fils et de tiges en laiton, formant un tamis. La couverte est un châssis rectangulaire amovible, également en bois, qui s'adapte au cadre et délimite le format de la feuille. A l'endroit des fils et des tiges, l'épaisseur de la pâte est moindre. En regardant la feuille par transparence, on découvre les traces du réseau: les *vergeures*, laissées par les fils et les *pointuseaux*, laissés par les tiges (Fig. 10).

Le filigrane est obtenu par le même phénomène. Le motif est dessiné au moyen d'un fil de cuivre inséré dans le réseau de fils métalliques de la forme. Il se situe généralement

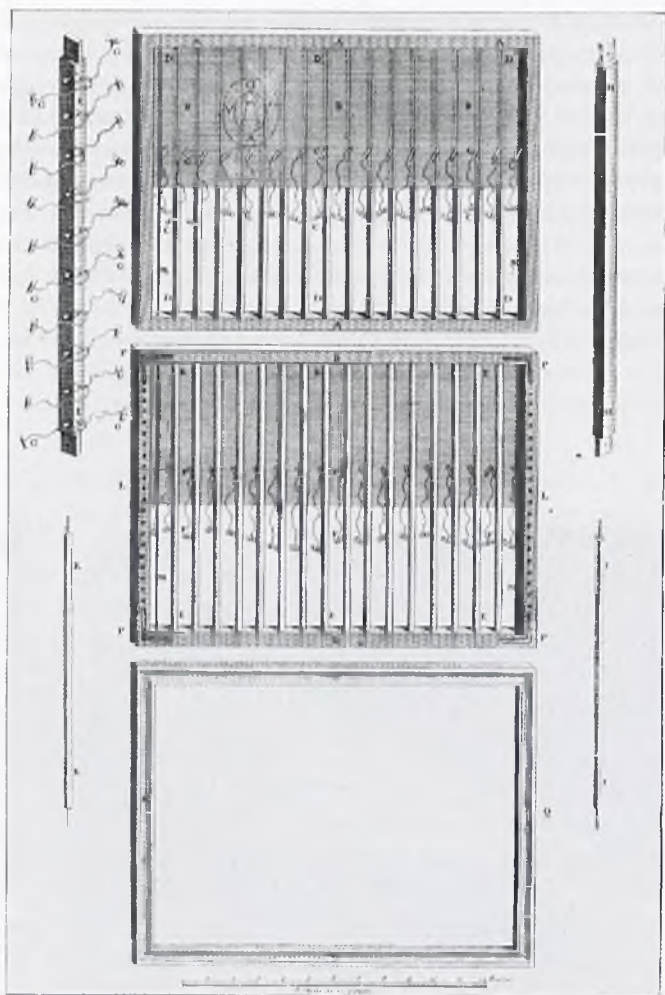


Fig. 10. Formes ou moules avec lesquels on puise les feuilles de papier (extrait de J.J. de Lalande, *Art de faire le papier*, Paris, 1761, pl. X).

au milieu de la moitié de la feuille pliée. L'importance du filigrane est énorme. Il nous renseigne sur la qualité, la date, la provenance et le format du papier.

Lorsque l'ouvreur a laissé la forme s'égoutter quelques secondes, il enlève la couverte et passe le cadre au coucheur. Celui-ci le renverse sur un feutre pour en détacher la feuille encore humide et ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'une « porse », c'est-à-dire une pile de 100 à 250 feuilles intercalées entre leurs feutres. La porse est passée sous une presse à vis afin d'en éliminer l'excès d'eau. La hauteur de la pile diminue ainsi de deux tiers. Le leveur détache ensuite chaque feuille de son feutre et la dispose sur une corde dans l'étendoir, local ouvert à l'air libre.

Le papier une fois séché passe au finissage où il est collé si l'usage auquel il est destiné le nécessite. Pour cet encollage, les feuilles sont plongées dans un bain de colle animale. Après un nouveau séchage de deux à trois jours, les feuilles sont récoltées et portées au lissoir où elles sont de nouveau pressées avant d'être lissées avec une pierre, silex ou agate. Finalement, les feuilles sont comptées et mises en rames de 20 mains de 25 feuilles chacune.

2. FABRICATION MECANIQUE DU PAPIER

De nombreux progrès techniques ont modifié la fabrication de la pâte ou du papier, parmi lesquels l'invention de la pile hollandaise en 1670, l'invention de la machine à papier en 1798 et l'introduction de la pâte de bois en 1840.

a. *Pile hollandaise*

Comme son nom l'indique, ce sont des fabricants hollandais qui inventèrent une pile équipée d'un cylindre au lieu de maillets. Le cylindre est garni de lames métalliques et tourne dans une cuve ou pile au-dessus d'une plaque, elle aussi munie de lames. La pâte circule entre le cylindre et la platine, la plaque dans le fond de la pile, et se trouve raffinée en passant entre les lames. L'invention de la pile hollandaise permettait un broyage plus rapide et n'exigeait plus de pourrissage préalable. De plus, le papier obtenu était plus beau, plus blanc et de meilleure qualité.

Cependant la pile hollandaise présentait le défaut d'être un raffineur discontinu. Lorsque la pâte est suffisamment raffinée, il faut en effet arrêter la pile et la décharger pour l'alimenter de nouveau avec de la pâte brute. Pour remédier à cela, les Américains Kingsland et Jordan ont construit vers 1850 un raffineur conique continu. Il se compose d'un cône garni de lames dans le sens de la longueur qui tourne à l'intérieur d'une coquille également munie de lames. La pâte est introduite au sommet du cône et quitte le raffineur à la base de celui-ci. Actuellement, on monte des combinaisons de différents raffineurs en remplacement des piles hollandaises, par exemple des raffineurs à disques et des raffineurs coniques.

b. *Machine à papier*

Un Français, Nicolas-Louis Robert, eut l'idée d'installer une toile sans fin au-dessus de la cuve à papier. Une roue à palettes extrait la pâte et la dépose sur la toile. Celle-ci reçoit des secousses pour activer l'égouttage (Fig. 11). Elle est ensuite entraînée dans une essoreuse composée de deux rouleaux. La toile supportant le papier en formation

passé entre ces deux cylindres qui expulsent l'eau de la pâte. Cette machine pouvait fabriquer des feuilles de 10 à 12 mètres de long. L'invention de Robert fut améliorée notamment en Angleterre en 1803 par Bryan Donkin avec le concours financier des frères Fourdrinier. Elle prendra sa forme définitive dans le monde entier sous le nom de « machine à table plate » ou « machine Fourdrinier ».



Fig. 11. La machine de N.L. Robert.
© Musée national du Papier, Malmédy.

c. Pâte de bois

Conjointement au développement de la fabrication du papier s'est opérée la révolution de l'imprimerie. Le perfectionnement apporté par Gutenberg avec l'invention des caractères mobiles a entraîné l'explosion de la culture et une large diffusion des idées. La consommation de papier a augmenté très rapidement. De plus, la pile hollandaise et la machine à papier, en multipliant les capacités de production, ont rendu plus aigu le problème de l'alimentation en matières premières, à savoir en chiffons. Au Moyen Age, la chiffre était relativement abondante grâce à la mode vestimentaire de

l'époque : l'usage du linge de corps de chanvre et de lin. Mais sa collecte a posé très vite des difficultés.

Après diverses expériences, le bois s'est révélé le produit de substitution le plus rentable. Keller découvrit en 1844 un procédé pour défibrer le bois par un râpage à la meule en milieu aqueux. Cette technique nouvelle fut industrialisée à partir de 1867 par Voelter. Parallèlement, on mit au point différentes méthodes chimiques afin d'éliminer les constituants inutiles des pâtes de bois. Le procédé à la soude inventé par H. Burgess et C. Watt est breveté en 1854. Il se répand à partir de 1860. Quelques années plus tard, Tilgham invente le procédé au *bisulfite* qui, après certaines améliorations, est utilisé commercialement aux États-Unis en 1882. Enfin, dans ces mêmes années 80, le procédé au sulfate est créé par C.F. Dahl et permet la production de papiers extrêmement résistants : les *kraft*. Il est mis en œuvre au Canada à partir de 1909. Actuellement, le bois représente 95 % de la matière première des papiers fabriqués dans le monde. Les chiffons n'interviennent plus que dans une proportion très faible inférieure, à 0,5 %. Le reste est constitué d'autres fibres végétales.

3. PÂTES A PAPIER

Avant de décrire la technique industrielle de fabrication du papier, il faut encore passer en revue les différents types de pâte de bois.

a. Pâte mécanique

La pâte mécanique traditionnelle, selon le procédé de Keller, est obtenue en râpant des rondins écorcés contre une meule en ciment en présence d'eau. Les impuretés et les agglomérats de fibres sont éliminés par tamisage. Après la seconde guerre mondiale sont apparus les désintégateurs à disques dans lesquels le bois est introduit sous forme de copeaux et non plus de rondins. Par ces procédés, on atteint un rendement de 95 %, c'est-à-dire que la matière sèche contenue dans la pâte représente 95 % du poids initial du bois.

Cette technique présente l'inconvénient de raccourcir la longueur des fibres et donc la résistance du papier. Pour cette raison les pâtes mécaniques ne sont jamais utilisées seules pour la fabrication du papier impression mais toujours mélangées à une certaine proportion de pâte chimique. La pâte mécanique intervient pour 80 % dans la composition du papier journal, ce qui explique sa dégradation rapide et son jaunissement. En effet le papier fabriqué avec cette pâte a une faible résistance mécanique due aux dimensions réduites des fibres et il a tendance à devenir cassant. D'autre part la lignine qui n'a pas été éliminée est sensible à la lumière et responsable du jaunissement.

Depuis les années 70, une nouvelle technique a été mise au point : la fabrication thermomécanique qui utilise des copeaux ayant subi une cuisson à la vapeur d'eau. La lignine est rendue plus molle et le traitement mécanique est raccourci. Le rendement est de l'ordre de 80 %. La longueur des fibres est plus élevée que dans la pâte purement mécanique. Le papier ainsi produit a une résistance plus grande et peut être utilisé sans adjonction de pâte chimique.

b. Pâte chimique

Les pâtes chimiques sont obtenues par dissociation des éléments de cellulose de la lignine qui soude entre elles les fibres végétales. La lignine est éliminée par dissolution avec des agents chimiques à température et pression élevées. Les deux méthodes les plus répandues utilisent le sulfate ou le *bisulfite*. Le rendement est faible, de l'ordre de 45 à 55 % de matière sèche du poids initial de bois écorcé, mais on obtient des pâtes aptes à fabriquer des papiers et des cartons résistants. Les pâtes sont écruées; un traitement supplémentaire éliminera la teinte naturelle beige brun.

Avant de disposer de réactifs chimiques (le chlore n'a été découvert qu'en 1774 par K. Sheel) la seule technique pour blanchir le papier était de l'exposer, encore humide, au soleil. Grâce à la production de composés chlorés stables, le blanchiment de la pâte se généralisera au début du XIX^e siècle avec du «chlorure de chaux» ou hypochlorite de calcium, $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ et de l'hypochlorite de sodium, NaOCl , plus connu sous le nom d'eau de javel. Après la seconde guerre mondiale, est apparue une nouvelle famille d'agents de blanchiment: les peroxydes, H_2O_2 . Des *réducteurs* sont également utilisés pour blanchir les pâtes, principalement l'hydrosulfite ou dithionite de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$).

4. FABRICATION INDUSTRIELLE DU PAPIER

La fabrication industrielle du papier est une systématisation de la technique ancienne. La pâte est livrée par des usines qui la produisent exclusivement. Elle est rediluée avec de l'eau et avec les adjuvants (colles et charges). La pâte est mélangée et raffinée avant d'être amenée à la machine à papier en continu. A ce moment, elle contient environ 99 % d'eau.

Les fibres en suspension dans l'eau sont coulées sur un tamis, une toile métallique sans fin supportée par un certain nombre de *pontuseaux* (par analogie avec les supports de la forme à papier). Sur cette toile, qui peut avoir jusqu'à 10 mètres de largeur, commence directement l'égouttage de la pâte. Celui-ci est facilité par un mouvement de translation longitudinal et par l'action de caisses aspirantes. Après quelques mètres, la feuille est déjà formée. Les opérations ultérieures consistent à abaisser la teneur en eau qui est encore de 85 % lorsque la bande de papier quitte la toile. Pour cela, la feuille passe dans la section des presses comportant plusieurs paires de cylindres qui extraient 20 % de l'humidité. La siccité du papier est encore insuffisante et il n'est plus possible de l'augmenter par de seuls moyens mécaniques.

Après le passage dans la sécherie, la teneur en eau du papier est ramenée à des valeurs comprises entre 5 et 10 %, qui sont les valeurs admises pour les papiers dits secs. La sécherie d'une machine se compose d'une série de cylindres en fonte chauffés à la vapeur. Le papier obtenu à ce stade est appelé «brut de machine». On peut lui donner un aspect lisse par calandrage (presses cylindriques en fonte polie). La feuille est enroulée en bobines qui sont ensuite façonnées selon le format désiré (Fig. 12).

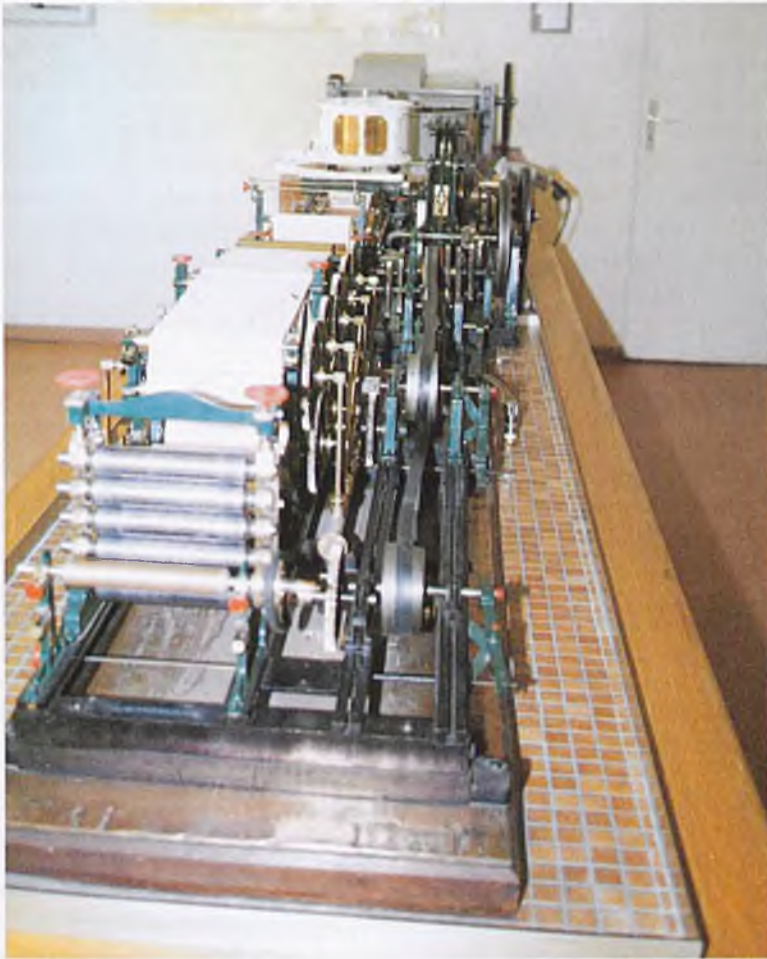


Fig. 12. Machine à fabriquer le papier en continu.
© Musée national du Papier, Malmédy.

5. PRINCIPALES ETAPES DE L'HISTOIRE DU PAPIER

- 105 Situation habituelle de l'invention du papier par le Chinois Cai Lun
- 751 Bataille de Samarcande: le procédé de fabrication, jusque là tenu secret, est transmis aux Arabes
- 1050 Première papeterie en Europe, à Xativa en Espagne
- 1276 Première papeterie en Italie, à Fabriano
- 1282 Le plus ancien filigrane connu
- 1320 Premier moulin à papier en Allemagne, à Mayence

- 1337 Introduction du collage à la gélatine à Fabriano
- 1338 Premier moulin à papier en France, dans la région de Troyes
- 1401 Mention d'un moulin en Belgique sur un affluent du Molenbeek
- 1670 Premier usage de la pile hollandaise en Hollande
- 1799 Invention de la machine à papier par N.L. Robert en France
- 1806 Introduction du collage végétal à la colophane, à base de sulfate double d'aluminium et potassium
- 1806-7 Brevet pour la machine à papier améliorée par les frères Fourdrinier et B. Donkin en Angleterre
- 1807 Utilisation du kaolin comme charge
- 1822 Première machine Fourdrinier installée en France pour Canson à Anno nay
- 1823 Le gypse est employé pour la première fois comme charge
- 1830 Utilisation du collage à la colophane aux États-Unis
- 1844 Introduction de la pâte de bois par A. Keller
- 1860 Diffusion du procédé à la soude
- 1867 Industrialisation de la pâte mécanique par Voelter
- 1880 L'alun devient du sulfate d'alumine
- 1882 Commercialisation du procédé au *bisulfite*
- 1884 Invention du procédé au sulfate
- 1950 Recommandation d'un collage neutre par W.J. Barrow aux États-Unis

IV. METHODES D'IDENTIFICATION DE LA COMPOSITION DU PAPIER

La composition du papier est un des facteurs qui déterminent sa permanence. Les conditions de conservation, même si elles sont strictement observées, ne peuvent empêcher la dégradation des papiers de mauvaise qualité. Au cours des siècles, des matières de plus en plus diverses ont été employées pour sa fabrication. La recherche d'un matériau économique pour satisfaire la demande croissante en papier a engendré une diminution de la qualité. Ces modifications altèrent principalement les papiers produits à partir de 1850 et notamment à partir de l'introduction de la pâte de bois. Il est donc nécessaire, lorsqu'on examine un livre détérioré par divers agents de dégradation dont il est difficile d'estimer les apports spécifiques, de déterminer la composition fibreuse du support. Cet examen pourra établir si la première cause de la détérioration est liée à la composition du papier et déterminer les mesures à prendre pour améliorer sa conservation et sa sauvegarde.

1. TYPES D'EXAMEN

Pour déterminer la composition fibreuse du papier, on peut réaliser un test rapide avec un réactif coloré. Par comparaison avec le tableau proposé ci-dessous, la coloration obtenue indique le type de pâte utilisé. Cette méthode présente l'inconvénient d'être destructrice dans la mesure où elle laisse une tache colorée sur la feuille analysée, sauf si on réussit à trouver un fragment isolé et détaché entre les pages. Quelques fibres grattées à la surface du papier et immergées dans une goutte de réactif coloré peuvent parfois suffire si l'on peut ensuite observer le prélèvement à l'aide d'un microscope.

2. REACTIFS COLORANTS

De nombreux réactifs colorants permettent de déterminer la composition fibreuse du papier. Parmi eux, nous détaillerons le mode préparatoire du réactif de Herzberg et du phloroglucinol. Pour tous les autres, nous renvoyons aux livres cités dans la bibliographie : par exemple B. L. BROWNING et L. VIDAL.

a. Préparation selon la norme AFNOR 03 001 (*)

1° Colorant de Herzberg ou chloriodure de zinc

Faire la dissolution suivante : Chlorure de zinc pur 40 gr et 20 ml d'eau distillée. Après refroidissement, mélanger peu à peu avec la solution suivante : Iodure de potassium 4,2 gr, Iode 0,2 gr et 10 ml d'eau distillée. Décanter après repos d'un jour.

Le réactif doit colorer :

- en rouge-brun, toutes les fibres constituées de cellulose pure, naturelle : le coton, le lin, le chanvre, la *ramie*, le mûrier à papier (Kodzo).
- en jaune, les ligno-celluloses : la pâte mécanique, le jute non blanchi, les pailles non blanchies.
- en jaune, jaune-vert : les fibres orientales : gampi et mitsumata.
- en bleu violacé ou mauve, les pâtes chimiques de bois et d'autres matières ligno-cellulosiques : le jute blanchi, les pailles, l'*alfa* et le bambou.

Si la coloration est trop pâle, le réactif est insuffisamment concentré. Il faut y ajouter du chlorure de zinc qui se dissoudra peu à peu et au besoin quelques cristaux d'iode. Si le réactif colore toutes les fibres en bleu, même les chiffons, il convient de lui ajouter de l'eau goutte à goutte avec précaution.

Avant de l'utiliser, on pourra tester le réactif frais sur trois standards : α -cellulose, pâte mécanique et pâte chimique de bois.

Cette solution perd ses propriétés colorantes par une exposition continue à la lumière et à l'air. Il faut donc la conserver dans une bouteille brune hermétique.

2° Phloroglucinol

1 gr de chlorhydrate de phloroglucine dans 50 ml d'alcool à 90°. Ajouter à cette solution 25 ml d'acide chlorhydrique ($d = 1,19$).

Ce réactif permet de déceler la présence de pâte mécanique de bois et d'autres fibres très lignifiées, non désincrûstées, telles que le jute ou la paille non blanchis.

Il est incolore quand il vient d'être préparé mais jaunit au bout de quelques semaines sans toutefois perdre beaucoup de son pouvoir colorant.

Il est cependant préférable de le conserver dans une bouteille brune dans l'obscurité.

b. Résultats

En présence de pâte de chiffons, le colorant de Herzberg donne une teinte rouge violacé. La présence de lignine et donc de pâte de bois est révélée immédiatement par le test au phloroglucinol qui donne une teinte rouge. Cette coloration est foncée lorsqu'il s'agit de pâte de bois mécanique ; elle sera pâle et parfois presque invisible sur du papier composé d'un mélange de pâte chimique et de pâte mécanique.

* Recueil des normes françaises. *Papiers, cartons et pâtes*, tome I : 4^e éd., Paris, 1985, p. 126-127.

TABLEAU I
Résultats des colorations

	<i>Herzberg</i>	<i>Phlorogl.</i>
Cellulose pure coton, lin, <i>ramie</i> chanvre, kodzo	lie de vin	incolore
Ligno-cellulose pâte mécanique jute et paille non blanchies	jaune	pourpre
Pâtes chimiques écrues conifères <i>bisulfite</i> et sulfate, feuillus Pâtes chimiques blanchies	bleu violet	incolore

3. EXAMEN MICROSCOPIQUE

L'identification des fibres de plantes ou d'arbres se fera en comparaison avec les descriptions figurant dans les atlas utilisés en papeterie. Nous donnerons cependant un aperçu des caractéristiques des principales fibres. A titre de référence iconographique, nous citons : édité par Wilfred A. COTE, *Papermaking Fibers Atlas. A Photomicrographic Atlas*, et l'ouvrage de Louis VIDAL, *L'analyse microscopique des papiers*, Paris, 1939. (v. bibliographie)

a. Pâtes de végétaux annuels

Elles proviennent de vieux chiffons, de déchets de l'industrie textile, de cordages ou du traitement des plantes elles-mêmes.

1° Coton (*Gossypium* var.)

De la plante, on n'emploie en papeterie que les *bourres* (*linters*). Toutes les fibres sont récupérées de vieux chiffons. Fibre relativement opaque, cylindrique (15 à 18 μ) ou aplatie en forme de ruban, souvent tordu sur lui-même (20 à 30 μ). Cette caractéristique n'est pas propre à la seule fibre de coton mais elle est son caractère le plus apparent. La paroi membraneuse montre des stries réticulées, parallèles mais sans nodosité et sans pli de flexion.

2° Lin (*Linum usitatissimum*)

Fibre transparente, régulière, aux extrémités effilées (15 à 18 μ de diamètre). La paroi est épaisse et uniforme. L'extérieur est lisse, parfois légèrement strié avec des noeuds qui donnent l'apparence d'un morceau de bambou. Ces stries ou plis de flexion sont une caractéristique des fibres d'écorce. Ces fibres forment des bottes compactes et ont souvent des fibrilles détachées ou adhérentes.

3° Chanvre (*Cannabis sativa*)

Fibre dont la grosseur est très variable (de 12 à 30 μ , en moyenne 20 μ). Elles montrent des stries et très souvent des fibrilles détachées ou adhérentes. Les bouts des fibres sont largement aplatis. Elles forment des bottes compactes avec de fines marques transversales. Ces fibres se distinguent très difficilement de celles du lin, par leur morphologie, leurs réactions colorées et même leur composition chimique.

4° Ramie (*Boehmeria* var.)

Fibre de forme et de longueur irrégulière, parfois cylindrique, lisse ou striée, parfois aplatie. Les extrémités des fibres peuvent être arrondies, spatulées ou en fer de lance. Cette fibre se caractérise par une largeur supérieure à celle de toutes les autres fibres : de 12 à 82 μ .

5° Jute (*Corchorus capsularis*)

Fibre presque cylindrique (16 à 20 μ de diamètre) et aplatie en bottes compactes. Comme le lin, le jute présente de nombreuses cassures. Les extrémités sont généralement effilées. Elle est caractérisée par des étranglements du canal central ; celui-ci se rétrécit sans que l'épaisseur de la fibre en soit modifiée.

6° Pailles

Les plus employées sont les pailles de seigle (*Secale cereale*), de blé (*Triticum sativa*), d'avoine (*Avena sativa*), d'orge (*Hordeum vulgare*) et de riz (*Oryza sativa*). Elles renferment de nombreux éléments isolés parmi lesquels des matières non fibreuses. Les fibres sont extrêmement fines et courtes : de 10 à 20 μ de diamètre avec une paroi épaisse. Les cassures et nodosités sont peu marquées. Les extrémités sont graduellement effilées. Parmi les éléments non fibreux, on peut distinguer des cellules ligneuses longues ou courtes. Elles sont très dures et peuvent même parfois former des taches dans le papier. On trouve également des cellules épidermiques provenant des feuilles. Elles sont rectangulaires et dentelées, de petite dimension.

b. Pâtes de bois

1° Distinction entre résineux et feuillus

La cellulose des conifères consiste presque exclusivement en éléments fibreux : les trachées ou trachéides. Celles-ci varient en forme selon les saisons. Les trachéides des bois d'été et de printemps, présentes dans des proportions prédominantes, sont larges (de 50 à 60 μ) aplatis, aux parois minces avec des extrémités effilées ou arrondies. Les fibres des bois d'automne sont plus étroites (30 à 40 μ) avec des extrémités pointues et des parois épaisses. C'est le même élément qui assure les deux fonctions principales de la tige : le transport de la sève et le soutien de l'arbre.

Les trachéides de conifères sont définitivement caractérisées par la présence de pores circulaires ou *arôles*, disposés longitudinalement et entourés de dépressions circulaires ou noyaux. Ces pâtes sont également caractérisées par les cellules *médullaires*, de forme rectangulaire, qui renferment de la résine.

Les deux espèces les plus employées sont le sapin (*Abies* ou *Picea* var.) et le pin (*Pinus* var.). Leurs fibres sont fort semblables. Les *arôles* du sapin sont formées de

deux cercles concentriques. Les fibres de pin ont des fenêtres au contour simple en plus des *aréoles*.

Contrairement aux résineux, les feuillus sont constitués de deux types de cellules en rapport avec leur fonction. Les fibres ont un rôle de soutien, elles sont courtes, fines et fuselées (de 20 à 27 μ). Beaucoup d'entre elles sont franchement larges dans la partie centrale de la fibre, s'effilant plutôt subitement vers les deux extrémités.

Ces pâtes sont immédiatement identifiées par la présence de très larges vaisseaux avec des parois extrêmement minces. Ces vaisseaux sont ouverts aux deux extrémités et sont couverts de pores, disposés en beaux dessins qui permettent jusqu'à un certain point de différencier l'espèce d'arbre à partir de laquelle la pulpe a été préparée. Parmi les espèces les plus employées, citons le peuplier (*Populus* var.) et le châtaignier (*Castanea* var.).

2° Distinction entre pâte mécanique et pâte chimique

La pulpe de bois mécanique se distingue de la pulpe de bois chimique par le fait qu'elle est préparée à partir de l'arbre ou du rondin par des moyens purement mécaniques. Cette pâte est très impure. Les fibres sont courtes et fragiles. Les fibres individuelles sont rarement trouvées intactes et isolées. Elles se rencontrent soit en fragments mutilés soit en agrégats cassés de plusieurs fibres tenues ensemble par des liens transversaux: les rayons *médullaires*.

Les fibres obtenues par l'un ou l'autre des procédés chimiques sont longues mais plus courtes que celles de coton ou de lin. Elles sont larges comparées à leur longueur, aplaties et parfois tournées.

c. Diamètres des fibres

TABLEAU 2

Pâtes de bois

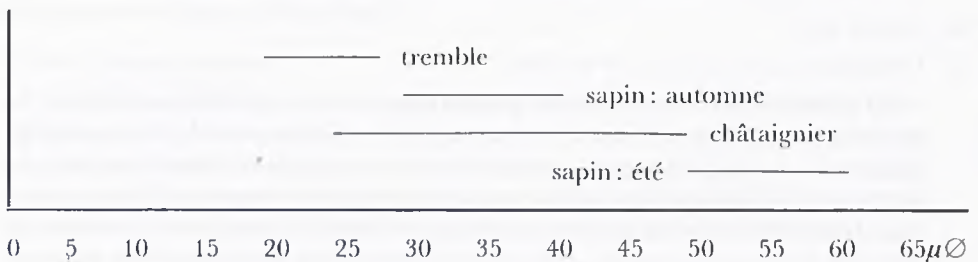
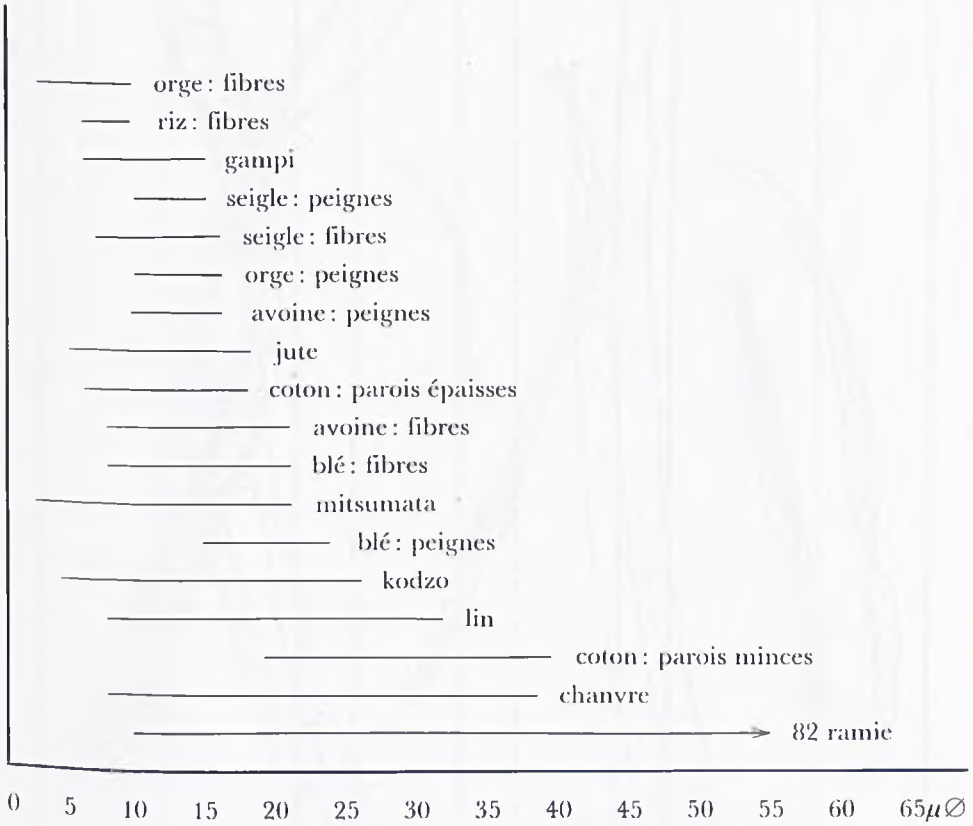


TABLEAU 3
Végétaux annuels



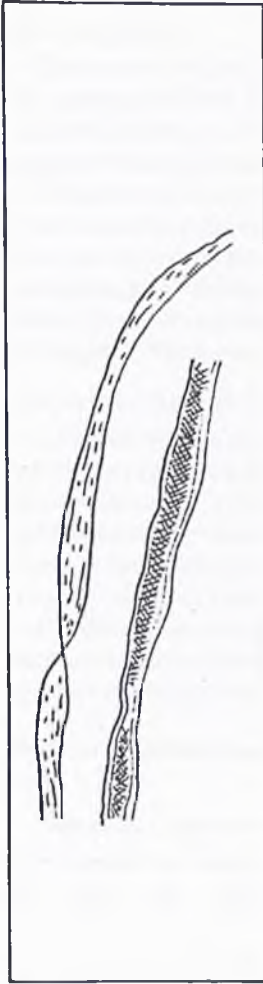


Fig. 13.
Gossypium var.
 F: coton
 GB: cotton
 D: Baumwolle
 NL: katoen
 I: cotone
 Fibres de coton
 300 X
 Portion de fibre torsadée

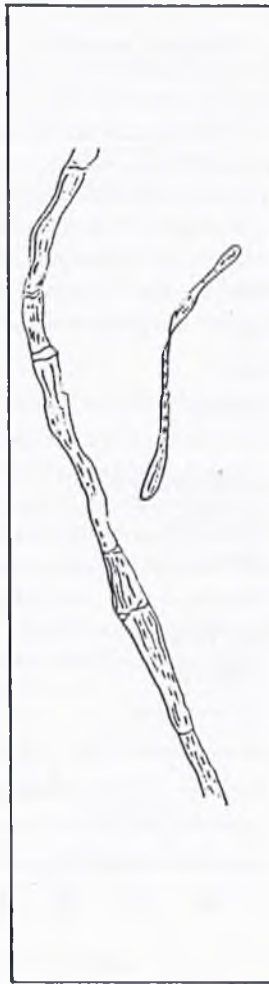


Fig. 14.
Linum usitatissimum
 F: lin
 GB: flax
 D: Flachs
 NL: vlas
 I: lino
 Fibres de lin
 150 X

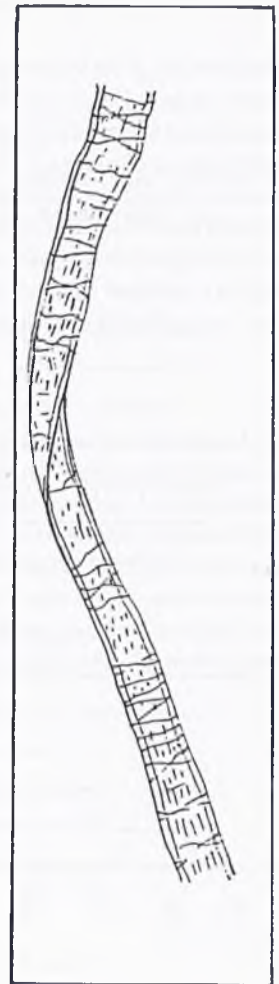


Fig. 15.
Boehmeria var.
 F: ramie
 GB: ramie
 D: Ramie
 NL: ramie
 I: ramiè
 Fibre de ramie
 120 X

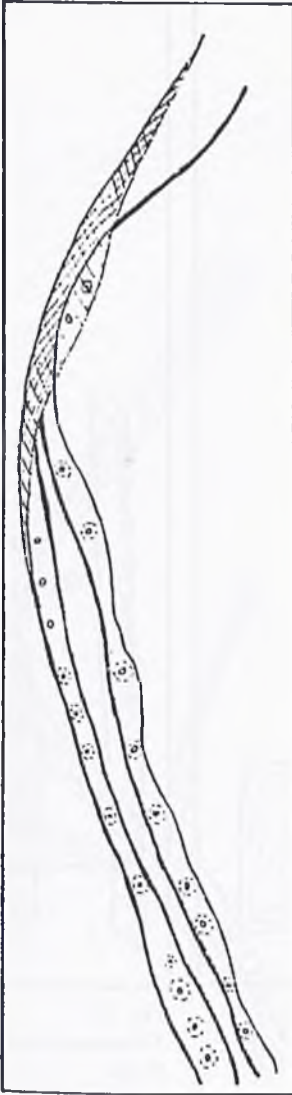


Fig. 16.
Abies var.
F: sapin
GB: spruce
D: Tanne
NL: spar
I: abete
Trachée de sapin
250 X

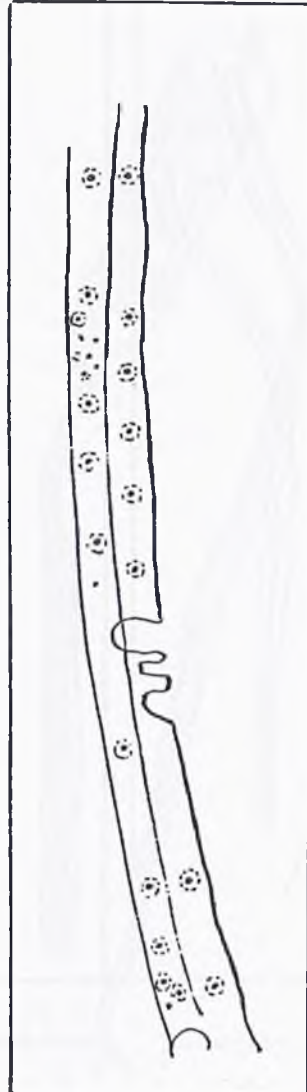


Fig. 17.
Pinus var.
F: pin
GB: pine
D: Kiefer
NL: den
I: pino
Trachée de pin
250 X



Fig. 18.
Corchorus capsularis
 F: jute
 GB: jute
 D: Jute
 NL: jute
 I: iuta
 Fibres de jute
 150 X

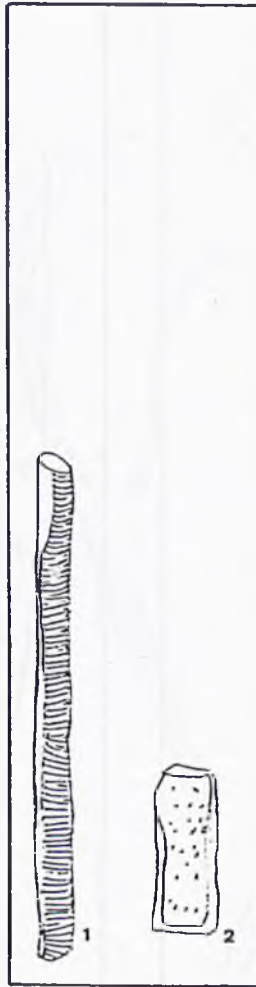


Fig. 19.
Oryza sativa
 F: riz
 GB: rice
 D: Reis
 NL: rijst
 I: riso
 Paille de riz
 250 X
 1. vaisseau
 2. cellule parenchymateuse

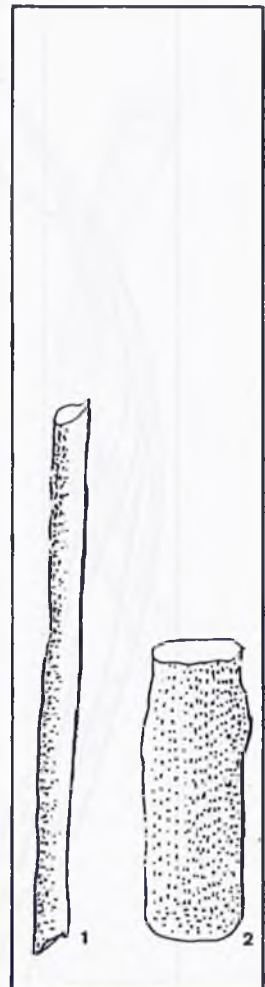


Fig. 20.
Triticum sativum
 F: blé
 GB: wheat
 D: Korn
 NL: koren
 I: grano
 Paille de blé
 250 X
 1. vaisseau
 2. cellule parenchymateuse

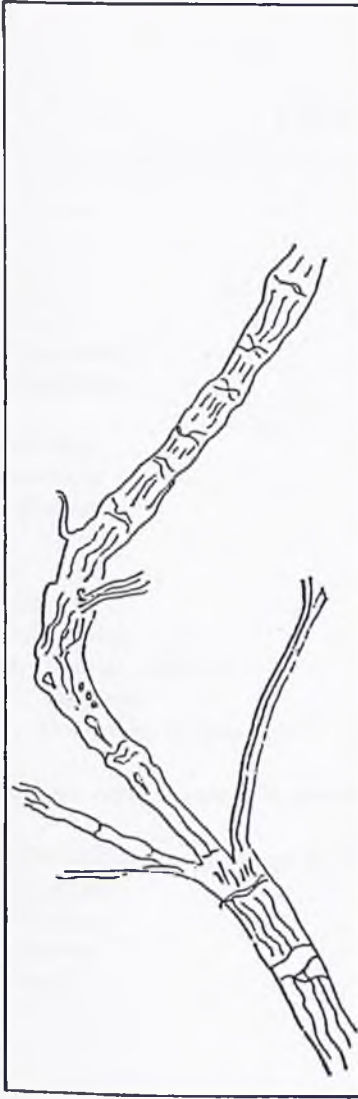


Fig. 21.
 Cannabis sativa
 F: chanvre
 GB: hennep
 D: Hanf
 NL: hennep
 I: canapa
 Fibre de chanvre
 330 X

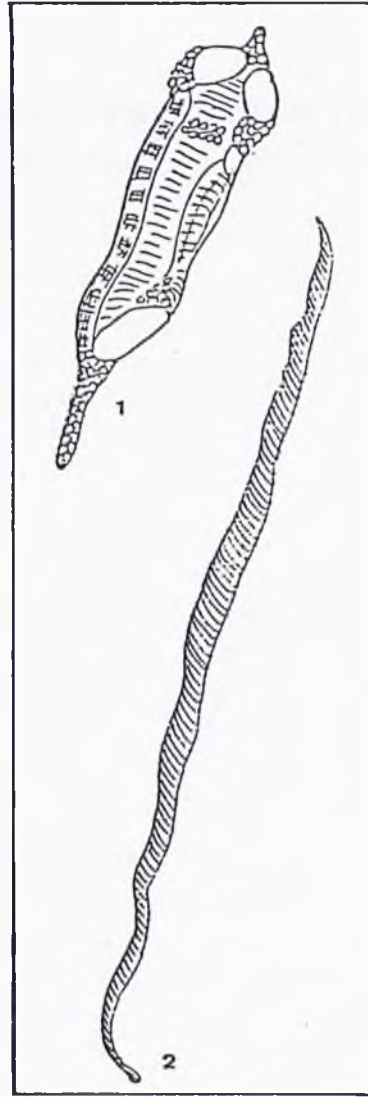


Fig. 22.
 Populus var.
 F: peuplier
 GB: aspen
 D: Espe
 NL: esp
 I: pioppo
 Fibre et vaisseau
 de peuplier 120 X
 1. vaisseau 2. fibre

CHAPITRE II: PARCHEMIN ET CUIR

- I. Peaux
 1. Constitution
 2. Résistance

- II. Parchemin
 1. Histoire
 2. Fabrication

- III. Cuir
 1. Histoire
 2. Fabrication
 - a. Travail de rivière
 - b. Tannage
 - c. Corroyage et finissage

- IV. Différence entre le cuir et le parchemin

- V. Caractéristiques de quelques peaux et cuirs courants
 1. Bovidés
 2. Moutons
 3. Chèvres
 4. Porcs

I. PEAUX

1. CONSTITUTION

La peau est le matériau de base pour la fabrication du cuir et du parchemin. C'est un tissu résistant et élastique qui a une fonction régulatrice et d'amortissement vis-à-vis de l'atmosphère ambiante. Dans une coupe transversale de la peau, on peut distinguer trois couches principales : l'épiderme (un mince *épithélium* stratifié qui sert surtout à la défense mécanique), le derme (un tissu fibreux qui nourrit l'épiderme et qui contient des structures comme des muscles, de la graisse, des nerfs, des artères et des glandes) et l'hypoderme.

Au cours de la fabrication du cuir, poils et épiderme sont éliminés. Les follicules pileux font également partie de l'épiderme, néanmoins les implantations des poils resteront visibles et donneront au cuir son aspect granulé, spécifique selon l'animal et sa localisation sur celui-ci. L'hypoderme, riche en graisse, sera également éliminé. Ce qui reste alors pour la fabrication du cuir ou du parchemin est le derme ou corium.

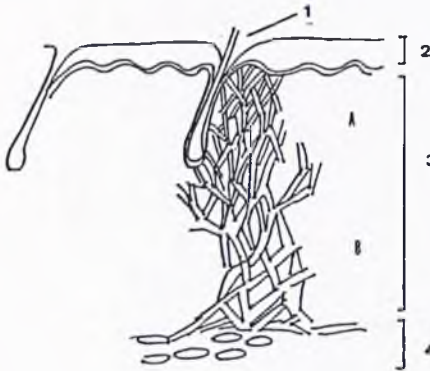


Fig. 23. Coupe de la peau : 1. poil, 2. épiderme, 3. derme : a. couche papillaire, b. couche réticulaire, 4. hypoderme.

Dans le derme, les structures principales sont les fibres de collagène, la protéine la plus abondante dans le règne animal (Fig. 23). Selon la structure des fibres de collagène, on peut distinguer dans le derme deux régions entre lesquelles il n'y a pas de transition nette : la couche papillaire et la couche réticulaire. Jusqu'à la base d'implantation des follicules pileux, la structure est fine et plutôt orientée parallèlement à la surface granulaire. Dans la couche profonde du derme, la chair, les fibres grossissent, formant un vrai filet tridimensionnel. La surface de la chair contre l'hypoderme est constituée de fibres orientées plutôt parallèlement à cette surface.

Grâce à la structure fibreuse du derme et à la résistance des fibres de collagène elles-mêmes, la peau et le cuir qui en résulte sont très élastiques jusqu'à un état ultime caractérisé par une grande résistance à la déchirure. Associée au collagène surtout dans la couche papillaire ou fleur, il y a une autre protéine élastique, l'élastine, qui peut être allongée jusqu'à trois fois et qui contribue probablement à la structure granulaire prononcée du cuir achevé.

2. RESISTANCE

La tête, les pattes et la queue sont éliminées avant le traitement de la peau. L'orientation naturelle des fibres et la fermeté de la structure tridimensionnelle qui en résulte ne varient pas seulement en fonction de l'épaisseur de la peau mais aussi selon l'emplacement sur l'animal. La partie la plus compacte et la plus épaisse est le croupon; c'est aussi celle qui a le plus de valeur. Le collet et surtout les flancs sont d'une qualité inférieure en épaisseur, fermeté et homogénéité. Les aisselles présentent la structure la moins compacte.

Les tensions naturelles dans la peau sont dues aux variations de la structure fibreuse (Fig. 25). Ces tensions sont surtout importantes pour la mise en oeuvre des peaux, en reliure par exemple. Elles faciliteront le pliage complexe du cuir autour des coins et l'ouverture du volume si le dos a été découpé dans le sens de l'échine.

La traction à la main peut permettre de déterminer facilement la direction d'élasticité principale. Lors de l'évaluation de tests physiques du cuir, il est très important de préciser le lieu d'échantillonnage et de suivre rigoureusement les prescriptions de la norme correspondante.

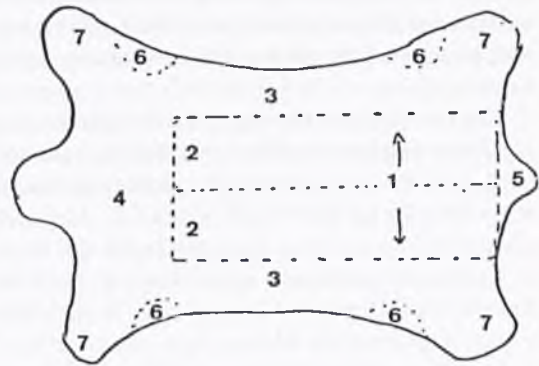


Fig. 24. Crouponnage de la peau : 1. dos, 2. croupon, 3. flancs, 4. collet, 5. queue ou culée, 6. aisselles, 7. pattes.



Fig. 25. Orientation des fibres.

II. PARCHEMIN

1. HISTOIRE

Le mot parchemin, du latin *pergamena*, est dérivé de Pergame, même si ce terme ne fut pas en usage avant le IV^e siècle de notre ère.

D'après Pline l'Ancien (I^{er} siècle de notre ère), la découverte du parchemin est à attribuer au roi Eumène II (197-159 avant J.C.) de Pergame, cité proche d'Ismir en Asie mineure. Celui-ci l'aurait inventé pour remplacer le papyrus dans la fameuse bibliothèque de Pergame, lorsque le pharaon égyptien Ptolémée IV interdit l'exportation des papyrus pour empêcher le développement de la bibliothèque. Cette croyance est aujourd'hui abandonnée. Selon FORBES, il faudrait plutôt considérer que c'est à Pergame que se perfectionna un art déjà connu de préparer les peaux de bêtes afin d'en faire des supports d'écriture. En 1969, on a retrouvé en Jordanie des documents datés, par la paléographie, des IX^e et VIII^e siècles avant J.C. dont le support s'est révélé être des parchemins obtenus à partir de peaux de chameaux.

Le processus employé à Pergame comportait la dépilation des peaux, un nettoyage prolongé et un ponçage. Finalement, les peaux étaient mises à sécher à l'air sous tension. Il est à noter que l'usage de la chaux pour la dépilation n'est mentionné nulle part dans la littérature d'Égypte, de Grèce ou de Rome dans l'Antiquité. On utilisait seulement des extraits végétaux pour dépiler de façon *enzymatique*. Les «chaux» apparaissent seulement au VIII^e siècle et il est probable que cette technique fut introduite par les Arabes.

Bien que plus difficile à préparer et donc plus coûteux, le parchemin présentait l'avantage, face au papyrus, d'être plus résistant, particulièrement à l'humidité du climat méditerranéen. Progressivement, le parchemin devint le support habituel de l'écriture et fut introduit à Rome au II^e siècle avant J.C. Le parchemin était découpé en rectangles cousus les uns aux autres en une large bande qui était ensuite roulée. Le codex ou livre formé de feuilles de parchemin apparaît au II^e siècle de notre ère. Le parchemin se répandit dans le Nord Ouest de l'Europe avec le christianisme et devint le support de l'écriture le plus important du Moyen Age, jusqu'au XII^e siècle.

Avec l'apparition du papier en Europe à partir du XI^e siècle, il lui céda progressivement la place. Mais il continua à lui être préféré pour certains manuscrits précieux et imprimés de luxe. Le parchemin fut et est encore très utilisé en reliure, pour renforcer le dos ou pour la couverture des volumes. Il est aussi le support de documents précieux tels que chartes, certificats ou diplômes. Actuellement, il arrive encore que pour éditer des ouvrages de luxe, on fasse appel au vélin, parchemin obtenu à partir de peaux de veaux ou d'agneaux morts-nés ou tués dans les premiers jours après la naissance. Enfin, le parchemin est encore présent dans des instruments de musique.

2. FABRICATION

Trois recettes médiévales pour la fabrication du parchemin nous sont parvenues : celle du manuscrit de Luc (VIII^e siècle), du moine Théophile (début du XII^e siècle) et de Conrad le Maure (fin XIII^e siècle). Les peaux généralement utilisées pour la fabrication du parchemin sont les peaux de chèvre, de mouton ou de veau.

Les peaux sont mises à tremper dans de l'eau courante froide afin de les nettoyer. L'opération suivante consiste à les placer pendant trois à dix jours dans de l'eau contenant de la chaux. Suit la dépilation avec un couteau non taillant et un lavage. La peau est alors attachée sur un métier de bois. Le bois est préféré au fer parce que ce dernier provoquerait des taches bleues difficiles à éliminer. D'après les sources précitées, le métier sur lequel était tendu le parchemin était circulaire, mais des métiers rectangulaires étaient également en usage et la peau y était fixée avec des cordes dont la tension était équilibrée. La qualité du parchemin dépendait du contrôle effectué pendant le séchage sur le métier.

La peau n'est séchée que partiellement et à nouveau relavée. Elle est rasée et assouplie avec le traditionnel couteau semi-circulaire. La peau est encore relavée et poncée du côté chair jusqu'à l'obtention d'une surface lisse. Après réajustement de la tension des cordes, le parchemin est laissé ainsi jusqu'à séchage complet. C'est la phase essentielle de la fabrication du parchemin. Durant le séchage est ajouté du gypse (CaSO_4) ou de la craie (CaCO_3) pour enlever l'humidité et le gras (surtout pour les peaux de chèvres) ou pour en augmenter la blancheur. Nonobstant ce traitement, il est encore possible de distinguer le côté chair du côté poil par la structure grossière et la couleur plus foncée de celui-ci.

À l'origine, le parchemin était utilisé dans toute son épaisseur. Aujourd'hui, la peau est sciée et employée seulement du côté chair, le grain qui reste sert pour la fabrication d'un cuir fin destiné à la reliure. La méthode moderne de fabrication du parchemin prévoit encore l'usage du couteau mais la peau est tout d'abord dépilée rapidement avec du sulfite de sodium. Elle est sciée à la machine et séchée sous tension dans un four. Si après dépilation elle ne peut être tout de suite achevée, on lui donne un tannage léger avec du formaldéhyde afin de la stabiliser dans son état humide.

III. CUIR

1. HISTOIRE

La fabrication du cuir est connue depuis des millénaires, pratiquement depuis les origines de l'homme. Le plus ancien témoignage d'écriture sur peau remonterait au 3^e millénaire avant J.C., à la IV^e dynastie d'Égypte (2900-2750 avant J.C.). Des documents sur cuir sont conservés à Berlin : des rouleaux de la XII^e dynastie (environ 2000 ans avant J.C.) et au British Museum : un traité du XVII^e siècle avant J.C. Les peaux étaient soumises à l'action de la fumée (tannage aux *aldéhydes*) pour les rendre imputrescibles et ensuite poncées avec de la chaux.

Une modification fut apportée au VIII^e siècle de notre ère par les Arabes qui introduisirent en Europe le tannage à l'alun. Du X^e au XIX^e siècle, il n'y eut guère de modifications du principe de production du cuir. Les trois processus de base restaient le procédé à l'huile ou chamoisage, le procédé à l'alun et le procédé végétal.

L'Académie royale de France, sur la suggestion de Colbert, fit faire des recherches sur tous les arts physiques afin que chaque nouvelle découverte soit du domaine public. Jérôme de La Lande fut chargé de réunir les connaissances sur le cuir en examinant les

manuscrits existant dans les bibliothèques et en recueillant auprès des artisans le plus d'informations possibles spécialement sur les techniques qui, par vieille habitude, étaient considérées comme des secrets du métier et transmises d'une génération à l'autre. De La Lande put ainsi consulter les divers manuscrits conservés dans les Archives de l'Académie parmi lesquels celui de Des Billettes (1708) sur la préparation des cuirs et celui de M. Jaugeon (1719) sur la reliure des livres. Ayant réuni cette documentation, il publie divers traités dont «L'Art du tanneur» (1744-1767), «L'Art du corroyeur», «L'Art du mégissier» etc. Dans le premier est décrite, avec une abondance de détails, la fabrication des cuirs: le mode de conservation, le reverdissage, la dépilation à la chaux et la manière d'utiliser les tanins.

A la fin du XVIII^e siècle, Armand Seguin proposait à la Convention Nationale un procédé rapide pour tanner les peaux, réduisant de trois à quatre semaines un traitement qui demandait douze mois. Cette technique, qui utilisait des solutions d'écorces, fut cependant rapidement abandonnée parce que plus coûteuse et parce que les cuirs obtenus étaient de moins bonne qualité.

A partir du XIX^e siècle, les études sur la fabrication du cuir augmentent considérablement afin d'améliorer la qualité du cuir et d'en accélérer la production. Les tanneurs italiens Durio firent breveter en 1892 un procédé basé sur l'utilisation de bains tannants concentrés dans un tonneau tournant et réchauffés à une température de 35 à 45 °C. Le tannage complet était ainsi obtenu en deux à trois jours.

La durée du tannage a pu être diminuée par l'apparition des extraits tannants. Avant 1850, on utilisait l'alun ou des extraits de plantes et d'arbres connus sous le nom générique de tanins végétaux. Dans la seconde moitié du XIX^e siècle, on mit au point le tannage avec des sels minéraux à base de chrome. Les premières études furent menées en 1853 par Cavalin. Les méthodes actuelles reposent sur le brevet de tannage à deux bains déposé par A. Schultz en 1884 et le brevet de tannage à un bain déposé par M. Dennis en 1892.

Au XX^e siècle, on mit au point le tannage au sel de zirconium (1933) ainsi que les tanins synthétiques (1910), substitués des tanins végétaux naturels.

2. FABRICATION

Le tannage du cuir a pour but de transformer le derme de la peau des animaux en une substance imputrescible, présentant une certaine résistance à l'action de l'eau. En dehors de son imputrescibilité, le cuir doit posséder des propriétés physiques selon les usages auxquels il est destiné. Selon la nature de la peau, les industries se classent en tanneries, qui traitent les peaux de bovins et d'équidés, et en mégisseries pour les peaux d'ovins et de caprins.

La suite des opérations réalisées dans une tannerie ne s'est guère modifiée au cours du temps. Le traitement des peaux peut se diviser en quatre étapes: le travail de rivière, le tannage proprement dit, le corroyage et le finissage.

Au cours de la transformation des peaux en cuir par ces divers traitements, il existe une variable commune et importante: l'acidité (ou le pH) du milieu aqueux de chaque traitement (la notion de pH sera expliquée dans la deuxième partie, chapitre 1). A un pH de 7,3, le collagène n'a aucune charge électrique nette, sa solubilité est minimale.

Il existe une grande attraction moléculaire entre les fibrilles. Loin de ce pH de neutralité, c'est-à-dire dans un milieu acide ($\text{pH} < 5$) ou alcalin ($\text{pH} > 9$), il y a un excès de charges positives ou négatives. Cela se manifeste par une hydratation plus intense, un gonflement des structures et une réceptivité plus grande pour des réactifs chimiques tels que les tanins.

a. Travail de rivière

Avant tout traitement, les peaux déshydratées au soleil ou avec du sel pour leur conservation doivent être remouillées afin de retrouver leur souplesse.

La trempe ou reverdissage favorise le regonflement des fibres ainsi que l'élimination du sel et des souillures superficielles. Cette première opération dure de 12 à 96 heures dans de l'eau à une température de $16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Les structures épidermiques, poils inclus, sont détachées du corium par l'action de la chaux pourvue d'additifs qui accélèrent son action dans les procédés modernes. Auparavant, des protéines solubles peuvent être éliminées par l'action d'*enzymes* (protéinases). Ensuite les structures épidermiques sont enlevées par des procédés purement mécaniques. Durant le débouillage, on enlève les résidus du côté fleur alors que par l'écharnage sont enlevés les restes de tissus adipeux et musculaires.

Avant de procéder au tannage proprement dit, il est indispensable d'éliminer des substances alcalines qui pourraient réagir avec les matières tannantes acides. Durant le déchaulage, on neutralise ces substances alcalines. Après le déchaulage, le pH est encore faiblement alcalin, $\text{pH} \approx 8$. Avant 1850, la réduction de l'alcalinité était réalisée avec un acide organique dilué, acétique ou lactique; cependant le pH de ces acides est insuffisant pour enlever toute la chaux. Actuellement l'alcalinité des peaux est réduite par l'utilisation de sels d'ammonium et souvent par un traitement supplémentaire avec un mélange d'acide sulfurique et d'eau salée. Cette solution a un pH suffisamment bas pour éliminer pratiquement toute trace de chaux dans les peaux. Malheureusement, des restes d'acide sulfurique peuvent *hydrolyser* le collagène et endommager le cuir au cours du temps.

Une opération complémentaire, si on désire obtenir un cuir souple, est le confitage. L'idée de base de cette opération est d'éliminer toutes les structures de la peau qui peuvent limiter la souplesse du cuir achevé, y compris du collagène. C'est un des traitements les plus critiques de la fabrication du cuir car son résultat est intimement lié à sa durée et à son intensité. Pendant cette opération, le pH a une valeur de 7,5. Les confits naturels comme les excréments ont tous été remplacés par des préparations dosées d'*enzymes* provenant pour la plupart d'extraits pancréatiques. La véritable action (bio-)chimique n'est pas connue. Le confitage apporte au cuir une plus grande souplesse et un grain plus fin.

b. Tannage

Il consiste en trois phases essentielles: le gonflement du collagène, la pénétration du tanin et sa fixation. Parmi les produits tannants, on distingue les tanins végétaux, minéraux et synthétiques qui donneront des cuirs de différentes qualités.

1° Tannage végétal

Ces tanins sont extraits de différentes parties de végétaux : de l'écorce du chêne (*Quercus* var.) ou du *dividivi* (*Coesalpinia coriaria*), du bois de *québracho* (*Schinopsis* var.) ou de châtaignier (*Castanea* var.) ou des feuilles de *sumac* (*Rhus* var.). Les fruits de diverses espèces contiennent également des tanins : les myrobolans, fruits de végétaux du genre *Terminalia* et les vallonées, fruits du chêne velani (*Quercus aegylops*). Les noix de galle de Chine et de Turquie produites par la piqûre d'un insecte sur les feuilles de chênes contiennent également une grande quantité de tanins.

Chimiquement, ils peuvent être divisés en deux groupes : les tanins hydrolysables et les tanins condensés. Parfois, des représentants de ces deux groupes proviennent de la même partie de la plante et souvent ils sont mélangés pour améliorer la qualité et les propriétés du cuir.

Dans les procédés anciens, des écorces étaient mises entre les peaux pendant de longues périodes dans des bacs à liqueur acide. Un cuir de très bonne qualité résultait de cette pénétration lente et de l'interaction efficace de tanins. Étant peu économique, cette technique a été remplacée par des imprégnations dans des jus tannants de plus en plus concentrés à température élevée et à pH contrôlé et ajusté. Un tel tannage s'achève en 24 heures.

L'addition de tanins synthétiques (de structure polyaromatique) accélère la pénétration de tanins végétaux ; ils augmentent la reproductibilité, ont une action bactéricide et donnent des cuirs légers et clairs. Ils ne sont jamais employés seuls.

2° Tannage minéral

Pour obtenir un cuir à fleur fine, on emploie des tanins minéraux, sels d'aluminium, de zirconium et surtout de chrome.

Le tannage au chrome, à un ou deux bains, est applicable aux gros cuirs aussi bien qu'aux cuirs légers. Le tannage à deux bains donne au cuir une régularité et une finesse de grain remarquables. L'opération dure au total 24 heures. L'emploi de sels chromiques de haute basicité et à forte concentration accélère le tannage qui peut être terminé en six à huit heures. Ce type de cuir est très résistant à l'eau, à la lumière et à la chaleur mais il lui manque les propriétés mécaniques du cuir tanné au végétal.

Le cuir tanné au fer ou à l'aluminium ne résiste pas à l'action de l'eau et se détache au lavage.

Le tannage à l'alun ou mégisserie n'est pas considéré comme un tannage véritable dans la mesure où l'alun peut être éliminé par lavage des peaux et parce que les liaisons chimiques avec les protéines sont peu efficaces. Actuellement, le cuir mégis ne s'utilise plus que pour la ganterie et les fourrures. Après transformation, on obtient un cuir blanc et souple.

c. Corroyage et finissage

Après le tannage, les cuirs sont lavés, séchés et finis selon leur destination spécifique. Cela peut inclure une coloration, l'introduction de graisses et d'huiles, l'application d'une couche protectrice ou hydrophobe, le finissage mécanique de la surface, l'imprégnation de faux dessins etc.

IV. DIFFERENCE ENTRE LE CUIR ET LE PARCHEMIN

Bien qu'ils soient tous deux préparés à partir du derme de la peau, le cuir et le parchemin sont des matériaux tout-à-fait différents, possédant leurs caractéristiques propres.

La différence principale entre le cuir et le parchemin ne réside pas, contrairement à l'opinion générale, dans le fait que ce dernier n'est pas tanné. Il existe en effet des parchemins dont les deux surfaces ont été soumises à un tannage végétal. En réalité, la distinction se base sur une technique de séchage distincte.

La peau destinée à devenir un parchemin est soumise à l'action simultanée de la tension et de la déshydratation. La structure fibreuse native du derme (omnidirectionnelle) est transformée en une structure ordonnée, lamellaire. Les fibres sont forcées dans un ensemble parallèle et de ce fait le parchemin est facilement divisible en quelques fines lamelles. Le résultat est une feuille rigide et relativement peu élastique car cet alignement produit inévitablement un certain degré de rupture de quelques fibres dans le réseau dermique.

Par l'action des tanins dans la préparation du cuir, la structure tridimensionnelle du collagène est non seulement préservée mais même stabilisée et protégée. Ceci augmente la résistance du cuir à l'eau et aux températures élevées alors que le parchemin perd sa structure fibreuse typique en présence de grandes quantités d'eau et redevient de la peau.

Une autre caractéristique du parchemin due à son processus de fabrication est la présence d'une certaine réserve alcaline. Cet excès de carbonate de calcium peut prévenir, par neutralisation, la diffusion d'acidité locale provenant d'une encre acide par exemple dans tout le livre. Cette alcalinité permet aussi au parchemin de mieux résister que le cuir à l'acidité environnante.

V. CARACTERISTIQUES DE QUELQUES PEAUX ET GUIRS COURANTS

L'observation de la surface du cuir, même à faible grossissement, peut permettre la détermination de l'espèce animale. L'étude des coupes transversales peut également aider à cette détermination mais elle exige des moyens et des techniques plus sophistiqués. La reconnaissance du type de cuir est une spécialisation en soi qui demande beaucoup d'expérience. Races croisées, dessins de fleur appliqués de façon mécanique ou superposés sur l'original et couches de finissage troublant ou cachant complètement la structure fine des pores ne facilitent pas le travail. De plus, pour les reliures, l'état de conservation de la couche granulaire augmente souvent la difficulté. Néanmoins quelques indications générales peuvent être données, elles permettront la reconnaissance de certains types de peaux à l'aide du binoculaire.

1. BOVIDES

Les poils sont répartis de façon plus ou moins uniforme sur la surface. Il n'y a pas de groupements. Parfois, on peut identifier des structures linéaires légèrement ondulées. Les poils solitaires pénètrent jusqu'à un tiers du corium. Les follicules pileux des veaux sont plus proches les uns des autres puisque leur nombre n'augmente pas pendant la maturation.

2. MOUTONS

Le but primordial des innombrables croisements actuels a toujours été d'augmenter la masse et la qualité de la laine au détriment de la peau. Le grand nombre de glandes sébacées dans la peau verte donne un cuir plutôt « vide » après leur élimination. De plus, la structure fibreuse particulière, composée de fibres extrêmement fines dans la couche granulaire avec une direction horizontale prédominante dans la couche réticulaire, permet facilement de refendre ce genre de cuir.

Les follicules pileux sont groupés par quatre ou cinq dont l'un a un diamètre légèrement plus grand que les autres. Dans une coupe, les follicules pileux sont rarement visibles en entier parce qu'ils ont la forme d'une spirale.

3. CHEVRES

Les poils sont implantés jusqu'au milieu de corium. Les fibres de collagène sont fermes, même dans la couche granulaire. Les follicules pileux sont groupés par trois ou quatre avec un diamètre prononcé et d'autres plus petits. Les deux groupes sont disposés de façon colinéaire.

4. PORCS

Follicules pileux à très grand diamètre qui pénètrent complètement le corium de sorte qu'il n'y a plus de distinction entre couche granulaire et réticulaire. Ils sont groupés par trois : un poil majeur et deux poils mineurs. De par sa structure fine et régulière un cuir de porc est souple, élastique et très apte à la ganterie et à la reliure. La présence de matière grasse dans le corium constitue cependant un inconvénient important.

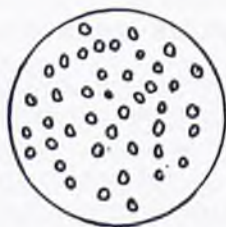


Fig. 26. Agencement des follicules pileux des bovidés.

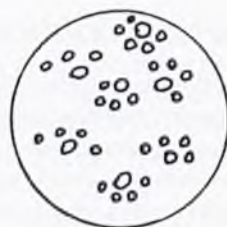


Fig. 27. Agencement des follicules pileux des moutons.

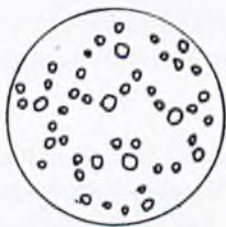


Fig. 28. Agencement des follicules pileux des chèvres.



Fig. 29. Agencement des follicules pileux des porcs.

CHAPITRE III : ENGRES

- I. Encres manuscrites anciennes
 - 1. Encres noires
 - a. Encres au carbone
 - b. Encres métallo-galliques
 - c. Encres mixtes
 - 2. Encres colorées
 - a. Encre bistre
 - b. Encre sépia
 - c. Encre rouge
- II. Encres manuscrites modernes
- III. Encres d'imprimerie
 - 1. Encres anciennes
 - 2. Encres modernes
 - 3. Encres de machine à écrire

I. ENCRE MANUSCRITES ANCIENNES

1. ENCRE NOIRE

Avant de retracer l'historique de la fabrication des encres noires, il faut souligner que deux catégories d'encre ont été utilisées jusqu'au XIX^e siècle : les encres au carbone et les encres métallo-galliques. Elles seront décrites successivement. Les témoignages les plus anciens d'inscriptions à l'encre noire sont conservés sur des poteries égyptiennes du IV^e millénaire avant J.C.

a. *Encres au carbone*

Selon la tradition, l'invention de l'encre remonterait au règne de Houang Ti en Chine entre 2697 et 2597 avant J.C. L'encre était fabriquée à partir de laque de *sumac*, formant après combustion le pigment noir ou, utilisée comme liant. L'encre analysée sur des papyrus égyptiens écrits vers 2500 avant J.C. était composée de fines particules de carbone en suspension dans de la gomme arabique. Pour l'Occident, les premiers textes à ce sujet datent du I^{er} siècle de notre ère : Vitruve, Dioscoride et Pline parlent d'une encre à base de suie.

L'encre de carbone se compose donc de pigments noirs (produits carbonisés ou noir de fumée) en suspension dans un liant. Les pigments étaient obtenus selon les époques et les régions par la combustion de différentes substances : combustion de la laque ou de bois de pin en Chine, noir de fumée obtenu par la combustion de chandelles ou d'huile au XV^e siècle en Occident. Les liants peuvent être glucidiques : gomme (substance *mucilagineuse* extraite de certains arbres), miel ; protéiniques : gélatine, colle de peau ou de poisson, blanc d'oeuf ou encore lipidiques : huile. L'encre de carbone se présentait à l'état solide sous forme de bâtons et était diluée, au moment d'écrire, avec de l'eau.

De par la nature inerte du carbone, ces encres ne réagissent pas chimiquement avec le papier. Après séchage, le carbone n'est pas affecté par la lumière ou des agents de blanchiment. D'après certains auteurs, le carbone et la gomme arabique ne seraient pas nocifs pour le papier.

Les propriétés de cette encre dépendent de divers facteurs tels que la finesse du noir de fumée qui s'introduit d'autant mieux dans les fibres qu'il est plus fin, de la nature du support dans lequel les pigments pénètrent plus ou moins en profondeur et des additifs qui entrent souvent dans leur composition. Il arrive fréquemment que le mélange de noir de carbone et de liant ne pénètre pas dans la texture du support, papier ou parchemin, mais reste en surface. Un grattage prolongé peut alors faire disparaître l'écriture.

b. *Encres métallo-galliques*

La préparation des encres métallo-galliques est déjà décrite au III^e siècle de notre ère dans le papyrus V de Leyde. C'était un mélange à base de noix de galle, vitriol et gomme. A partir du VII^e siècle leur usage se répand en Occident. Au XII^e siècle, le moine Théophile rédige son traité technologique « *Schedula diversarum Artium* ». Il y explique la fabrication d'une encre à base de tanin et de sulfate de fer. L'emploi des encres métallo-galliques se généralise en Occident dès le XIV^e siècle. Elles remplaceront l'encre au carbone qui n'adhérait pas toujours suffisamment au support. Elles sont obtenues par le mélange de plusieurs substances : des extraits végétaux, des sels métalliques et un liant.

1° Extraits végétaux ou tanins

Ceux-ci sont obtenus par décoction ou macération de substances végétales dans de l'eau ou un autre liquide. La noix de galle est la substance naturelle la plus souvent citée dans les recettes.

2° Sels métalliques

À la décoction ainsi obtenue, on ajoute un sel métallique, sulfate de fer (vitriol vert) ou sulfate de cuivre (vitriol bleu). Avec le sulfate de fer, il se forme un précipité brun de tannate ferreux. Sur le papier, celui-ci est presque invisible mais s'oxyde après quelques jours en tannate ferrique de couleur noire.

3° Liant

Le liant le plus souvent utilisé est la gomme arabique qui fait partie des liants-glucidiques. À l'origine, elle était expédiée vers les ports arabes, d'où son nom. Elle est extraite de l'acacia. Elle augmente la viscosité du milieu et maintient le précipité de tannate de fer en suspension.

Les encres métallo-galliques adhèrent mieux au support que les encres au carbone ; cependant, avec le temps, elles deviennent brunes à cause de la lumière et des résidus de blanchiment dans le papier. On reparlera de ce problème lors de l'étude des agents de détérioration. Ces encres sont souvent corrosives par la libération d'acide sulfurique lors de la réaction entre sulfate de fer et tanins. Cet acide migre ensuite dans les parties non encrées du papier qui devient alors fragile et brun. Cette réaction explique également le revers brun de certains feuillets dans des documents manuscrits anciens.

c. *Encres mixtes*

Les deux catégories d'encre précédemment décrites ne sont pas exhaustives. On a également essayé d'améliorer les propriétés de l'encre au carbone par l'adjonction de tanins végétaux ou de sulfate ferreux, créant ainsi des encres mixtes.

2. ENCRE COLOREES

Les encres colorées étaient composées, à l'origine, de pigments naturels, végétaux (indigo bleu, safran), minéraux (*cinabre*, minium, sanguine) ou d'origine animale (noir de seiche) en suspension dans un liant. Aujourd'hui, les différentes teintes d'encre sont élaborées chimiquement avec des produits de synthèse.

a. *Encre bistre*

Utilisée depuis le XIV^e siècle, l'encre bistre est une encre de couleur brune obtenue par la combustion de résine ou à base de suie de hêtre. La suie était broyée, mélangée à l'eau gommée et filtrée. Elle est difficile à distinguer d'une vieille encre métallurgique.

b. *Encre sépia*

Il s'agit d'encre de couleur brune mais plus foncée, plus chaude que l'encre bistre. Elle est fabriquée en diluant le pigment produit par la seiche. Cette encre est peu vulnérable à la lumière et aux agents de blanchiment. Elle fut largement utilisée au XIX^e siècle.

c. *Encre rouge*

Le pigment employé pour produire une encre de couleur rouge peut être d'origine végétale ou animale. La pourpre de Tyr est sécrétée par un coquillage (*Murex trunculus*). Un pigment rouge est également extrait de l'insecte kermès (*Kermes vermilio*) et de la cochenille du Mexique (*Dactylopus coccus*) ou encore des racines de la *garance* (*Rubia tinctorum*) et du bois de *campêche* (*Hoematoxylon campechianum*).

II. ENCRE MANUSCRITES MODERNES

Jusque vers 1860, époque à laquelle l'invention des colorants à l'aniline révolutionna la fabrication des encres, s'imposa l'utilisation des encres métallo-galliques. Les encres à base d'aniline étaient cependant peu stables à l'air et à la lumière. L'aniline était d'abord isolée des produits de la distillation de l'indigo. Elle est obtenue aujourd'hui par la réduction du nitrobenzène et utilisée pour la fabrication de colorants comme l'indigo synthétique ou bleu d'aniline.

L'encre de stylo à bille est une solution de colorants assez résistants à la lumière dans un solvant huileux. Elle présente cependant deux inconvénients : elle est facilement soluble dans de l'alcool ou dans d'autres solvants non aqueux et elle reste à la surface du papier.

Les autres encres manuscrites modernes sont à base de sels métalliques ou de colorants synthétiques solubles dans l'eau et très sensibles à la lumière. De ce fait, les manuscrits contemporains doivent être particulièrement protégés contre celle-ci au risque d'avoir une durée de vie très brève.

III. ENCRE D'IMPRIMERIE

1. ENCRE ANCIENNES

Les premières encres d'imprimerie étaient un mixte de carbone ou de suie et d'huile de lin bouillie. Elles étaient plus une peinture qu'une encre. Cependant elles produisaient une écriture ou une image très durable car en plus de la stabilité du carbone, l'huile de lin unissant le pigment au papier, est elle-même oxydée et *polymérisée* en des composants moins solubles.

Dans de nombreux livres anciens imprimés, on peut observer une coloration jaunâtre du papier entre les lignes imprimées ainsi qu'une perte de résistance du support. Cette dégradation serait à attribuer, selon G.M. CUNHA, au fait que les premiers imprimeurs substituaient de l'huile de poisson ou d'autres composés instables à l'huile de lin ou qu'ils ajoutaient de l'alun à l'huile pour en accélérer le séchage.

2. ENCRE MODERNES

Parmi les matières premières, on peut citer : l'huile de lin cuite sans siccatifs, l'huile de résine, la colophane, les résines saponifiées, le noir de fumée ou des pigments variés. Les encres d'imprimerie modernes substituent souvent des huiles minérales, des hydrocarbures, à l'huile de lin trop coûteuse. Les pigments sont des colorants en poudre très

fine, telles que des laques obtenues à partir de colorants d'aniline. Le carbone, vu son coût, est encore le matériau de base mais des colorants de synthèse entrent également dans leur composition. Très souvent on ajoute à ces encres des substances qui accélèrent le séchage. Finalement, les encres d'imprimerie modernes sont moins permanentes bien que le développement de colorants organiques synthétiques ait permis l'introduction d'encres brillamment colorées qui sont plus susceptibles de ne pas pâlir.

3. ENGRES DE MACHINE A ECRIRE

Les rubans de machine à écrire sont des tissus de coton ou de soie imprégnés d'huile et de pigments insolubles. L'encre noire est à base de carbone et est donc permanente. Elle pénètre lentement dans le papier mais après un ou deux jours, elle résiste au gommage. L'encre rouge contient des teintures instables ainsi qu'une certaine quantité de carbone pour en augmenter l'opacité.

- I. Papier
- II. Parchemin et cuir
- III. Encres

I. PAPIER

BARROW, W. J., *Paper*, dans John P. BAKER et Marguerite C. SOROKA, *Library Conservation. Preservation in Perspective*, Stroudsburg, (1978), p. 25-35.

Ce chapitre est extrait du livre: «Manuscripts and Documents» paru en 1972. Après avoir rappelé les étapes de la fabrication du papier et donné les résultats d'analyses effectuées aux États-Unis, l'auteur conclut que c'est grâce à la présence de composés alcalins que des papiers se sont bien conservés. Au contraire, d'autres se sont détériorés à cause d'une forte acidité due à la présence d'alun dans l'encollage.

BASANOFF, Anne, *Itinerario della carta dall'oriente all'occidente e sua diffusione in Europa*, Milano, s.d., 91p.

Une vingtaine de pays européens constituent les étapes de cet itinéraire. Signalons quelques lignes sur les plus anciens papiers connus en Belgique. L'ouvrage est illustré de nombreuses reproductions de filigranes.

BATTAILLE, Joseph, *Le papier. Son histoire et sa fabrication*, (Bruxelles), 1916, n° 35 à 38, p. 637-667. Rappel historique de la fabrication du papyrus et du parchemin. Description des éléments entrant dans la composition du papier: des pâtes de chiffons, de végétaux les plus divers, de bois. Les procédés manuel et industriel de fabrication sont illustrés.

BEAUNE, Joseph et René PONOT, *Qui a ramassé la plume d'oie?*, Paris, 1979, 334 p.

Sous ce titre pour le moins original se cache un manuel des arts graphiques. Les premiers chapitres donnent quelques informations générales relatives à la fabrication manuelle et industrielle du papier.

BLUM, André, *Les origines du papier, de l'imprimerie et de la gravure*, Paris, 1935, 252 p.

La première partie nous apporte quelques données historiques: invention en Chine, diffusion de l'Orient à l'Occident.

BLUM, André, *La route du papier*, Grenoble, 1946, 80 p.

L'auteur décrit les grandes étapes du voyage du papier à travers le continent asiatique et la mer Méditerranée.

*BROWNING, B. L., *Analysis of Paper*, 2^e éd., New York, 1977, 366 p.

Manuel pour l'identification du papier: fibres, colles, charges et autres composants: pailles, lignine, protéines... Un chapitre est consacré à l'acidité et à l'alcalinité. De nombreux réactifs chimiques sont décrits ainsi que des méthodes d'analyse non destructrices.

* signifie que l'ouvrage peut être consulté à l'IRPA.

* CALABRO, Giuseppe, *La carta: Storia e vicissitudine attraverso i secoli*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 241-251 et dans *PACT*, 12(1985), p. 185-191 [anglais].

Aperçu historique et technique des grandes étapes de l'évolution du papier. Brève introduction sur le papyrus.

CHIAVERINA, Jean, *Analyse microscopique des charges du papier*, dans *Les techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits*, Colloque du C.N.R.S. n° 548, Paris, 1974, p. 95-101.

Description de la méthode mise au point pour déterminer et identifier les différentes charges papetières.

CHIAVERINA, Jean, *Détermination de la composition fibreuse des papiers*, dans *Les techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits*, Colloque du C.N.R.S. n° 548, Paris, 1974, p. 135-140.

L'analyse microscopique permet de déterminer la nature des fibres composant un papier: la morphologie des fibres et des éléments accessoires qui les accompagnent sont souvent caractéristiques d'une pâte alors que le mode de préparation de ces dernières, mécanique, mi-chimique, chimique écrue ou blanchie, se détermine par des réactifs colorés.

CLAPPERTON, Georges, *La fabrication pratique du papier. Manuel à l'usage des techniciens de la papeterie suivi de tables de constantes pratiques*, 3^e éd. révisée et augmentée par R.H. CLAPPERTON, traduit de l'anglais par Georges DADAY, Paris, 1933, 182 p.

Préparation de la pâte de chiffons, de cellulose de bois, d'alfa et de paille. Fabrication industrielle du papier, mais les équipements et les performances sont naturellement dépassés.

COTE, W. A., *Papermaking Fibers Atlas. A Photomicrographic Atlas*, New York, 1980, 216 p.

17 figures représentent les principaux éléments constitutifs des fibres végétales. 70 planches reproduisent les diverses fibres utilisées dans la fabrication du papier: fibres de conifères, de feuillus, de plantes annuelles.

CROSS, C.F., et E.J. BEVAN, *A Textbook of Papermaking*, 5^e éd., Londres, 1920, 422 p.

On y trouvera un chapitre traitant de la structure physique des fibres (ch. II), du diagnostic et de l'analyse chimique des substances des plantes (ch. III) ainsi qu'un exposé des caractéristiques des principales matières premières.

* *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers. Tome XI: N-PARI*, Neufchâtel, 1765, nouvelle impression en fac-similé de la 1^{re} édition de 1751-1780, volume 11, Stuttgart, 1966, p. 834-845.

Description détaillée de la fabrication manuelle du papier commentant les célèbres planches.

ESCOURROU, René, *Le papier*, dans la collection Armand Colin (section de chimie) n° 229, Paris, 1948, 224 p.

Cette publication et la suivante présentent les mêmes tables de matières: la cellulose, la préparation des pâtes, la fabrication du papier. Le livre de Gérard MARTIN est plus actuel.

ESCOURROU, René, *La fabrication du papier*, dans la collection Armand Colin (section de chimie) n° 326, Paris, (1958), 223 p.

Voir supra.

GRANT, Julius, *Cellulose Pulp and Allied Products*, Londres, 1958, 512 p.

Analyse physico-chimique de la cellulose à l'état de pulpe. Procédés utilisés pour l'obtenir à partir des différents végétaux. Bref chapitre sur l'utilisation de la cellulose dans l'industrie papetière.

HUNTER, Dartl, *Papermaking: The History and Technique of an Ancient Craft*, New York, 1978, 611 p.

Manuel historique et technique sur la fabrication du papier depuis son origine jusqu'en 1945.

Tableau chronologique des grandes dates de la fabrication du papier. 200 références bibliographiques sur le papier en Orient, en Occident et sur les filigranes. 320 illustrations.

LALANDE, J.J. de, *L'art de faire le papier, suivi de l'art du cartonnier et de l'art du cartier*, Paris, 1761, 150 p., 14 Pl.

Commentaire détaillé de la fabrication du papier à partir de planches reproduisant le matériel utilisé. Liste explicative de toutes les matières premières pouvant entrer dans la composition du papier et notes sur le papier en Chine et au Japon.

* LEE, H.N., *Established methods for examination of paper*, dans *Technical Studies in the Fields of Fine Art*, IV(1935), p. 3-14.

Méthodes microscopiques pour reconnaître les fibres après coloration avec des réactifs colorés dont on expose le mode de préparation. Identification des additifs. Huit microphotographies de fibres.

* LEE, H.N., *Improved methods for the examination of paper*, dans *Technical Studies in the Fields of Fine Art*, IV(1935), p. 93-106.

Description d'autres réactifs colorés permettant de distinguer les pâtes chimiques entre elles et modifications de tests présentés dans l'article précédent. 14 microphotographies de coupes de papier.

MARTIN, G., *Le papier*, collection «Que sais-je?» n° 84, Paris, 1976, 128 p.

En quelques mots, l'auteur introduit historiquement le sujet et cite les principales matières premières. Il donne un bon aperçu des techniques de préparation des pâtes et de leur transformation en papier. Enfin il décrit les traitements superficiels et les différentes qualités de papier obtenues.

RANCE, H.F. éd., *Handbook of Paper Science. Vol 1: The Raw Materials and Processing of Papermaking*, Amsterdam-Oxford-New York, 1980, 298 p.

Les cinq chapitres de ce manuel sont rédigés par des auteurs différents qui décrivent chacun un aspect de la fabrication du papier: propriétés de la cellulose, matières premières du papier, préparation des pâtes.

* *Recueil des planches sur les Sciences, les Arts libéraux, et les Arts mécaniques, avec leur explication*, Neufchastel, 1765, nouvelle impression en fac-similé de la 1^{re} édition de 1751-1780, volume 26, Stuttgart, 1967, 14 planches.

VIDAL, Louis, *L'analyse microscopique des papiers*, Paris, 1939, 145 p.

Outil très utile pour analyser et identifier les composants du papier. Les fibres de nombreuses espèces de plantes ainsi que des pâtes de bois sont décrites et illustrées.

II. PARCHEMIN ET CUIR

* BERARD, Jacques et Jacques GOBILLIARD, *Cuir et peaux*, collection «Que sais-je?» n° 258, Paris 1951, 128 p.

Ouvrage, qui malgré son ancienneté, permet une bonne approche des principales techniques de tannage.

* CHAHINE, Claire, *Identification des cuirs et parchemins anciens à l'aide du microscope*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Venise, 1975, 75/15/6, 14 p.

Les cuirs ou parchemins, examinés à un faible grossissement, X 40 ou X 100, peuvent être identifiés par l'agencement des follicules pileux. Description de la technique de préparation en coupe parallèle ou transversale; pas de caractéristiques précises permettant une identification. On annonçait la constitution d'un catalogue de cuirs et parchemins, un fichier de références.

* FORBES, R.J., *Studies in Ancient Technology*, vol. 5, Leyde, 1966, p. 1-67.

Bref rappel des différentes techniques de transformation des peaux en cuir. Description chronologique de la fabrication du cuir pendant la préhistoire, en Egypte, dans le monde sémitique et dans le monde classique: Grèce et Rome. Allusion rapide au parchemin.

HAINES, B.M. et J.R. BARLOW, *Review: the anatomy of leather*, dans *Journal of Materials Science*, 10(1975), p. 525-538.

- Examen au microscope électronique de sections de différentes peaux. Selon l'épaisseur de la couche papillaire et du corium, on peut identifier l'espèce animale.
- * HAINES, Betty, *Struttura del cuoio e suo deterioramento*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 215-240 et dans *PACT* 12(1985), p. 163-184 [anglais].
- Nombreuses photographies et agrandissements, description des caractéristiques structurales des peaux, étapes et principes de transformation des peaux. Il est aujourd'hui certain que la détérioration des cuirs est liée à la pollution atmosphérique ; l'auteur en expose les mécanismes.
- * REED, Donald, *Ancient skins, parchment and leathers*, dans *Studies in Archeological Science*, Londres New York, 1972, 331 p.
- Description de la structure de la peau, derme, épiderme, caractéristiques des principales espèces animales, étapes de la transformation des peaux en cuir, en parchemin, restauration des objets en cuir ou en parche min, analyses chimiques et physiques.
- RYDER, Michael, *Parchment, its history, manufacture and composition*, dans John P. BAKER et Marguerite SOROKA, *Library Conservation. Preservation in Perspective*, Stroudsburg, (1978), p. 85-90.
- Aperçu historique de la fabrication du parchemin. Description du procédé et de ses modifications au cours du temps.
- * SAXL, H., *A Note on parchment*, dans *A History of Technology*, éd. par Charles SINGER, E.J. HOLMYARD, A.R. HALL et Trevor I. WILLIAMS, Vol. II, Oxford, 1956, p. 187-190.
- Aperçu très bref de la fabrication et de l'utilisation du parchemin.
- * STAMBOLOV, T., *Manufacture, deterioration and preservation of leather. A Literature Survey of Theoretical Aspects and Ancient Techniques*, dans *ICOM Committee for conservation*, Amsterdam, 1969, 98 p.
- Manufacture du cuir, parchemin et vélin, fourrures. Agents de détériorations physiques, chimiques et biologiques et quelques mesures préventives et curatives pour la conservation. Plus de 200 références bibliographiques proposées sur ces différents sujets permettent d'aller plus loin après ce premier aperçu rapide mais complet.
- WATERER, John W., *The Nature of leather*, dans John P. BAKER et Marguerite SOROKA, *Library Conservation. Preservation in Perspective*, Stroudsburg, (1978), p. 79-84.
- Description des procédés de tannage : végétal, minéral, à l'huile (chamoisage), mixte et finissage.
- * WATERER, John W., *Leather*, dans *A History of Technology*, éd. Charles SINGER, E.J. HOLMYARD, A.R. HALL et Trevor I. WILLIAMS, Vol. II, Oxford, 1956, p. 147-187.
- Cet article est davantage orienté vers l'évolution de l'artisanat du cuir. La technique de fabrication est limitée au Moyen Age.

III. ENCRE

- BARROW, W.J., *Inks*, dans John P. BAKER et Marguerite SOROKA, *Library Conservation. Preservation in Perspective*, Stroudsburg, (1978), p. 36-52.
- Description technique et historique de l'encre au carbone, l'encre de noix de galle, l'encre rouge et l'encre bleue. L'encre de noix de galle est très dangereuse pour le papier mais ses composés sont stables si les conditions de conservation sont normales.
- DE PAS, Monique, *La composition des encres noires*, dans *Les techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits*, Colloque du C.N.R.S. n° 548, Paris, 1974, p. 119-132.
- Description de la composition de l'encre au carbone, de l'encre ferro-gallique et des encres mixtes à partir des textes anciens.
- * DE PAS, Monique, *La fabrication des encres noires d'après les textes*, dans *Codicologica*, V, 1980, p. 52-58. Voir supra.
- CHAMPOUR (de) et MALEPEYRE, F., *Nouveau manuel complet de la fabrication des encres de toutes sortes*, nouvelle édition revue, corrigée et augmentée par M.A. VILLON, Paris, 1895, 388 p.
- Recettes d'encres à écrire noires et colorées, d'encres à tampons et à imprimer.

Recettes d'encre à écrire noires et colorées, d'encre à tampons et à imprimer.

DE KEGHEL, Maurice, *Les encres, les cirages, les colles et leur préparation*, Paris, 1922, 384 p.

Recettes d'encre ferro-galliques, alizarine, à l'aniline. Le dernier chapitre relatif aux encres a pour sujet la détermination de l'ancienneté des écrits à partir de l'encre. Il traite aussi de la régénération des encres effacées ou pâlies.

FORBES, R. J., *Studies in Ancient Technology*, vol. 3, Leyde, 1965, p. 236-239.

Bref aperçu de la fabrication et de la composition des encres noires dans l'Antiquité.

MARGIVAL, François, *Encres spéciales. Plus de 500 formules pour encres sympathiques, typographiques et lithographiques, encres pour linge, métaux, celluloïd, emballages*, Paris, 1928, 180 p.

Recettes d'encre à écrire noires et colorées, d'encre à tampons et à imprimer.

MARGIVAL, François, *Les encres*, Paris, (1912), 162 p.

Voir supra.

* ZERDOUN BAT-YEHOUDA, M., *Les encres noires au Moyen Age (jusqu'en 1600)*, Paris, C.N.R.S., 1983, 437 p.

Évolution de la fabrication des encres à travers les différentes traditions culturelles : en Extrême-Orient, dans le bassin méditerranéen dans l'Antiquité (Égypte et monde Gréco-romain), en Europe du IV^e au XVII^e siècle. Recueil de recettes classées par pays et par époque, suivie de notes explicatives sur les substances mentionnées. Index des auteurs anciens. Références sur l'analyse des encres ou de certains de leurs constituants et sur les essais de restauration de manuscrits endommagés par l'action des encres.

DEUXIEME PARTIE : AGENTS DE DETERIORATION



CHAPITRE I: AGENTS PHYSICO-CHIMIQUES

I. Principaux mécanismes de détérioration

1. Hydrolyse acide
2. Oxydation
3. Altération photochimique

II. Facteurs climatiques

1. Principes hygrométriques
2. Action sur le papier
 - a. Détériorations physiques
 - b. Détériorations chimiques
 - c. Détériorations biologiques

III. Lumière

1. Composition
2. Sources
 - a. Source naturelle
 - b. Sources artificielles
3. Facteurs de détérioration
 - a. Facteurs internes
 - b. Facteurs externes

IV. Agents chimiques

1. Sources internes
 - a. Alun
 - b. Lignine
 - c. Particules métalliques
 - d. Produits chimiques
2. Pollution atmosphérique
 - a. Composés soufrés
 - b. Composés azotés
 - c. Ozone
 - d. Particules solides
3. Encres et pigments

La dégradation des documents graphiques est souvent le résultat d'attaques multiples. Dans cet exposé, on distinguera les agents physico-chimiques de détérioration : l'humidité, la température, la lumière, la pollution atmosphérique et les substances nocives internes ; les agents biologiques, les champignons, les insectes et les rongeurs ; les catastrophes naturelles et pour terminer les méfaits de l'homme.

Ce que l'on appelle vieillissement naturel du papier est principalement le résultat de l'action lente des agents de détérioration physico-chimiques. Le détail et l'importance relative des mécanismes de cette dégradation sont encore mal connus ; cependant nous pouvons les classer schématiquement en trois groupes : l'hydrolyse acide, les oxydations et les réactions photochimiques.

I. PRINCIPAUX MECANISMES DE DETERIORATION

Pour comprendre ces différents mécanismes, on se souviendra tout d'abord de la structure de la cellulose décrite au début de cet ouvrage.

I. HYDROLYSE ACIDE

En présence d'eau et d'acidité, la cellulose se décompose par *hydrolyse*. Cette réaction apparaît dans le papier en présence d'acides provenant d'atmosphères polluées ou de substances internes du papier. L'acidité est caractérisée par la présence d'ions hydrogènes, atomes d'hydrogène privés de leur unique électron, et est exprimée par le pH, défini comme le *cologarithme* de la concentration en ions hydrogènes. Les mesures de pH s'échelonnent de 0 à 14. Une unité de pH correspond à un facteur 10 en H^+ . La valeur 7 indique la neutralité. Toute valeur supérieure à 7 indique l'alcalinité, toute valeur inférieure à 7, l'acidité. Les différentes techniques pour mesurer l'acidité seront décrites en même temps que les méthodes de désacidification.

Les acides agissent de manière catalytique sur la cellulose. Tout d'abord, il y a formation rapide d'un complexe intermédiaire entre un ion H^+ et un atome d'oxygène d'un lien glycosidique. Ensuite, intervient une réaction lente de scission de ce lien avec reformation d'un ion H^+ (Fig. 30).

L'acide peut facilement pénétrer les régions dites amorphes, et couper les chaînes *polymériques*. Par hydrolyse, il y a détérioration de la structure et perte de résistance mécanique. Dans la cellulose d'une feuille de papier, le nombre de molécules de glucose varie de 500 à 1500 alors que le *polymère* naturel ou cellulose native non modifiée par les processus de fabrication peut atteindre 10000 unités. Si le nombre de *monomères* descend en deçà de 200 à 250, le papier se décompose rien qu'au toucher.

Des variations de pH sont également importantes pour la détérioration des cuirs. A pH 3 et une humidité relative supérieure à 60 %, l'hydrolyse brise la chaîne de molécules de collagène. Cela se traduit par une perte de structure et une augmentation de la perméabilité de la fibre. La vitesse d'hydrolyse acide dépend du type de tannage du cuir. Les cuirs tannés au végétal, les plus souvent employés en reliure, sont parmi les plus vulnérables.

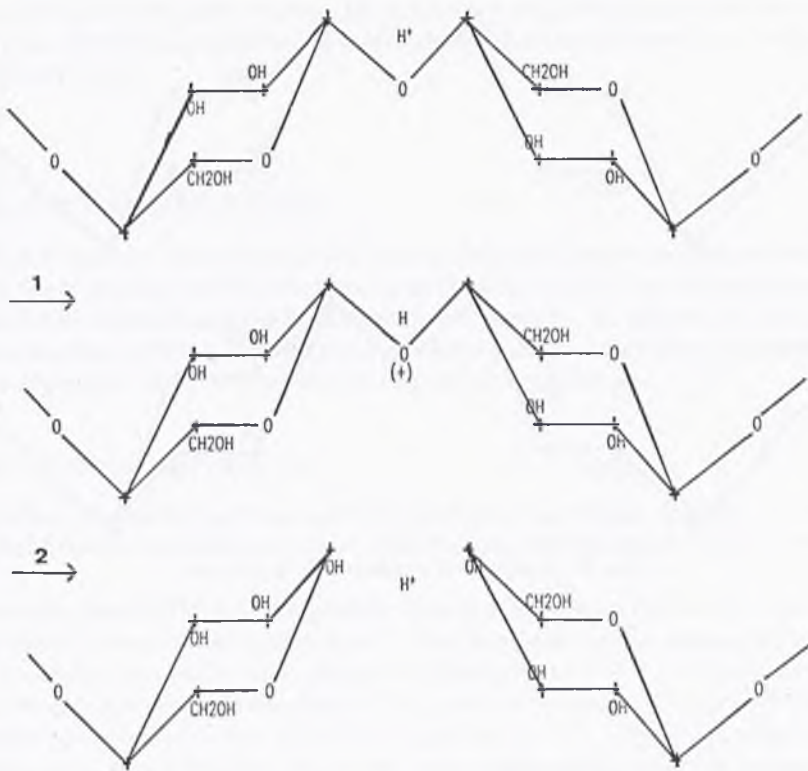


Fig. 30. Hydrolyse acide de la cellulose: réaction rapide (1) suivie d'une réaction lente (2).

2. OXYDATION

Les molécules cellulosiques sont également sensibles à l'action de substances oxydantes: oxygène de l'air, produits résiduels de blanchiment à base de chlore par exemple. Des composés de cuivre, de fer, de cobalt peuvent jouer le rôle de catalyseur et augmenter la vitesse de réaction. L'oxydation peut avoir pour conséquence l'ouverture et la rupture d'une molécule de glucose alors que par hydrolyse, c'est la chaîne elle-même qui est brisée, par rupture de liaisons glycosidiques (Fig. 31).

Cependant, suivant la localisation de l'oxydation sur la chaîne, les liens glycosidiques peuvent être affaiblis et se rompre facilement même dans des conditions de conservation favorables. Dans certains cas d'oxydations sévères, il peut y avoir rupture des liens glycosidiques eux-mêmes.

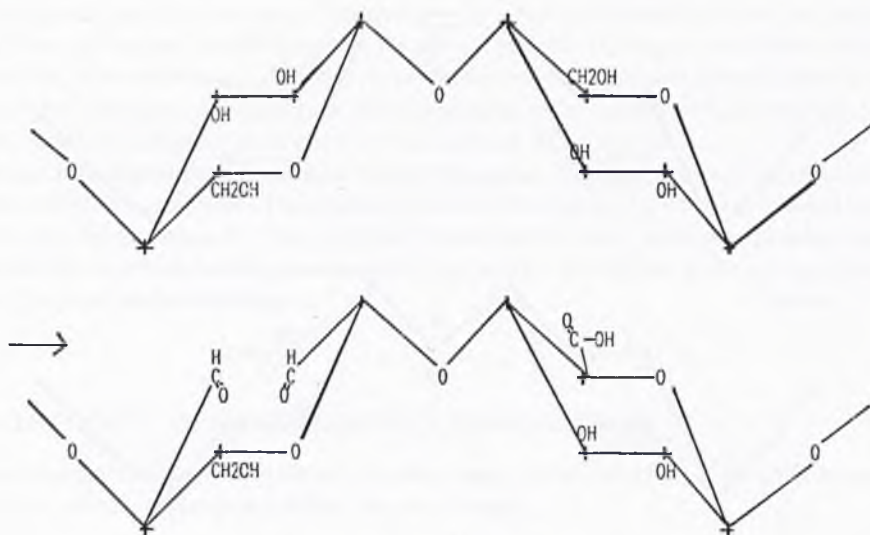


Fig. 31. Exemples d'oxydation de la cellulose.

3. ALTERATION PHOTOCHIMIQUE

La majorité des composants du papier moderne sont capables d'absorber des radiations visibles et ultraviolettes. Au niveau moléculaire, il y a absorption d'un quantum de lumière par une molécule. L'excitation résultant de cette absorption d'énergie peut entraîner la rupture d'une liaison interatomique avec formation de radicaux. En général, la liaison qui se rompt est la liaison responsable de l'absorption de lumière. Enfin, la molécule résultante peut se recombiner avec elle-même ou provoquer des réactions avec des molécules avoisinantes. Les produits de dégradation ainsi créés sont souvent fort complexes. Les réactions photochimiques provoqueront finalement la décoloration et la dégradation du papier. Chacun des fragments, au contact de la chaleur et de l'humidité, peut ultérieurement s'oxyder et s'hydrolyser. Le papier devient alors très cassant et jaunit.

LAUNER et WILSON ont établi que la lumière qui affecte le papier est composée de longueurs d'onde comprises entre 330 et 440 nm (nanomètres). Bien que les rayons ultraviolets oxydent le papier, ils n'agissent pas directement sur les molécules de cellulose. Au contraire, la lumière ultraviolette agit d'abord sur les autres constituants et impuretés du papier (lignine, produits de dégradation colorés, colle...) meilleurs absorbants. Au départ, ces impuretés constituent donc une protection de la cellulose vis-à-vis de la lumière. Le produit de cette réaction attaque alors la cellulose, brisant les chaînes moléculaires et affaiblissant le matériau.

Les radiations infrarouges peuvent provoquer sur les matériaux des réactions d'oxydation et de thermo-dégradation. Leur effet thermique entraîne aussi une déshydratation de la structure.

II. FACTEURS CLIMATIQUES

La température et l'humidité sont des facteurs de grande importance qui peuvent occasionner des dommages irréversibles aux biens libraires une fois que ces paramètres sortent des limites entre lesquelles ils doivent être maintenus. Le papier, essentiellement composé de fibres cellulosiques, est très hygroscopique. Ses propriétés physiques et chimiques dépendent donc de la teneur en eau de l'atmosphère.

1. PRINCIPES HYGROMETRIQUES

La notion d'humidité est étroitement liée à celle de température : en effet, c'est le taux d'humidité relative qui est à considérer et non la quantité absolue de vapeur d'eau présente.

L'humidité absolue (H.A.) est le poids de vapeur d'eau contenu dans un volume donné d'air humide à une certaine température. Cette humidité ne peut augmenter indéfiniment. Au-delà d'un certain seuil, on atteint la saturation (H.A.S.) et l'excès de vapeur d'eau précipite sous forme d'eau liquide. La quantité maximale de vapeur d'eau varie en fonction de la température : à 20 °C : 17g/m³ et à 25 °C : 23g/m³. Plus la température augmente, plus l'air peut contenir de vapeur d'eau.

L'humidité relative (H.R.) est le rapport entre la quantité de vapeur effectivement contenue dans un volume déterminé à une certaine température et la quantité maximale de vapeur d'eau que ce même volume pourrait contenir à la même température. Plus simplement, on peut définir l'humidité relative par le rapport, exprimé en pourcentage, entre l'humidité absolue et l'humidité absolue de saturation d'un même volume à la même température.

$$\text{H.R.} = \frac{\text{H.A.}}{\text{H.A.S.}} \times 100 \text{ pour } T \text{ } ^\circ\text{C}$$

Si la quantité de vapeur reste constante dans un espace fermé, lorsque la température augmente l'humidité relative diminue : on s'éloigne du seuil de saturation. Lorsque la température diminue, l'humidité relative augmente : on se rapproche du seuil de saturation. Pour maintenir l'humidité relative constante dans une bibliothèque ou un dépôt, il faut donc ajouter de la vapeur d'eau lorsque la température augmente. C'est la fonction d'un saturateur placé sur un radiateur. Lorsqu'on approche du niveau de saturation à une température donnée, il y a risque de condensation sur une paroi froide telle qu'une étagère métallique. Au contraire si la température diminue, le pourcentage d'humidité relative s'élève et il faut éliminer de la vapeur d'eau. Température et humidité agissent donc concurremment.

2. ACTION SUR LE PAPIER

En conservation, le contrôle de l'humidité relative est fondamental car il indique les échanges d'humidité entre les objets conservés et l'air. Le papier est une matière très hygroscopique : si le taux d'humidité augmente, il absorbera très facilement de la vapeur d'eau mais s'il diminue, le papier aura tendance à en libérer. Le papier et d'autres substances organiques telles que le bois, le cuir, le parchemin et les tissus réagissent de manière à ce que l'humidité qu'ils contiennent soit en équilibre avec la vapeur d'eau présente dans l'air ambiant.

Des expositions même brèves à une température élevée provoquent le jaunissement et la fragilité du papier. Mais une température basse retarde le vieillissement. L'action de la température devient particulièrement nocive lorsqu'elle est associée à celle de l'humidité. L'humidité ne peut être considérée indépendamment de la température et une variation simultanée des deux paramètres est plus dangereuse qu'un niveau élevé ou insuffisant de l'un des deux facteurs.

a. *Détériorations physiques*

Le papier et le parchemin, étant des matériaux hygroscopiques, gonflent lorsqu'ils absorbent de l'humidité et se rétractent lorsqu'ils la libèrent. A la longue, le papier perd son élasticité et sa solidité.

Un papier normal se présente sous la forme d'une feuille ou d'une couche de fibres entremêlées. Lors de la fabrication du papier, les fibres de cellulose humides se répartissent pour former après séchage une feuille solide et cohérente. Celle-ci variera en superficie selon l'humidité résiduelle contenue dans les fibres. Le papier fabriqué à la main s'élargit presque également en largeur et en longueur, car les fibres sont disposées sans direction préférentielle. Le papier fabriqué à la machine s'élargit ou se rétrécit davantage perpendiculairement au sens de défilement de la pâte car les fibres sont alignées de manière préférentielle dans cette direction. Cet alignement affecte aussi l'aisance avec laquelle le papier peut être plié ou tourné et implique certaines précautions pour son pliage et son encollage dans des travaux de reliure ou des opérations de restauration. Pour une variation de 10 % d'H. R., les dimensions d'un papier à dessin peuvent augmenter ou diminuer de 0,6 % en travers et de 0,1 % en longueur.

Par excès d'humidité, le papier perd sa forme, devient mou. Si un excès d'humidité est à proscrire, une trop grande sécheresse est également nuisible. Le papier a besoin d'un taux d'humidité de 50 % pour garder sa souplesse et son élasticité. Une carence d'humidité entraîne la déshydratation des structures et rend le papier fragile et cassant. Les colles se dessèchent et deviennent cassantes. Une humidité relative basse rigidifie le parchemin et diminue la résistance mécanique des reliures.

b. *Détériorations chimiques*

La chaleur humide accélère l'hydrolyse acide des molécules de cellulose et de collagène. Le papier devient cassant et perd de sa résistance mécanique, il en est de même pour les cuirs. La température accélère en fait tous les mécanismes de dégradation de la cellulose : hydrolyse, oxydation et effets photochimiques. Une basse température diminue la vitesse de dégradation : un papier exposé à la lumière jaunit moins s'il est main-

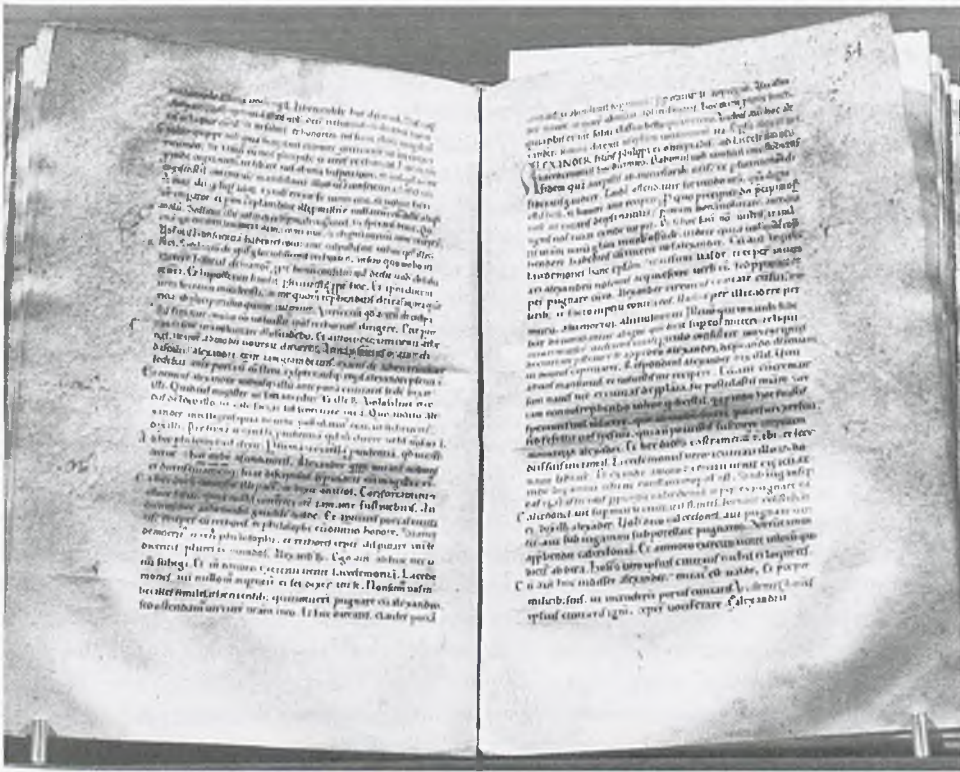


Fig. 32. Parchemin conservé dans un environnement trop sec.

tenu à basse température. La durée de vie de nombreux matériaux libraires pourrait être prolongée si ceux-ci pouvaient être réfrigérés. BARKER cite le cas d'un livre laissé en 1911 par le Capitaine Scott au Pôle sud et qui fut retrouvé en parfaite condition en 1956 par Sir Vivian Fuchs.

c. *Détériorations biologiques*

Le taux d'humidité relative et la température jouent un rôle prépondérant dans le cycle vital des champignons et bactéries présents dans les livres ou dans l'atmosphère. Les conditions de température et d'hygrométrie les plus favorables à leur croissance sont : une température comprise entre 22 et 25 °C et une humidité relative supérieure à 65 %. L'humidité excessive affaiblit le papier et favorise le développement des micro-organismes qui se nourrissent de cellulose, de la colle du papier ou des reliures, des produits ajoutés au cuir. Une humidité relative supérieure à 70 % rend le parchemin plus vulnérable aux attaques des micro-organismes.

III. LUMIERE

1. COMPOSITION

La lumière solaire est formée d'ondes électro-magnétiques dont la longueur (mesurée au niveau de la mer) se situe entre 290 et 2400nm ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$). L'œil humain ne perçoit que les longueurs d'ondes comprises entre 400 et 750nm : ce sont les radiations visibles qui comprennent toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, du violet au rouge (Fig. 33).

Les radiations d'une longueur d'onde supérieure ou inférieure sont invisibles. Les rayons ultraviolets ont une longueur d'onde inférieure à 400nm. Ils sont très énergétiques et ont une action photochimique destructrice sur les matériaux. Au-delà d'une longueur d'onde de 700nm, les radiations sont thermiques, ce sont les infrarouges.

2. SOURCES

Une source lumineuse, qu'elle soit naturelle ou artificielle, émet des radiations visibles et des radiations invisibles, infrarouges et ultraviolettes.

a. Source naturelle

Le soleil est la principale source de lumière naturelle. La rétrodiffusion de la lumière par les nuages et les poussières et son absorption par l'atmosphère (O_2 , O_3 , CO_2 et H_2O) expliquent que 47 % de la lumière provenant du soleil arrive jusqu'au sol : 22 % sous forme de rayonnement solaire direct et 25 % sous forme de rayonnement diffus (ciel, nuages et poussières).

La quantité de rayons ultraviolets qui atteignent la surface de la terre ne représente que 9 % du rayonnement ultraviolet solaire. Seuls les rayons ultraviolets d'une longueur d'onde supérieure à 320nm traversent le verre à vitre ordinaire : cela représente 5 %.

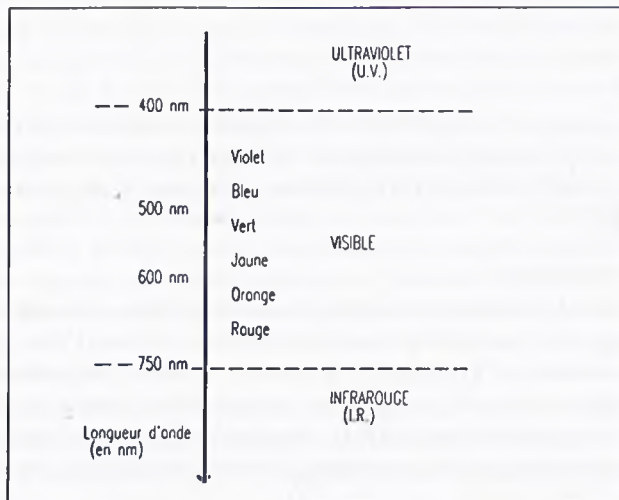


Fig. 33. Composition spectrale de la lumière.

b. Sources artificielles

Les sources artificielles de lumière sont de deux types : les lampes à incandescence et les tubes fluorescents. Leur composition spectrale est très différente.

Les ampoules électriques ordinaires éclairent par incandescence. Un filament de tungstène porté à haute température (jusqu'à 2800 °C) émet une vive lumière, d'autant plus blanche que la température est élevée. L'ampoule ne peut contenir d'oxygène : il brûlerait le filament incandescent. On y met un gaz inerte, de l'argon mélangé d'azote ou du krypton. En plus des radiations visibles (7 à 12 %), surtout jaunes et rouges, ces lampes émettent beaucoup de radiations infrarouges (68 à 72 %) et peu de radiations ultraviolettes (< 0,1 %).

Dans les lampes à incandescence dites lampes halogènes tungstènes ou lampes à iode, le gaz inerte est mélangé à des traces d'iode vaporisé. On peut élever la température d'équilibre du filament et obtenir ainsi une lumière plus blanche sans abrégier la « durée de vie » moyenne de la lampe qui est en général supérieure à celle d'une lampe ordinaire. Ces lampes ont une forte intensité lumineuse mais en même temps dégagent beaucoup de chaleur ce qui justifie leur enveloppe en quartz (matériau plus résistant à de fortes variations thermiques). Elles émettent donc beaucoup de rayons infrarouges sauf lorsqu'elles sont équipées de miroirs *dichroïques* qui diffusent moins de chaleur.

Les tubes fluorescents utilisent les propriétés que possèdent certains composés d'émettre de la lumière lorsqu'ils sont soumis à un rayonnement ultraviolet. Le tube est rempli de vapeur de mercure à basse pression et sa paroi est recouverte de poudre fluorescente. Celle-ci émet une lumière visible lorsqu'elle est excitée par les rayons ultraviolets créés à l'intérieur du tube par une étincelle électrique. Ces rayons ultraviolets sont absorbés si les matériaux fluorescents ont une épaisseur suffisante. Les températures de couleur des tubes fluorescents sont généralement plus élevées que celles des lampes à incandescence, leurs teintes seront par conséquent plus froides.

Ces tubes émettent moins de radiations infrarouges (35 %) et plus d'ultraviolets que les lampes à incandescence (0,3 à 0,7 %). Le rayonnement dans la partie visible du spectre est de 35 % en moyenne. Les tubes fluorescents émettent plus de radiations énergétiques que les lampes à incandescence. Le taux de dégradation reste cependant inférieur à celui de la lumière naturelle.

Des lampes compactes appelées aussi économiseurs d'énergie ont été mises au point par plusieurs firmes. Ce sont des lampes à vapeur de mercure à basse pression ressemblant à de grosses lampes à incandescence. Leur durée de vie est nettement supérieure et leur consommation beaucoup plus faible. De mini tubes fluorescents existent également. Pour une luminosité égale à celle des tubes traditionnels, la consommation est réduite de 75 %.

3. FACTEURS DE DETERIORATION

a. Facteurs internes

Parmi les facteurs intrinsèques qui influencent l'action destructrice de la lumière, il faut citer l'intensité de la radiation (niveau d'éclairage), le temps d'exposition et les caractéristiques spectrales de la radiation. La lumière cause une dépolymérisation par

rupture des liaisons interatomiques du *polymère*. Les fragments de papier oxydé peuvent ensuite s'hydrolyser. Le papier devient fragile et cassant.

Les caractéristiques spectrales de la lumière sont primordiales. Les altérations les plus graves sont causées par les rayons ultraviolets parce qu'ils ont une forte activité photo-chimique. Les rayonnements infrarouges ont une action thermique importante et dégradent les objets en les desséchant.

Selon FELLER et HON, la lumière ultraviolette d'une longueur d'onde inférieure à 385nm a un effet jaunissant sur les papiers contenant de la pâte mécanique alors que la lumière visible a un effet blanchissant. On pense que le blanchiment est dû à l'action de la lumière visible sur les groupes *aldéhydes* coniféryliques qui n'existent que dans la pâte de bois. Par contre, le jaunissement serait la conséquence de l'oxydation du groupe *phénolique* de la lignine.

Une fois qu'il a été exposé à la lumière, le papier continue à se détériorer même lorsqu'il est conservé dans l'obscurité. La détérioration est plus lente que s'il était encore exposé mais plus rapide que s'il ne l'avait jamais été. Le papier est devenu plus vulnérable aux autres formes de dégradation. La cellulose oxydée se décolore plus rapidement dans l'obscurité.

b. *Facteurs externes*

La décoloration du papier est également influencée par divers facteurs externes tels que la température, la présence d'oxygène ou de vapeur d'eau ainsi que la composition du papier.

Selon LAUNER et WILSON, la décoloration est le résultat de l'action combinée de la température et de la lumière. Ils ont démontré qu'un papier jaunit lorsqu'il est exposé à la lumière et chauffé mais qu'il blanchit si on le maintient à basse température. Le résultat final dépend du rôle prédominant de la température ou de la lumière. Un papier dont le jaunissement a été induit par la température peut être blanchi par l'exposition à la lumière.

On a aussi démontré qu'en l'absence d'oxygène, le jaunissement et la fragilisation du papier étaient arrêtés pendant l'exposition aux radiations visibles et ultraviolettes. Ainsi, des papiers contenant de la lignine irradiés dans une atmosphère privée d'oxygène blanchissent alors qu'ils jaunissent à l'air même en l'absence de chaleur. Il arrive qu'on place des documents exceptionnels dans une atmosphère inerte. C'est le cas pour la Déclaration d'Indépendance et la Constitution des États-Unis, conservées dans une atmosphère inerte d'hélium.

Il a aussi été montré que la vapeur d'eau accélérât l'action dégradante de la lumière sur la cellulose de coton. Sur la pâte de bois au contraire, elle ralentirait son action.

Les papiers de chiffons peuvent blanchir au lieu de jaunir à température normale. Les papiers composés de pâte chimique sont également moins sensibles à la lumière. Le papier journal est plus affecté par la lumière ainsi que les papiers qui contiennent une teneur minimale en fer, de la cellulose insuffisamment purifiée ou une quantité considérable de colophane. Par ordre décroissant de résistance, on peut les classer comme suit : pâte de chiffons (coton, lin, chanvre), pâte chimique (au sulfite et au sulfate) et papier journal à base de pâte mécanique. Les impuretés telles que les ions métalliques et additifs tels que l'alun, la colle ou la gélatine jouent le rôle de catalyseur.



Fig. 34. Jaunissement provoqué par la lumière.

Pour les cuirs tannés au chrome par exemple, la lumière solaire provoque le jaunissement de l'huile utilisée pour nourrir le cuir en fin de fabrication.

IV. AGENTS CHIMIQUES

La cellulose et le collagène sont attaqués lentement par les acides même dans les conditions de conservation les plus favorables. Dans de nombreux cas le cuir ou le papier sont acidifiés durant leur fabrication et la détérioration des fibres a déjà commencé avant que les livres imprimés ou manuscrits ne soient sous la responsabilité du conservateur.

La dégradation continue ensuite sous l'action d'agents extérieurs. Même les papiers d'excellente qualité, fabriqués à la main, et les cuirs obtenus par tannage végétal n'échappent pas aux attaques de l'acide sulfurique.

La décomposition hydrolytique de la cellulose est due à la réaction de substances acides qui peuvent être dans le papier depuis l'origine : dans les matériaux utilisés pour sa fabrication (alun) ou ajoutées ensuite (encres et pigments colorants). L'absorption d'éléments polluants externes, dioxyde de soufre ou dioxyde d'azote, est une autre source d'acidité. Les produits de dégradations de la cellulose, de l'hémicellulose et de la lignine causées par des oxydations, la lumière ou des hautes températures sont souvent acides et contribuent à l'acidité totale du papier.

Cependant, certains papiers anciens se sont très bien conservés et révèlent un pH de 6 ou même supérieur. Ceci est dû à la présence de certains composés, essentiellement les carbonates de calcium et de magnésium. Ces carbonates alcalino-terreux peuvent avoir été ajoutés lors du blanchiment des chiffons au moyen d'extraits de cendres de bois ou lors du lavage des chiffons avec de l'eau contenant des bicarbonates de magnésium ou de calcium ou parce que de la chaux était utilisée.

1. SOURCES INTERNES

Parmi les causes internes d'acidité du papier, on peut citer : l'alun, la lignine, des particules de fer ou de cuivre et la présence de résidus du blanchiment tels les chlorures.

a. *Alun*

L'alun, sel d'aluminium et de potassium, est utilisé pour précipiter le collage de type végétal (colophane) ou animal (gélatine) et favoriser son adhérence sur les fibres. L'alun a également une action fongicide en empêchant le développement de bactéries et de champignons. Pour cette raison, on a parfois eu tendance à dépasser la quantité nécessaire à titre préventif.

Ce sel acide peut, au contact de l'eau toujours présente dans le papier, réagir et former de l'acide sulfurique. On a relevé des traces d'hydrolyse acide dans des papiers du XVII^e siècle, hydrolyse causée par l'alun ajouté pour durcir la colle animale et rendre le papier plus apte à l'impression.

A partir du XIX^e siècle, l'alun fut utilisé pour précipiter le collage à la colophane. La réaction entre le sulfate d'aluminium et le *résinate de soude* provoque principalement une précipitation de monorésinate d'aluminium. L'alun qui n'a pas réagi et le monorésinate peuvent s'hydrolyser et donner des ions H⁺. Nous avons mesuré des valeurs de pH de 4,2 à 5 sur des papiers collés avec colophane et alun et sur des papiers encollés à la gélatine des valeurs de pH de 5,5 à 6,5.

b. *Lignine*

Le papier produit à partir des années 1860-70 est particulièrement acide parce qu'il est collé à la colophane mais aussi parce qu'il contient de la pâte de bois. Les papiers sont peu résistants étant donné la faible quantité de cellulose pure par rapport aux éléments non celluloses comme la lignine. Ils ont une durée de vie très brève : 15-20 ans pour le papier journal protégé de la lumière et quelques semaines s'il est exposé à l'air et à la lumière.

c. *Particules métalliques*

Si le papier contient des impuretés métalliques, provenant de l'eau du moulin par exemple, des pointes des maillets ou des lames des piles, la dégradation en sera accélérée. Les métaux catalysent l'oxydation du dioxyde de soufre en trioxyde et probablement certaines réactions de la cellulose. Les oxydants décolorent les pigments, affaiblissent et parfois même brunissent le papier et le parchemin.

d. *Produits chimiques*

Les résidus des traitements chimiques auxquels la pâte à papier ou les papiers ont été soumis pendant leur préparation peuvent endommager ceux-ci. Les traces de chlore laissées après le blanchiment de la pâte pourraient réagir avec l'alun en présence d'humidité.

La production des pâtes par des procédés chimiques a considérablement réduit ou supprimé la quantité de lignine. Les processus industriels de purification de la cellulose de bois sont très énergétiques avec des oxydants à haute température. Ils peuvent donner naissance à des produits déjà dégradés et donc instables.

2. POLLUTION ATMOSPHERIQUE

La pollution atmosphérique est certainement la première source externe d'altération chimique. Son principal effet est une augmentation de l'acidité. Cependant il faut signaler au conservateur que d'autres matériaux très souvent présents dans une bibliothèque peuvent être générateurs d'acidité. On citera le bois des étagères, les cartons à base de bois, des plastiques instables ou des colles acides. La transmission s'opère par contact.

L'air se compose normalement d'un mélange de gaz et de particules solides finement dispersées. Parmi les gaz polluants, certains proviennent de la combustion de produits pétroliers et sont plus ou moins acides ou oxydants. Parmi les plus corrosifs, il faut citer les composés soufrés, dioxyde et trioxyde de soufre, et les composés azotés comme l'oxyde d'azote. Parmi les oxydants, l'ozone est le plus nuisible. Ces gaz sont surtout présents dans les zones industrielles et urbaines. Par hydrolyse ou catalyse, ils altèrent les propriétés du papier. Ils ont besoin d'humidité et d'une libre circulation de l'air pour agir.

Aucun matériau graphique n'est à l'abri de l'air pollué, ni à la campagne ni à la côte bien que l'on ait constaté que le papier des livres conservés dans les zones urbaines était plus acide que celui de livres conservés dans les zones rurales.

a. *Composés soufrés*

L'anhydride sulfureux SO_2 est l'un des polluants les plus répandus. Considérant l'atmosphère globale, le SO_2 provient pour 48 % de la nature. La dégradation bactérienne produit de l'acide sullhydrique H_2S rapidement oxydé en SO_2 (surtout dans la haute atmosphère). Les 52 % restant proviennent donc de la pollution atmosphérique (combustion du fuel et charbon). Le SO_2 est le polluant le plus important produit par l'activité de l'homme dans les villes. C'est aussi le polluant qui fait le plus de dégâts même s'il n'a en lui-même aucune nocivité à l'égard du papier, du cuir et du parchemin. Il n'est agressif que sous sa forme oxydée. Il réagit lentement avec l'air et une partie est oxydée en anhydride sulfurique SO_3 : $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_3$.

Celui-ci réagit à son tour avec l'humidité de l'air et forme de l'acide sulfurique : $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$.

La température et l'humidité jouent un rôle important dans cette chaîne de réactions qui sont par conséquent très liées aux conditions climatiques. Une humidité relative élevée accélère la réaction.

La composition du papier est aussi un élément important. Des papiers de chiffons se conservent très bien même dans des zones industrielles ou urbaines alors que des papiers de qualité inférieure montrent rapidement, en 10 ans parfois, un brunissement ainsi qu'une fragilisation. La plus forte absorption du SO_2 se produit à la périphérie des feuilles, ce qui explique pourquoi les bords d'un livre se détériorent rapidement alors que le centre des pages reste en général intact pendant longtemps.

La pourriture rouge du cuir, « red rot », est due à l'anhydride sulfurique SO_3 qui se transforme en acide sulfurique H_2SO_4 selon la réaction préalablement décrite. Dans un premier temps, le cuir devient doux et absorbant, ensuite spongieux et fragile dans toute sa structure. Au dernier stade, c'est la désintégration totale du cuir. Ce processus de dégradation ne peut être valablement arrêté. Cependant des cuirs contenant des sels minéraux agissant comme *tampans* résistent mieux que les autres à la pollution atmosphérique.

b. Composés azotés

L'oxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2) sont présents à une faible teneur dans l'atmosphère, avec une prédominance dans les villes. Dans la nature, la principale source de ces composés est la dégradation de l'hémioxyde d'azote N_2O dans la haute atmosphère. Il est aussi produit par l'action des bactéries sur les nitrites NO_2^- et les nitrates NO_3^- contenus dans les sols et les océans. Les éclairs, les rayonnements solaires et cosmiques de haute énergie, les vols stratosphériques produisent aussi du NO et du NO_2 . Dans les villes, ces oxydes d'azote proviennent de la combinaison de l'oxygène et de l'azote à haute température. Ils peuvent ainsi provenir de la combustion du fuel.

Ils sont tous deux extrêmement corrosifs. Le dioxyde d'azote, comme le dioxyde de soufre, est soluble dans l'eau et produit des acides, acide nitreux (HNO_2) et acide nitrique (HNO_3): $2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$.

L'acide nitreux est un acide faible instable qui se dissocie en acide nitrique et oxyde d'azote. La réaction totale mène donc à la production d'acide nitrique HNO_3 qui est un acide fort.

c. Ozone

L'ozone provient en grande partie de la stratosphère par l'action des rayons ultraviolets de très courte longueur d'onde (200nm) sur l'oxygène. Il peut également être produit par l'action des rayons ultraviolets sur le dioxyde d'azote provenant de la combustion du fuel.

C'est un oxydant très puissant qui rompt les doubles liaisons entre les atomes de carbone. Les produits organiques tels que la colle animale ou végétale ainsi que le cuir sont susceptibles de dégradation. La cellulose humide est particulièrement vulnérable à l'ozone à des concentrations normalement trouvées dans de l'air pollué. Après exposition prolongée, le papier et les textiles perdent leur résistance, les couleurs des reliures pâlissent mais la décoloration est moins forte que celle causée par la lumière.



Fig. 35. Réaction acide de l'encre qui a perforé le papier.

d. *Particules solides*

Les aérosols, généralement appelés poussières, sont présents dans l'atmosphère des zones industrielles et urbaines. Ce sont des particules minérales ou organiques : oxydes de fer, sulfates d'aluminium, silice, carbonates de magnésium, fragments de fibres ou encore chlorures de sodium (à proximité de la mer).

Les aérosols sont extrêmement pénétrants et ont une action multiple. La poussière n'est pas inerte, les radicaux acides ainsi que les ions métalliques qu'elle contient contribuent à catalyser les processus de dégradation.

Ces particules sont souvent hygroscopiques et peuvent retenir l'eau en quantité suffisante pour favoriser la croissance de micro-organismes dont les *spores* sont présentes dans l'atmosphère. La poussière est ainsi une source de contamination biologique mais également une source d'éléments nutritifs par les composés minéraux et organiques qu'elle contient.

Enfin, il faut encore signaler l'action abrasive des aérosols sur les reliures.

En conclusion, si chacune de ces substances chimiques a, en elle-même, une action corrosive, ce pouvoir de détérioration est encore plus grand lorsqu'elles sont toutes présentes dans l'atmosphère.

3. ENCRE ET PIGMENTS

Dans un environnement trop humide, le sulfate de fer (ou de cuivre) contenu dans les encres ferro-galliques (ou cupro-galliques) peut s'hydrolyser en produisant de l'acide. Cet acide attaque le papier ou le parchemin. De plus, le fer, tout comme le cuivre, permet une dégradation catalytique oxydative de la cellulose qui s'ajoute à cette action de l'acidité.

Cette dégradation est limitée au tracé de l'écriture et se manifeste d'abord par un brunissement au revers de la feuille à l'emplacement du texte. Dans les cas extrêmes, le support est totalement détruit et le texte est illisible. La feuille est transformée en dentelle.

Les pigments verts utilisés pour les enluminures de manuscrits contiennent du cuivre et sont très instables. En atmosphère humide, ils migrent à l'intérieur des fibres de cellulose (papier) ou de collagène (parchemin). Par oxydation, les pigments verts deviennent bruns et les fibres sont dégradées. Des fragments du support peuvent se détacher.

Les détériorations et les lacunes dues aux encres et aux pigments sont irréversibles.

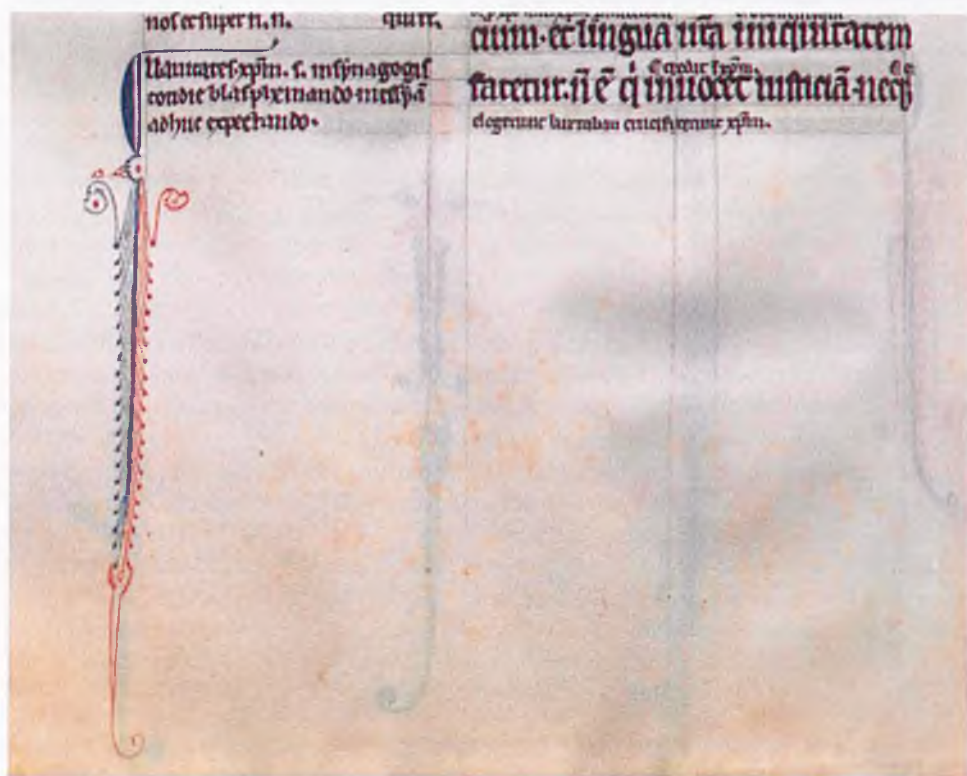


Fig. 36. Dégradation causée par la migration des pigments.

CHAPITRE II: AGENTS BIOLOGIQUES

- I. Bactéries
 1. Définition
 2. Indices de contamination
 3. Diverses espèces
 4. Facteurs de croissance
 5. Toxicité

- II. Champignons
 1. Définition
 2. Indices de contamination
 3. Diverses espèces
 4. Infection
 5. Facteurs de croissance
 - a. Température et humidité
 - b. Lumière
 - c. Poussières
 - d. Autres
 6. Dommages
 7. Toxicité
 8. Foxing

- III. Insectes
 1. Définition
 2. Indices de contamination
 3. Origine
 4. Diverses espèces d'insectes
 - a. Ordre des Thysanoures
 - b. Ordre des Dictyoptères
 - c. Ordre des Psocoptères
 - d. Ordre des Coléoptères
 - e. Ordre des Isoptères
 - f. Ordre des Diptères

- IV. Rongeurs

- V. Identification des espèces à partir des érosions produites

Les agents biologiques sont responsables des dommages les plus fréquents et les plus étendus dans les livres. Les champignons s'attaquent au papier et aux reliures. Ils les désagrègent et laissent des taches colorées dues aux pigments qu'ils secrètent. Les dégâts causés par les insectes sont assez faciles à identifier, tels des perforations ou des galeries. Déterminer avec exactitude l'insecte responsable de la dégradation est un autre problème.

1. BACTERIES

1. DEFINITION

Ce sont des organismes végétaux unicellulaires, invisibles à l'oeil nu. Leur grandeur est de l'ordre du micron (0,001mm). Les bactéries possèdent un noyau diffus et sont dépourvues de chlorophylle.

La dégradation du papier est due en majorité à des bactéries aérobies, c'est-à-dire qui ne se développent qu'en présence d'oxygène libre. D'autres sont anaérobies, elles n'ont pas besoin d'oxygène. Parmi celles-ci, il y a des bactéries mésophiles (croissance optimale entre 30 et 40 °C) et des bactéries thermophiles (entre 50 et 65 °C).

2. INDICES DE CONTAMINATION

La présence de bactéries est d'abord indiscernable. Elle se manifeste ensuite par des taches colorées discrètes, isolées, de couleur jaunâtre. Celles-ci s'étendent en zones brunes, rouges, noires ou bleuâtres selon l'espèce. Si on laisse le document dans cet état, les implantations se rejoignent et leurs ramifications forment un duvet plus ou moins épais.

3. DIVERSES ESPECES

La majorité des bactéries habituellement isolées sur le papier appartiennent à deux des quatre embranchements du monde bactérien. Il s'agit des eubactéries ou bactéries vraies (Eubacteriales), sans affinités avec les micro-organismes animaux ou végétaux et des mycobactéries, bactéries affines aux champignons. Dans ce second embranchement, on a seulement identifié des espèces *cellulolyques* dans la classe des actinomycètes (Actinomycetales) et des myxobactéries (Myxobacterales).

4. FACTEURS DE CROISSANCE

Les bactéries se développent aussi bien dans l'obscurité qu'à la lumière et leur prolifération est favorisée par la chaleur et l'humidité. Les bactéries sont sensibles aux fortes températures et certaines meurent à une température supérieure à 40°C. Cependant les thermophiles, comme nous l'avons dit, se développent le mieux à une température de 50 à 65 °C. En-deçà d'un taux d'humidité relative de 65 %, le métabolisme des bactéries est impossible. Le taux optimal se situe aux environs de 100 %.

Les bactéries peuvent vivre à des pH allant de 1 à 12 mais la majorité d'entre elles se développe le mieux dans des conditions légèrement alcalines, lorsque le pH se situe entre 7,2 et 7,5.

En ce qui concerne la nourriture, les bactéries qui décomposent les constituants du papier, cellulose, hémicellulose, amidon et autres substances organiques telles que le collagène, appartiennent à la catégorie des bactéries *hétérotrophes*. L'intensité de leur pouvoir *cellulolytique* varie selon les espèces. Certaines utilisent exclusivement la cellulose comme source de carbone : ce sont les *cellulolytiques* obligatoires ; d'autres ont besoin de plusieurs sortes de glucides : ce sont des *cellulolytiques* facultatives. Leur régime alimentaire se compose de cellulose, de colles ou de substances d'origine animale.

La décomposition de la cellulose ou cellulolyse est assurée par des cellulases, *enzymes* qui la dissocient en molécules de cellobiose. Les bactéries protéolytiques produisent des *enzymes* protéolases ou collagénases qui agissent sur les protéines (et donc le collagène) et des gélatinases qui agissent spécifiquement sur la gélatine.

5. TOXICITE

Il a été démontré que des livres en contact avec des personnes souffrant de maladies infectieuses telles que pneumonie, diphtérie, fièvre typhoïde, méningite ou autres étaient contaminés. Les bactéries survivent plusieurs jours, délai pendant lequel il est nécessaire de retirer le livre du circuit de prêt et de le désinfecter (KOWALIK).

II. CHAMPIGNONS

1. DEFINITION

Les champignons sont des organismes végétaux inférieurs dont l'appareil végétatif ne comporte ni racine, ni tige, ni feuille et est dépourvu de chlorophylle. C'est un *thalle* constitué de filaments ou hyphes formant le mycélium. Incapables d'opérer la photosynthèse, ils se nourrissent de matières organiques provenant de la décomposition de débris végétaux et animaux.

2. INDICES DE CONTAMINATION

L'examen à la loupe ou à l'œil nu de vieux papiers révèle souvent la présence de taches dont le centre est foncé alors que l'intensité diminue progressivement dans la zone périphérique. Elles ont quelquefois un certain relief appréciable au toucher. Quelques-unes d'entre elles sont composées de débris organiques comme de la lignine ou inorganiques comme du fer. D'autres taches colorées, de superficie variable, peuvent être l'indice d'une contamination du support par des micro-organismes. Elles sont alors constituées d'un élément mycosique et sont susceptibles de s'accroître dans des conditions favorables.

Les taches de micro-organismes sont formées de deux parties : un centre généralement punctiforme, plus ou moins foncé, c'est la moisissure et une zone périphérique à peu près circulaire et plus claire. Cette dernière, dont la teinte va en se dégradant, est constituée par les fibres du papier dans lesquelles ont diffusé les sécrétions du champignon. La zone périphérique est souvent visible sur les deux faces de la feuille considérée.

La teinte du pigment et la forme de la tache varient en fonction du type de champignon. Selon F. GALLO, il est impossible d'identifier les espèces de champignons à partir de leur seule coloration. La seule solution sûre est de faire un prélèvement et de le

mettre en culture sur le milieu nutritif approprié. On examine, après croissance, les résultats au microscope. Les facteurs qui interviennent dans la coloration des échantillons sont multiples : la durée d'action de l'espèce fongique, le type de papier, son mode de fabrication, son acidité, la présence de métaux tels que le fer ou le cuivre, la coexistence avec d'autres espèces fongiques ou encore les conditions dans lesquelles l'infection est apparue. Plus que la couleur ou la forme de la tache, c'est donc par leurs caractères morphologiques spécifiques que les champignons papyriques pourront être identifiés.

3. DIVERSES ESPECES

Depuis que plusieurs chercheurs ont entrepris l'étude systématique des micro-organismes dans les livres, on a isolé plus de 200 espèces cellulotiques. Les genres les plus fréquents sont les *Aspergillus*, les *Penicillium*, les *Cladosporium* et les *Fusarium*.

4. INFECTION

Il est difficile d'établir avec certitude l'origine de l'espèce fongique. La contamination peut s'être produite au moment de la fabrication de la pâte : on parlera dans ce cas

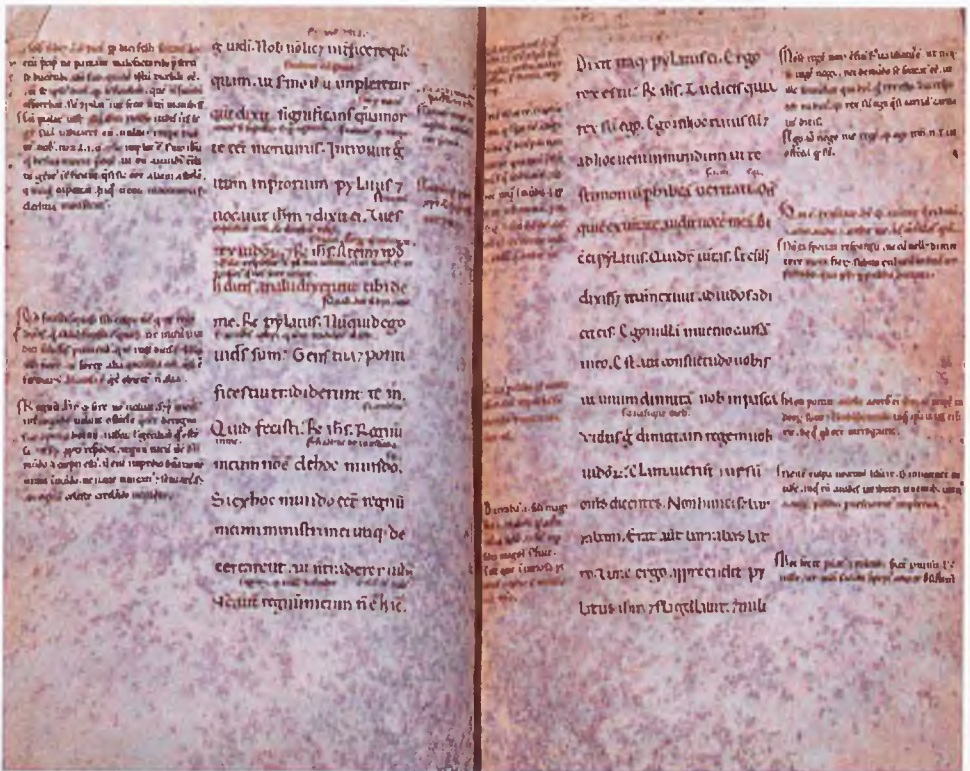


Fig. 37. Taches causées par des micro-organismes.

d'infection primaire. Les champignons proviennent des matériaux utilisés : végétaux, bois, plantes ou colles ajoutées à la préparation. Ils peuvent rester à l'état latent pendant plusieurs mois et se développer lorsque des conditions favorables de température et d'humidité déclenchent leur croissance.

Lorsque les micro-organismes attaquent le matériau libraire dans un temps postérieur à celui de sa fabrication, on parle d'infection secondaire. Les causes d'infection sont multiples : par contact avec des matériaux infectés, lors d'inondations par exemple. La poussière est aussi une source constante de contamination par les *spores* qu'elle transporte.

5. FACTEURS DE CROISSANCE

La croissance des micro-organismes est influencée par divers facteurs parmi lesquels la température et l'humidité sont certainement les plus importants.

a. Température et humidité

Les *spores* et *conidies* de champignons se développent aussi bien à des températures proches de 0°C qu'à des températures de 50 à 60 °C. Certaines espèces supportent des séjours prolongés à une température inférieure à 0 °C ou supérieure à 100 °C mais elles se développent et se multiplient seulement lorsqu'une température favorable et d'autres conditions permettant leur croissance existent dans les salles d'archives ou les bibliothèques.

Au-dessous de 65 % d'humidité relative, leur croissance est faible. A 80-90 % d'humidité relative, elle est considérable. Au-dessus de 95 % d'humidité relative, elle est surabondante. La combinaison entre température et humidité relative est déterminante. Les conditions les plus favorables pour la croissance des champignons sont une température entre 24 et 30 °C, une humidité relative entre 65 et 80 % et un pH faiblement acide, environ 5,5 (4,8-5,6).

b. Lumière

Bien que certaines longueurs d'ondes ultraviolettes entre 310 et 400nm stimulent l'apparition des *conidies* pour quelques espèces fongiques ; de manière générale, les rayons solaires ont une action nocive, voire stérilisante ou même inhibitrice sur beaucoup d'espèces. Parmi les radiations invisibles, les rayons ultraviolets ont une action létale beaucoup plus intense que les infrarouges.

c. Poussières

Les éléments minéraux et organiques qui composent les aérosols apportent les sels et les matières organiques dont les champignons ont besoin pour leur croissance : carbone, hydrogène, oxygène, azote, soufre, potassium, magnésium et phosphore. La cellulose qui est un hydrate de carbone est une excellente source de carbone pour les champignons.

d. Autres

D'autres facteurs favorables à la croissance des micro-organismes sont le manque d'aération, les dépôts trop entassés ou certains matériaux employés pour la fabrication ou la restauration des livres. Les micro-organismes sont particulièrement attirés par certaines substances contenues dans le papier : l'amidon, la dextrine ou la *caséine*. Le papier fabriqué à partir de pâte de bois serait plus vulnérable que le papier de chiffons.

6. DOMMAGES

L'action des champignons papyriques est double. Ils peuvent être à la fois agent de piqûre et de destruction.

Au cours de sa croissance, le mycélium s'insinue entre les fibres du papier et les attaque grâce à un véritable processus de digestion. Cette action peut être lente : il faut parfois plusieurs mois pour détecter les dégâts. Afin de se faire une idée de ceux-ci, il faut procéder à une mesure de la perte de résistance à la pliure.

Les enzymes libérés par les micro-organismes attaquent la cellulose, les protéines ou les tanins. Les cellulases affaiblissent le papier qui devient doux et fragile, mais il peut encore être manipulé sans se rompre. Les protéases attaquent les fibres de collagène, les brisent en rendant le parchemin poreux. Elles perforent et affinent le cuir des couvertures et des nerfs. Les tanases décolorent les encres, particulièrement les encres métallo-galliques. KOWALIK note que le *Penicillium* endommage spécialement les encres galliques.

Certains champignons ne perforent pas le papier mais sécrètent un pigment qui colore les fibres. Ces piqûres créent dans le papier des taches de couleurs et d'intensités diverses. Les produits du métabolisme des micro-organismes sont des acides et entraînent les dégradations caractéristiques de l'acidité.



Fig. 38. Taches avec duvet causées par des micro-organismes.

7. TOXICITE

Des champignons papyricoles tels que *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Chaetomium* ou *Trichoderma* se rencontrent fréquemment sur des volumes ou des documents d'archives. Ces champignons peuvent causer des irritations pulmonaires. On a observé des symptômes d'asthme et d'irritation de la peau.

8. FOXING

La présence de petites taches est très fréquente sur les papiers des XVIII^e et XIX^e siècles. Les collectionneurs disent que le papier est piqué. Cette altération est aussi désignée par le terme «foxing» (par allusion à la couleur rousse des taches comme la fourrure du renard : foxey?)

On distingue deux catégories de taches selon qu'elles ont un centre foncé ou non, généralement de couleur jaune-brun. En l'absence de centre foncé, on note que le contour est irrégulier. Ces zones peuvent couvrir toute la superficie du texte correspondant à la partie encrée.

Les chercheurs n'ont pas encore réussi à déterminer la cause exacte de ces piqûres. Dans les deux articles de M. HEY cités en référence, les positions des partisans des deux hypothèses habituellement défendues sont résumées : attaque microbiologique ou activation de particules de fer.

Pour certains, comme MEYNELL et NEWSAM, il y a une relation directe entre micro-organismes et foxing, malgré l'absence de duvet. Par examen de ces taches au microscope, on peut observer avec un grossissement de 500 X, des hyphes le long des fibres de cellulose. Les micro-organismes se développent en présence d'humidité, dans des zones riches en nourriture : parties imprimées (encre et produits huileux) ou parties souillées par les mains du lecteur. Le développement des hyphes se produit sur le collage et non sur les fibres de cellulose elles-mêmes. Lorsqu'on mouille la feuille, ce sont d'abord ces zones-là qui sont humidifiées : elles sont devenues hygroscopiques. Des produits de dégradation assumant cette couleur brunâtre s'y accumuleraient.

Selon NOL et al., le micro-organisme responsable serait un *Aspergillus terreus*. ARAI a obtenu deux autres variétés d'*Aspergillus*.

Le développement des micro-organismes est non seulement très lent mais aussi intermittent. Lorsque les conditions de température ou d'humidité ne sont plus optimales, la croissance s'arrête. Il y a seulement reproduction sans envahissement. Ceci expliquerait l'absence de duvet, les taches très localisées et le fait que le papier est très rarement perforé.

Pour IAMS et BECKWITH, c'est la présence de fer qui est un agent déterminant. Les acides organiques sécrétés par les micro-organismes dans leur processus métabolique réagissent avec les traces de fer présentes dans le papier, formant des sels qui se décomposent en oxydes et en hydroxydes de fer responsables de cette coloration brun rouille.

Les traces de fer peuvent provenir de différentes sources : des plantes elles-mêmes ou du bois, de l'eau ferrugineuse utilisée pour la fabrication, de la pile hollandaise par usure des parties métalliques, des charges ou encore des agents de collage. L'observation de papiers de livres imprimés depuis la fin du XV^e siècle jusqu'au XX^e siècle a montré la relation entre mode de fabrication et extension du foxing.

Pour MEYNELL et NEWSAM, il n'y a pas plus de fer dans les taches de foxing que dans le papier environnant.

Plusieurs points communs caractérisent ces taches avec certitude : acidité élevée, cellulose oxydée, papier hygroscopique, taches fluorescentes sous lumière ultraviolette, réaction positive au test de la ninhydrine (présence de protéines), correspondance entre zones fluorescentes et zones positives à la ninhydrine avec une superficie supérieure à celle des taches proprement dites.

Il est important de noter que le taux d'humidité relative nécessaire pour l'apparition du foxing est inférieur à celui qui est généralement requis pour le développement des espèces fongiques (70 %).

Des papiers avec encollage à la gélatine ou à la colophane, durci à l'alun sont moins exposés : l'alun joue le rôle d'inhibiteur. Ceci expliquerait aussi pourquoi on trouve peu de papiers modernes « foxés ».

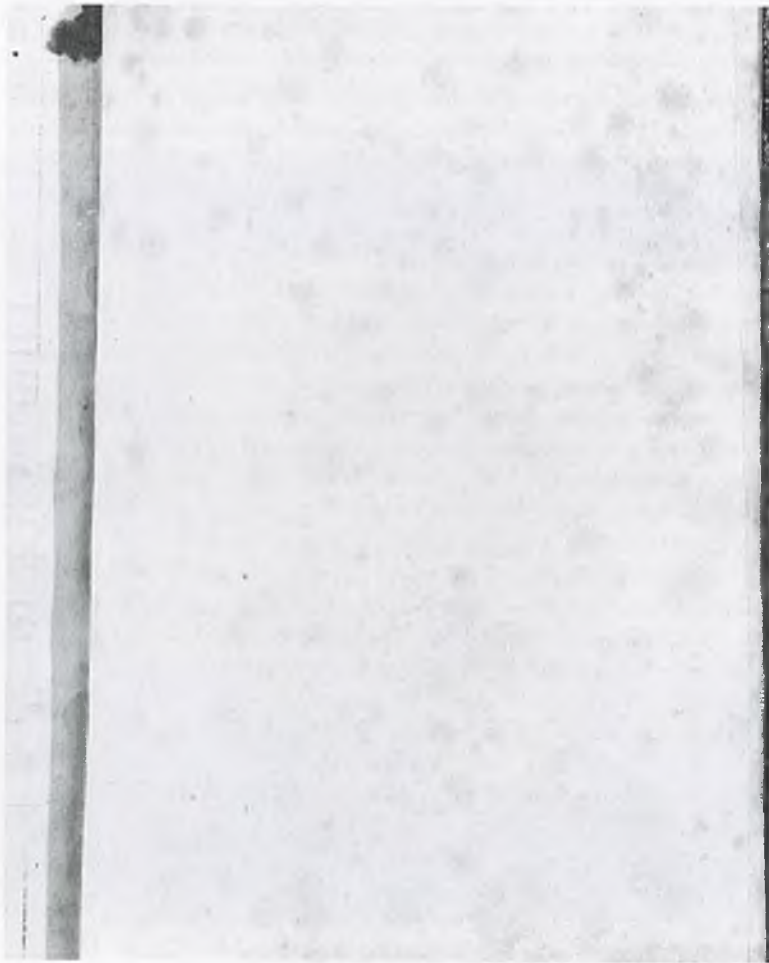


Fig. 39. Taches connues sous le nom de foxing.

III. INSECTES

1. DEFINITION

Les insectes sont des animaux pluricellulaires appartenant au groupe des arthropodes et formant une classe caractérisée par les éléments suivants : six pattes, un corps composé de trois parties, tête, thorax et abdomen. La tête présente une paire d'antennes. Le thorax porte généralement des ailes. Quelques insectes seulement, par rapport à la très nombreuse population de cette classe, s'attaquent aux différents matériaux libraires. Ils appartiennent aux ordres suivants : Thysanoures, Dictyoptères, Psocoptères, Isopètes, Coléoptères et Diptères.

2. INDICES DE CONTAMINATION

Différents indices sont révélateurs de la présence d'insectes nuisibles aux matériaux conservés dans les bibliothèques. Tout d'abord, on peut voir l'insecte lui-même, mort ou vivant aux différents stades de son évolution : oeufs, larves, dépouilles laissées par la mue. Les matières fécales ou autres résidus permettent également de détecter l'activité des différentes espèces. Les insectes xylophages laissent de petits dépôts de poudre de bois sur le mobilier. D'autres insectes rejettent de petits grains semblables à du sable. Enfin, les dégâts causés aux livres eux-mêmes trahissent l'infection. Ces insectes ont des pièces bucales broyeuses. Ils perforent le papier ou creusent des galeries sinueuses.

3. ORIGINE

Les insectes pénètrent dans les dépôts ou les bibliothèques de différentes manières. Ils peuvent y accéder par des fenêtres laissées ouvertes, insuffisamment hermétiques ou du moins non munies d'un fin treillis. Des livres provenant d'autres bibliothèques, publiques ou privées, sont susceptibles de véhiculer des oeufs ou des larves d'insectes qui se reproduiront par la suite. Les matériaux utilisés pour le transport ou l'emballage de volumes peuvent également être une source d'infection biologique.

4. DIVERSES ESPECES D'INSECTES

C'est précisément pour permettre au conservateur, au bibliothécaire et même au particulier de les reconnaître que nous décrirons succinctement les différentes espèces d'insectes. Pour une étude plus détaillée, il existe des manuels de zoologie comme ceux de HOULBERT ou de LEPESME. Il est important que le personnel concerné par la conservation puisse identifier les insectes non seulement en les apercevant mais aussi à partir de leurs attaques.

a. *Ordre des Thysanoures*

Dans cet ordre, l'insecte le plus connu est le poisson d'argent (*Lepisma saccharina* L.) appartenant à la famille des Lépismes.

C'est un insecte aptère, au corps allongé et aplati, de couleur grise brillante. Il a sur le corps des écailles pigmentées qui déterminent des reflets métalliques caractéristiques. Il mesure 8 à 10 mm et a des antennes aussi longues que le corps. Les segments abdominaux sont pourvus de petits appendices ou prolongements caudaux.

Les lépismes sont cosmopolites : on les trouve dans toutes les parties du monde. Ils se déplacent rapidement mais se cachent pendant le jour. Ils sont lucifuges. Les endroits sombres derrière les livres sont le lieu privilégié où ils déposent leurs œufs.

Ils se nourrissent d'hydrates de carbone : amidon (colle de farine), cellulose (lin, coton) ou de protéines (colle animale et même gélatine photographique). C'est ce que l'on appelle des mangeurs de surface : ils attaquent la surface du papier en rongant l'encollage, ils détériorent également le papier peint. On peut noter que la composition du papier influe sur l'appétit du poisson d'argent : la pâte chimique est rapidement dévorée alors qu'une pâte comportant plus de 50 % de pâte mécanique de bois est pratiquement intacte.

Les conditions optimales de développement des poissons d'argent se situent à une température comprise entre 16 et 24 °C pour une humidité relative de 90 %. Ce sont malheureusement des conditions climatiques qui peuvent se présenter dans des bibliothèques. Il faut donc conclure que la diffusion des poissons d'argent peut être très rapide dans les dépôts. Selon les conditions ambiantes, leur durée de vie varie de un à trois ans.

Leurs attaques sont caractérisées par l'absence de galeries et par des corrosions superficielles, aux contours irréguliers sur les feuilles de papier, de carton, les étiquettes des reliures. C'est au stade de larve et d'adulte qu'ils sont le plus nuisible.

b. *Ordre des Dictyoptères*

Une caractéristique des Dictyoptères est la présence d'un grand pronotum qui cache presque toute sa tête. Les espèces les plus connues et qui nous intéressent dans cette étude sont les blattes, elles appartiennent à la famille des Blattidae.

Elles ont un corps allongé et aplati, avec de longues pattes fines et deux paires d'ailes dont les antérieures sont coriaces (élytres) et recouvrent entièrement le corps. L'abdomen se termine par une paire d'appendices courts mais visibles. L'espèce rencontrée dans nos régions, la Blatte germanique (*Blattella germanica*) mesure de 11 à 13 mm et a une couleur brun clair.

Les blattes se cachent durant la journée et sont actives durant la nuit. Elles pondent leurs œufs dans des endroits obscurs, chauds et humides. Ceux-ci sont enfermés dans une enveloppe, l'oothèque, dont la présence est un indice d'infection. Elles se nourrissent de substances d'origine végétale ou animale : papier, cuir, parchemin ou tissu.

Les conditions optimales de vie des blattes se situent à une température entre 25 et 30 °C et une humidité relative supérieure à 70 %. Elles ont un très long cycle de vie de un à trois ans.

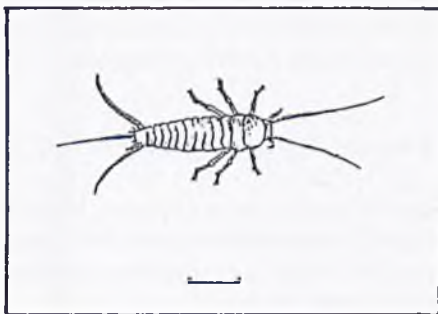


Fig. 40.
 Ordre : Thysanura
 famille : Lepismatidae
 espèce : *Lepisma saccharinum* L.
 F : Poisson d'argent
 GB : Silver Fish
 D : Silberfish
 NL : Zilvervisje
 I : Pesciolino d'argento

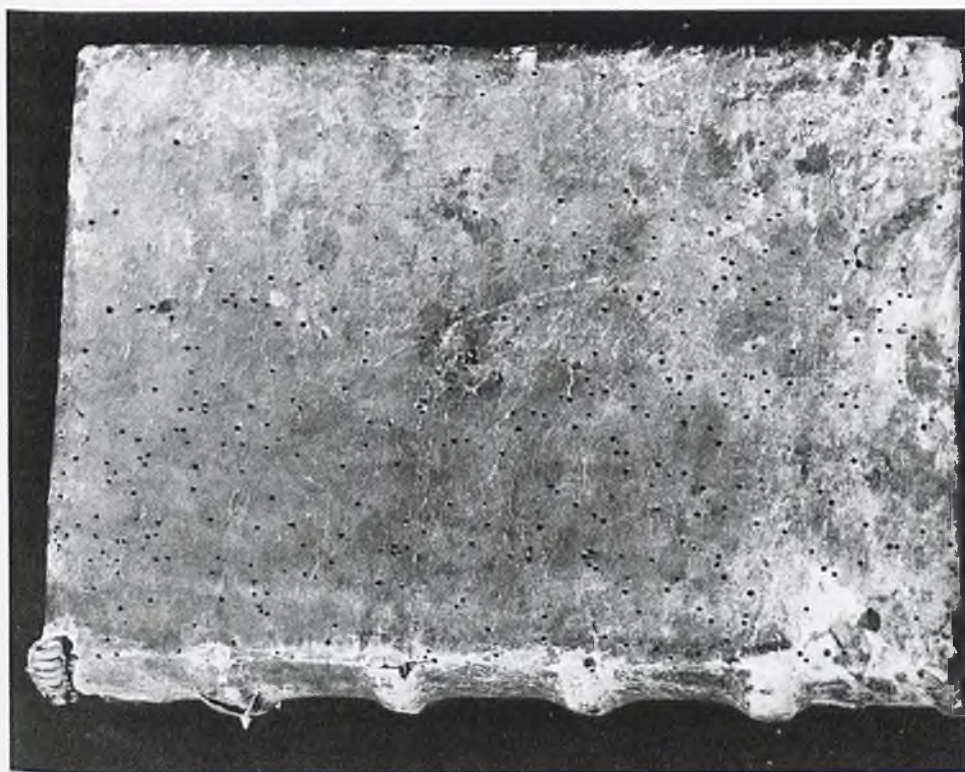


Fig. 41. Trous de vers.

Elles ne creusent pas de véritables galeries mais rongent superficiellement les différentes parties du livre, feuilles et surtout reliure (cuir et colle). Elles causent également des dégradations en tachant les objets avec leurs excréments liquides. C'est au stade larvaire et adulte qu'elles sont les plus nuisibles.

c. *Ordre des Psocoptères*

Les poux des livres, *Liposcelis* (*Troctes*) *divinatorius* Müll., appartiennent à cet ordre, à la famille des *Liposcelidae*.

Ce sont des insectes aptères avec un abdomen aplati et de longues antennes. Ils ont une tête assez grosse et de fortes mandibules dentelées et des yeux fortement réduits. Ils ont une petite taille, de 1 à 3 mm de longueur. Leur couleur s'échelonne du blanc grisâtre au brun selon l'espèce. Ils sont assez peu visibles à l'œil nu.

Ils vivent de préférence dans l'obscurité, dans des locaux humides ou mal aérés.

Les poux des livres se nourrissent d'hyphes et de spores qui se trouvent à la surface des livres mais également de constituants propres du livre tels que colle, cuir ou simili-cuir.

Une croissance rapide nécessite humidité et chaleur. Ils se développent abondamment à une température de 25 °C avec une humidité relative de 80 à 90 %. De telles condi-

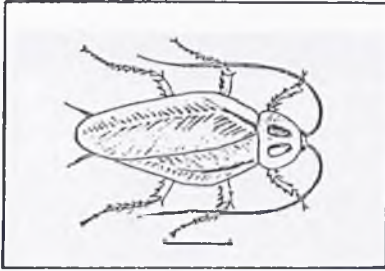


Fig. 42.

ordre: Blattoidae

famille: Blattidae

espèce: *Blattella germanica* L.

F: Blatte, cafard

GB: Cockroach, black Beetle

D: Schabe

NL: Kakkerlak, Bakkerstor

I: Scarafaggio, Blatta

tions de température et d'humidité sont également favorables à la croissance des champignons et des moisissures. Ils ont une durée de vie de six mois. Après le premier mois, la larve a atteint sa taille adulte.

Les altérations produites par ces insectes sont le plus souvent de petites rognures limitées aux parties de la reliure près du dos, où la colle est plus abondante.

d. *Ordre des Coléoptères*

L'ordre des Coléoptères, le plus vaste de la classe des insectes, se scinde en deux groupes pour l'étude des insectes nuisibles aux documents graphiques. Cette distribution s'opère selon leur mode de nutrition. Les Anobiidae et les Lyctidae se nourrissent de substances d'origine végétale alors que les Dermestidae et les Ptinidae attaquent les substances d'origine animale, le cuir et le parchemin.

Dans cet ordre, ce sont également les larves qui sont les plus actives. Elles creusent des galeries profondes et tortueuses. Elles sont blanchâtres et seul un examen microscopique de leur morphologie permet d'en identifier l'espèce. Les adultes sont généralement inoffensifs. Tout le cycle se déroule à l'intérieur du livre. Au terme de celui-ci, les adultes ne laissent qu'un trou de sortie du côté du dos du livre. On peut également observer ces trous sur les surfaces d'étagères en bois, sur le cuir, le parchemin et parfois même le plexiglas.

1° Famille des Anobiidae

La petite vrillette, (*Anobium punctatum* De Geer), est la plus connue et appelée ainsi en raison de la forme des trous qu'elle fait. La grosse vrillette, (*Xestobium rufovilosum*) aussi appelée Horloge de la mort, s'attaque essentiellement au bois.

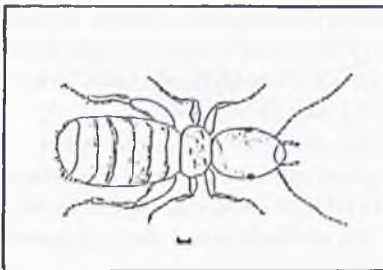


Fig. 43.

ordre: Psocoptera

famille: Liposcelidae

Espèce: *Liposcelis divinatorius* Müll.

F: Poux des livres

GB: book Lice

D: Bücherlaus, Holzlaus

NL: Boekenluis

I: Pidocchi dei libri

Ces insectes sont généralement de couleur sombre, rouge-brun. L'animal adulte a une taille de 3 à 4 mm et un corps ovale plus ou moins allongé. La tête est presque totalement cachée par le thorax. La larve blanchâtre peut atteindre 5 mm de longueur.

Les vrillettes se nourrissent de substances végétales essentiellement au stade larvaire, stade pendant lequel on les appelle vers du bois.

Elles se développent de préférence à une température comprise entre 24 et 28 °C et une humidité relative de 80 à 90 %. Elles peuvent résister à de basses températures, de l'ordre de 8 à 9 °C et à des températures élevées de l'ordre de 40 °C. Leur cycle vital dure de un à trois et parfois quatre ans.

La larve vermiforme creuse des galeries parfaitement circulaires à l'intérieur des livres. Ces galeries sont parfois très sinueuses et très proches les unes des autres. Elles parcourent le volume dans tous les sens, généralement des marges vers le centre du volume. Le diamètre des galeries n'est pas uniforme, il augmente dans le sens de progression de la larve. Les feuillettes abîmés sont attachés les uns aux autres par l'action cimentaire de petits déchets de papier encollés par les sécrétions des glandes salivaires de la larve.

L'adulte fore des trous dans le dos ou les plats du livre, semblables à ceux observés dans le bois, lorsqu'il a terminé sa mue et qu'il quitte son cocon.

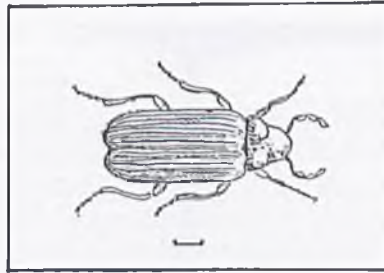


Fig. 44.

ordre: Coleoptera

famille: Anobiidae

espèce: *Anobium punctatum* De

Geer

F: Vrilette domestique

GB: Common furniture Beetle

D: Gewöhnlicher Nagekäfer

NL: Klopkevertje, doodskloppertje

I: Tarli

2° Famille des Lyctidae

Ces insectes sont assez similaires à ceux de la famille précédente mais ils sont plus minces et leurs antennes sont terminées par une massue formée de deux articles. Le *Lyctus brunneus* Steph. est l'espèce cosmopolite la plus connue.

Ils sont également de couleur foncée et de forme cylindrique, d'une longueur de 3 à 5 mm. Leur tête n'est pas cachée par le thorax contrairement aux Anobiidae et Ptinidae.

Ils sont plus prolifiques que les Anobiidae et causent des dommages plus importants que les vrillettes.

Les lyctes se nourrissent principalement de bois. Ils creusent des galeries qui sont toujours parallèles aux fibres du bois. Dans le papier, ces galeries ont un parcours irrégulier.

Ils ont un cycle vital d'un an.

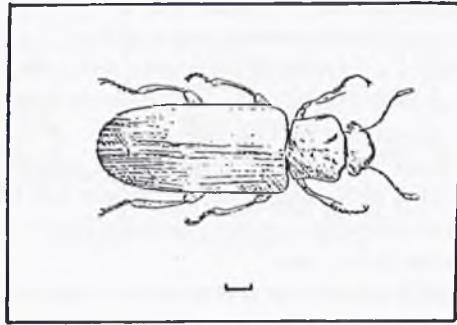


Fig. 45.
famille: Lyctidae
espèce: Lyctus brunneus Steph.

F: Lycte
GB: Powder Post Beetle
D: Parkettkäfer
NL: Houtkever
I: Tarli

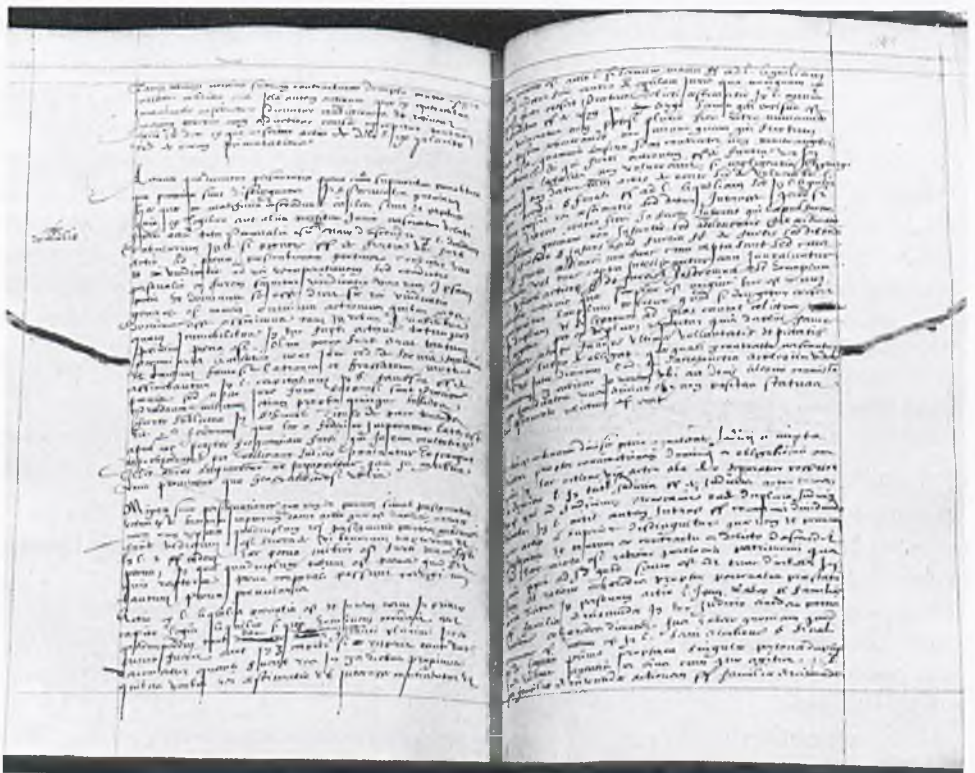


Fig. 46. Galeries creusées par les vrillettes.

3° Famille des Dermestidae

Les Dermestidae ont également une couleur foncée mais parfois ravivée de taches ou de lignes de poils et d'écailles plus ou moins vivement colorées. Les larves sont velues. Parmi les différents genres, on trouve le dermeste, de forme ovale et allongée (longueur de 6 à 8 mm) et les anthrènes, plus arrondis et de dimensions plus petites (2 à 3 mm).

Les Dermestidés ne sont pas, contrairement aux Anobiidae, des hôtes permanents du livre. Ils vivent hors du livre et au moment de la ponte les femelles déposent leurs oeufs à l'intérieur des reliures ou sur les arêtes en contact avec les rayons. Les larves se glissent après dans les livres.

Elles s'attaquent aux matières organiques, surtout aux fourrures, aux plumes et aux peaux mais aussi aux reliures en cuir ou en parchemin et aux colles animales. Elles creusent des galeries au parcours très irrégulier dans l'épaisseur des matériaux.

Le cycle vital a une durée qui varie selon les espèces.

4° Famille des Ptinidae

Ces insectes sont caractérisés par deux longues antennes et un corps convexe sombre. Les larves sont du type scarabéidé.

Les larves vivent de manière permanente à l'intérieur du livre, à proximité de la reliure où elles se nourrissent de colle animale.

Elles creusent toujours de longues tranchées sur les couvertures en cuir.

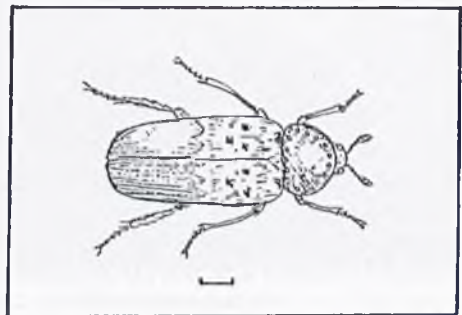
e. *Ordre des Isoptères*

On sait que les termites, principaux représentants de cet ordre, sont particulièrement nuisibles pour les constructions en bois et qu'ils vivent dans des zones tropicales. Il n'est cependant pas superflu d'en parler dans la mesure où leur présence est aujourd'hui signalée au sud de la Loire et également parce qu'ils s'attaquent parfois aux livres.

Deux espèces sont connues dans les régions tempérées : en France, en Charente maritime et Provence, et en Italie : *Reticulitermes lucifugus* Rossi (Rhinotermitidae) et *Caloterms flavicollis* (Kalotermitidae).

Les termites ont certaines analogies avec les Fourmis (d'où l'appellation fourmis blanches) mais ils ont aussi de nombreuses différences : la couleur blanche, deux paires d'ailes de même longueur, la forme des antennes et un développement différent.

Fig. 47.
famille: Dermestidae
espèce: *Dermestes lardarius*
F: Dermeste du lard
GB: larder beetle
D: Speckkäfer
NL: Spektor
I: Tarli



Ils vivent en sociétés très hiérarchisées, divisées en castes : soldats, ouvriers asexués et individus sexués. Les ouvriers ont pour fonction d'approvisionner toute la colonie en nourriture. Ils sont les seuls capables de digérer la cellulose et ce sont donc eux qui attaquent les livres et les autres matériaux contenant de la cellulose : arbres, charpentes, meubles, vêtements...

Ces insectes sont lucifuges et aiment l'humidité. Les conditions optimales pour leur développement sont une température entre 26 et 30 °C.

La présence de termites dans un dépôt peut être révélée par trois indices : le type d'érosion dans le bois ou dans les livres, leurs excréments ou leurs galeries tubulaires caractéristiques.

Dans les livres, leur action ne se limite pas à quelques galeries ou trous, les ouvriers creusent complètement la masse du livre, ne laissant qu'une enveloppe externe. Leur intervention peut ainsi demeurer inconnue jusqu'à ce qu'on ouvre le volume.

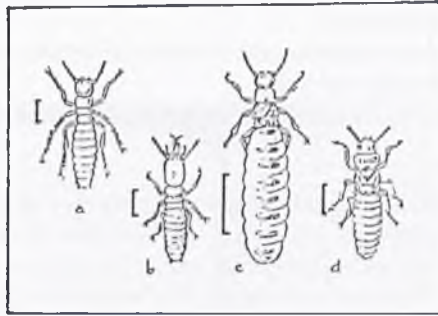


Fig. 48.

ordre : Isoptera
 famille : Rhinotermitidae
 espèce : *Reticulitermes lucifugus*
 a : ouvrière
 b : soldat
 c : reine
 d : roi

F : Termites, Fourmis blanches
 GB : White Ants
 D : Termiten, Weisse Ameisen
 NL : Termiten, witte Mieren
 I : Termite, Formiche blanche

f. *Ordre des Diptères*

Appartenant à la famille des Muscides, les mouches se reproduisent rapidement après éclosion des œufs déposés dans des substances organiques humides.

Les mouches adultes présentent le plus de danger par leurs déjections. En plus de leur caractère désagréable, ces excréments sont également corrosifs et laissent des taches sur le papier et autres surfaces. De nombreuses gravures ou documents exposés et non protégés par une vitre témoignent de ces « pattes de mouche ».

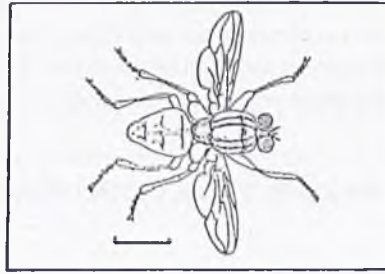


Fig. 49.
ordre: Diptera
famille: Muscidae
espèce: Musca domestica

- F: Mouche
- GB: Fly
- D: Flieg
- NL: Huisvlieg
- I: Mosca

IV. LES RONGEURS

Les rongeurs causent des dégâts importants dans les dépôts, parfois jusqu'à 20 % du matériau libraire. Ils attaquent le papier mécaniquement sans en ingérer une quantité appréciable et même sans que les particules viennent en contact avec les tissus bucaux. L'emploi de produits toxiques est alors inefficace.



Fig. 50. Dégâts vraisemblablement causés par des rongeurs.

Les dommages des rongeurs sont facilement détectables grâce aux marques de leurs dents et à la présence de leurs excréments sur les feuilles. Des rats ou des souris peuvent grignoter des pièces de collection ou les déchirer en entier. Les rongeurs utilisent également les lambeaux de papier pour construire leur nid.

V. IDENTIFICATION DES ESPECES A PARTIR DES EROSIONS PRODUITES

A. Excréments, taches

- 1° seuls MOUCHE
- 2° avec galeries BLATTE

B. Corrosions dans le papier ou le bois

- 1° sans galeries : corrosions superficielles aux contours irréguliers
 - a. dans le papier POISSON D'ARGENT
 - b. dans le cuir DERMESTE
 - c. dans les deux BLATTE
- 2° avec galeries
 - a. circulaires
 - trajet irrégulier VRILLETTE
 - b. ovales
 - parallèles LYCTE

C. Corrosions généralement dans le papier

- 1° peu importantes
 - limitées près du dos POUX DES LIVRES
- 2° importantes
 - parfois jusqu'à la destruction complète du livre TERMITES
RONGEURS

CHAPITRE III: CATASTROPHES ET MEFAITS DE L'HOMME

I. Catastrophes

1. Eau
2. Feu
3. Tremblements de terre
4. Guerres

II. Méfaits de l'homme

1. Conservateur
2. Lecteur
3. Restaurateur

I. CATASTROPHES

De très nombreuses œuvres graphiques ont souvent été endommagées par des sinistres tels qu'incendie, inondation, tremblement de terre ou bombardement.

1. EAU

Les dommages causés par l'eau sont considérables. Ils peuvent être la conséquence de catastrophes naturelles telles que crue de fleuve, tempête ou orage. On peut citer à titre d'exemple la regrettable et trop célèbre inondation de Florence due à un débordement de l'Arno en 1966. L'eau peut également pénétrer dans les dépôts et les bibliothèques de manière accidentelle, par la rupture de canalisations, la fuite d'une toiture, des murs lézardés ou par l'extinction d'un incendie.

Par imprégnation d'eau, le papier prend une coloration jaune brun due aux impuretés présentes dans l'eau et à la migration de poussières dans le livre même. L'eau peut aussi dissoudre les colles qui, après séchage, soudent les feuilles entre elles pour former un bloc compact.

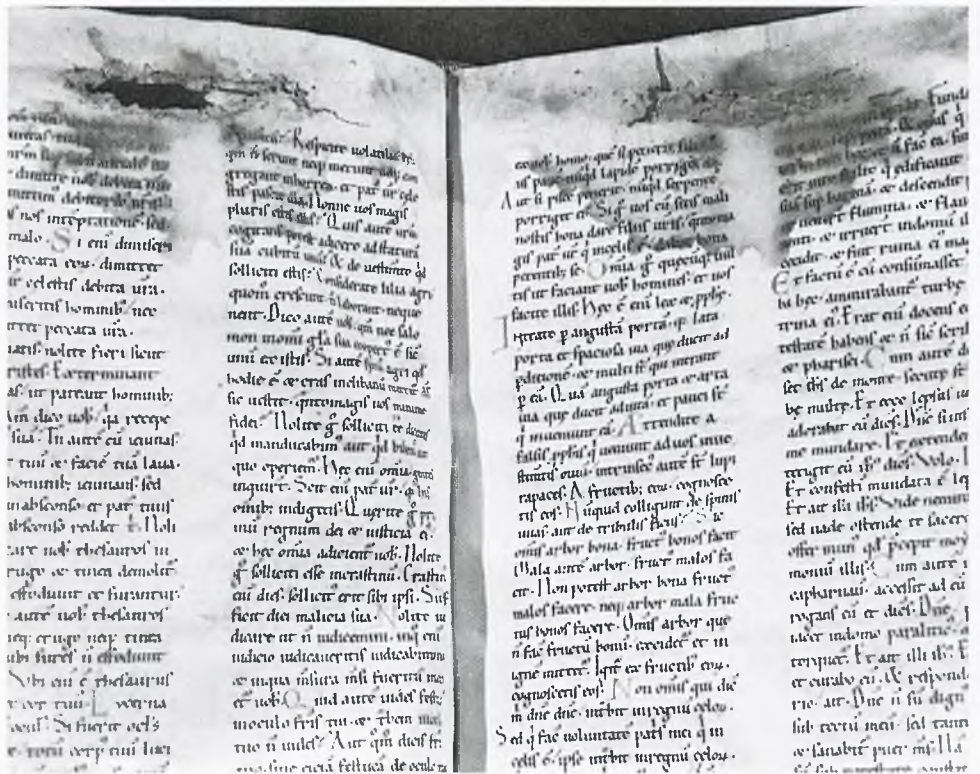


Fig. 51. Dégâts causés par une inondation ou une fuite d'eau.

2. FEU

Sous l'action du feu, les matériaux libraires subissent des dommages qui varient selon leur nature et les conditions dans lesquelles ils se trouvent.

Ces dommages sont le plus souvent irréversibles. Le papier et le papyrus brûlent plus facilement que le parchemin et les autres matériaux utilisés pour la reliure : cartons, tôiles et cuirs.

La vitesse de combustion est fonction de l'humidité des livres, de leur position, des conditions atmosphériques ambiantes et de la nature des objets. Le papier humide est plus résistant à de hautes températures que le papier sec mais il subit des déformations, des soudures et des altérations dérivant de phénomènes de distillation. Les feuillets isolés sont rapidement carbonisés alors que ceux des livres, étant compacts, subissent les dommages les plus graves sur les marges et des dommages moindres à l'intérieur. Les étagères en bois créent des conditions plus favorables à la propagation du feu dans les bibliothèques.



Fig. 52. Traces de brûlure.

3. TREMBLEMENTS DE TERRE

Les livres retrouvés dans les décombres de bibliothèques touchées par des tremblements de terre présentent des dégradations importantes : reliures déformées, dos détachés, feuillets pliés et déchirés. Certains livres, spécialement ceux qui sont conservés en position horizontale, peuvent présenter des traces de décombres qui se sont profondément imprimées sous l'effet du choc.

4. GUERRES

Les dommages dérivant des faits de guerre peuvent être assimilés à ceux qui ont été déjà exposés pour le feu et les tremblements de terre. Il faut y ajouter les déformations causées par la pression exercée par les déplacements d'air dus aux déflagrations, qui incombent tous les livres dans le même sens. Enfin, lorsque des projectiles ont traversé un livre, ils y laissent des lacérations multiples et profondes aux bords irréguliers.



Fig. 53. Lacérations causées par une balle perdue.

II. MEFAITS DUS A L'HOMME

Dès son entrée dans une bibliothèque, le livre est soumis à des manipulations nombreuses. Lors de son inventaire, de son classement ou de sa communication, le document peut être, inconsciemment ou non, maladroitement traité.

I. CONSERVATEUR

L'estampillage des documents est trop souvent effectué avec des encres inadaptées et à des endroits mal choisis. Les étiquettes, en particulier les étiquettes adhésives portant la cote du document, peuvent dans certains cas entraîner une dégradation ponctuelle des reliures. De plus ces étiquettes sont rarement constituées d'un support neutre ou sans acide.



Fig. 54. Emplacement peu esthétique pour un cachet.

Les livres sont quelquefois mal rangés sur les étagères. S'ils sont trop serrés, ils risquent de se déchirer au moment où on les retire des étagères. S'ils ne sont pas soutenus sur toute leur largeur des deux côtés, ils plient sur leur hauteur et les plats des reliures se déforment. Lorsqu'ils ne sont pas reliés, les revues et les journaux sont parfois ficelés en paquets par années. Ce système occasionne des déchirures sur les tranches des liasses. De plus, la poussière pénètre plus facilement à l'intérieur. Les reliures non traitées se dessèchent et les plats finissent par se détacher du dos. Il faut aussi noter le manque de soin de quelques magasiniers qui endommagent les livres en les manipulant avec trop d'énergie.

Enfin, le conservateur ou le bibliothécaire est parfois obligé d'intervenir à la hâte et de prendre l'initiative d'une restauration en amateur. Malheureusement ces réparations se révèlent le plus souvent défectueuses voire néfastes pour les livres.

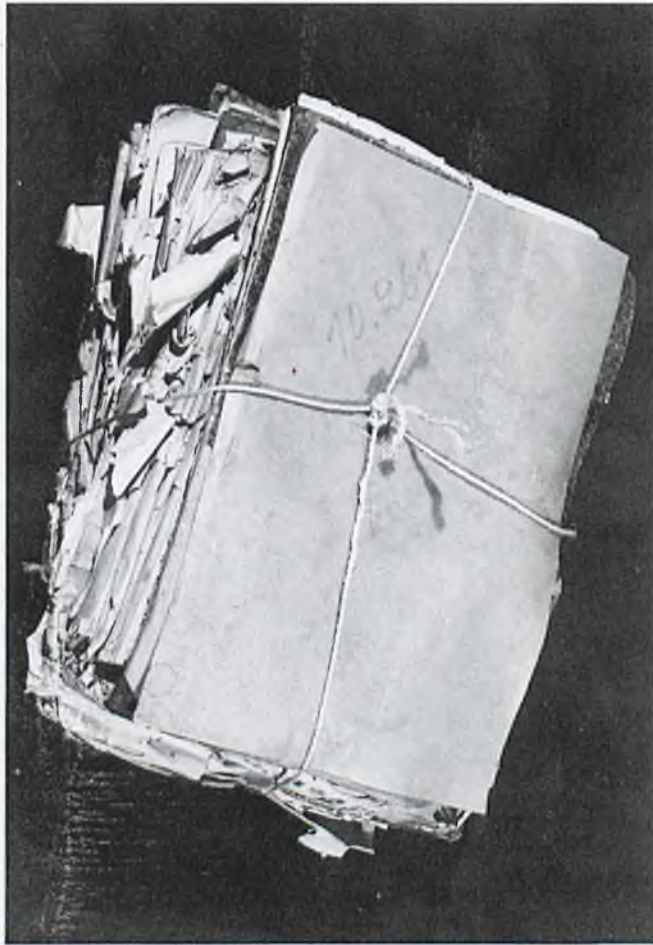


Fig. 55. Mauvais rangement de documents.

Puisque je vous a - da - re, Toucnez vers moi vos
 I - lui be - glie se - chi au - eu - ra Mi - rot - gi - las - cie a -

pp
 2 Ped

con sspress. rit. *a tempo*
 yeux Dont je vous re - voir en - ro - te De - foid. lit
 - voir, Vo - glis re - der, si - guo - ra, Le - ra. glis

col. cauda *a tempo*

Paris. R. GALLET. Editeur. 4, rue Vivienne. E. G. 6773. — Tous droits réservés. — Paris. — Imprimé par la Société de Musique, 10, Boulevard des Capucines.

Fig. 56. Restauration de fortune.

C'est le cas notamment de l'emploi de rubans adhésifs qui ne devraient jamais être utilisés. Ils sont composés de deux éléments : le support, le plus souvent de la cellophane ou de l'acétate de cellulose, et une substance adhésive à base d'acrylique. L'adhésion est instantanée par contact et définitive. Sous l'action de la lumière et de la température, la colle quitte son support et s'infiltré totalement entre les fibres. Les produits chimiques dont elle est composée colorent le papier d'une teinte jaune marron qui ne peut plus être effacée lorsqu'elle transparait sur la face opposée. A l'endroit des taches, le papier devient fragile et plus sujet aux déchirures. Des colles synthétiques tels les colles vinyliques sont employées pour réparer des livres endommagés, fixer des couvertures séparées ou consolider des cuirs ; ces produits forment entre les fibres de très forts liens qui ne peuvent plus être séparés.

2. LECTEUR

Une fois arrivé dans les mains du lecteur, le livre subit encore des dommages plus ou moins graves qui sont le résultat de la négligence ou de l'indifférence de celui-ci. La manipulation, le transport ou la consultation répétée des ouvrages occasionnent au papier de multiples accidents.

Parmi les mauvais traitements infligés aux livres on peut citer : l'emploi d'un coupe-papier de fortune pour couper des cahiers non rognés, produisant des déchirures irrégulières sur les marges ; l'ouverture du livre en forçant exagérément les charnières, provoquant la dislocation du dos et des plats de la reliure ; l'habitude de faire des marques ou de souligner au crayon ou à l'encre.

Sont également très fréquentes les taches provoquées par contact, frottement, imprégnation ou projection. Certaines ne sont que des dépôts à la surface du papier (traces de crayon, de cendres), d'autres en pénètrent l'épaisseur (encres, graisses), d'autres enfin en modifient l'aspect et la structure (acides, alcalis).

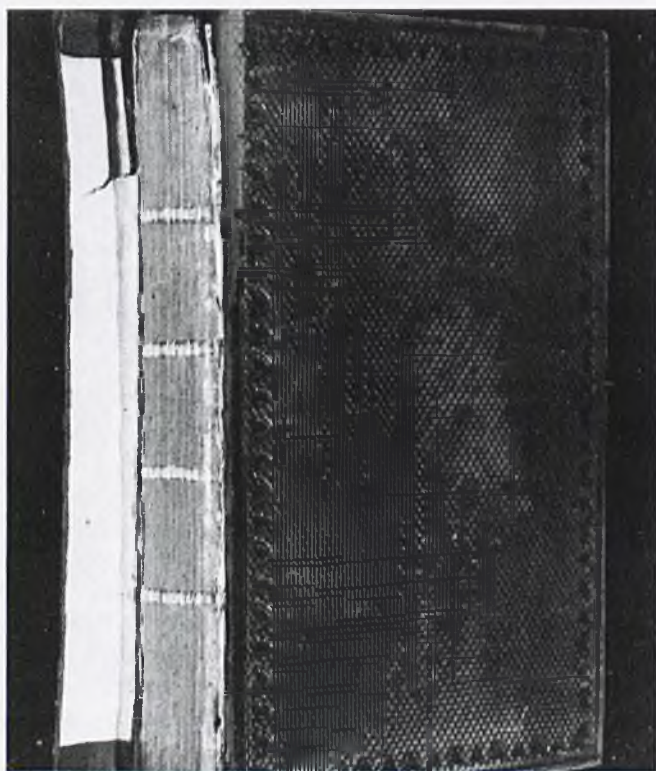


Fig. 57. Plat postérieur et dos détachés.

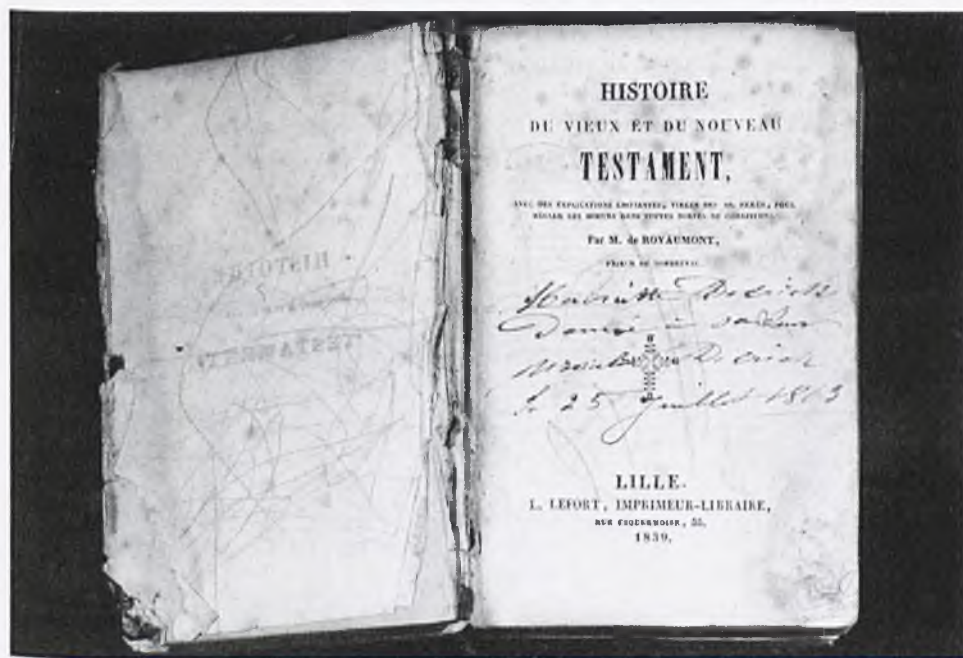


Fig. 58. Marques au crayon.

Des morceaux de papier de qualité inférieure dont la couleur et la composition s'altèrent rapidement laissent des traces de ces transformations entre les pages. Il en va de même pour des feuilles ou des fleurs mises à sécher à l'intérieur d'un volume. En se desséchant, elles laissent sur le papier des taches colorées et parfois des œufs d'insectes ou du mycélium de champignons.

Il faut aussi mentionner les dégradations ou mutilations générées par des actes de vandalisme : vol d'illustrations, de miniatures, de gravures, pages de livres ou de manuscrits arrachées.

Enfin l'usage sans cesse croissant de la photocopieuse est une nouvelle source de dommages. Les modèles actuels avec une vitre horizontale imposent des contraintes excessives aux volumes lors de la reproduction. Les mors des reliures sont forcés et finissent par se rompre. A la longue, les cahiers se décollent ou se décousent et les feuilles se détachent.

3. RESTAURATEUR

On ne saurait trop insister sur les catastrophes produites par des traitements de restauration inadaptés. Les cartonnages et les brochages réalisés avec des cartons à base de pâte de bois causent plus de dommages que n'en feraient la poussière ou la lumière. Les produits de dégradation de la lignine présents dans la pâte mécanique sont fortement acides. Cette acidité passe rapidement dans le matériau organique en contact avec le carton ou le papier. Il en va de même pour des gravures ou des dessins montés avec des cartons de mauvaise qualité.



Fig. 59.
Mutilations.

La lamination a parfois été utilisée abusivement. Elle consiste, en résumé, à sceller la feuille du document entre deux feuilles d'acétate de cellulose ou autre film plastique, à haute température et sous une forte pression. Ce traitement peut paraître acceptable pour la consolidation d'archives ou de documents fragiles. Toutefois, si le papier n'a pas été préalablement désacidifié, l'acide pris au piège à l'intérieur de la feuille continuera son action destructrice.

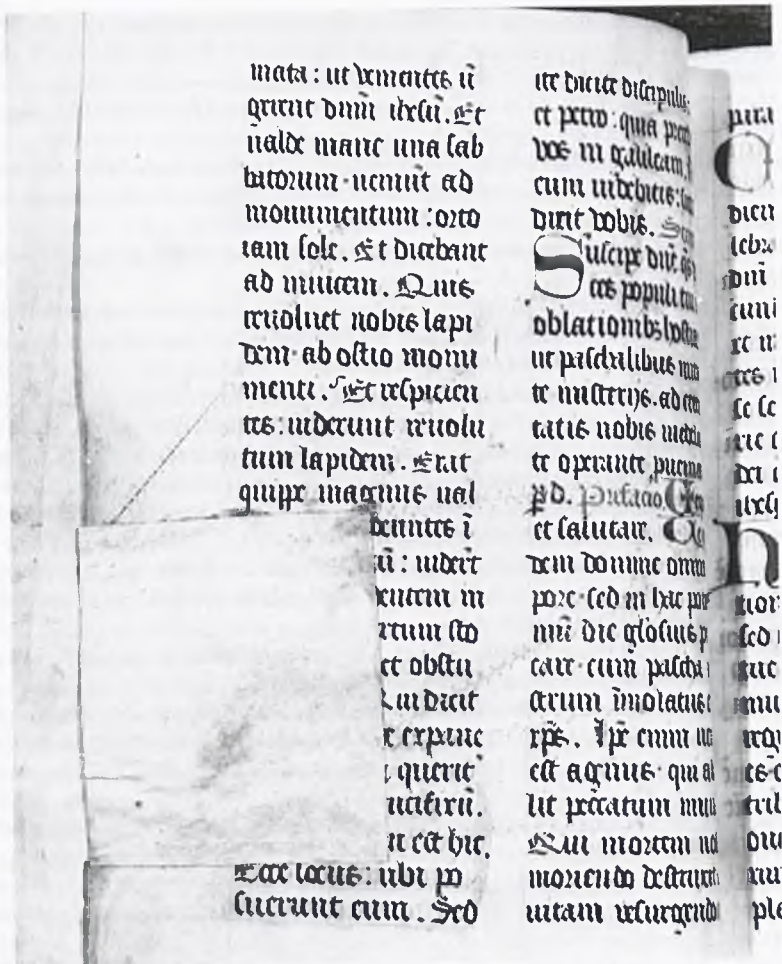


Fig. 60. Restauration intempestive.

BIBLIOGRAPHIE

- I. Agents physico-chimiques
- II. Agents biologiques
- III. Catastrophes et méfaits de l'homme

I. AGENTS PHYSICO-CHIMIQUES

ABADIE-MAUMERT, F.A. et V. LORAS, *Le jaunissement des papiers. Un effet superficiel*, dans *La papeterie*, 6 (1978), p. 257-262.

Le jaunissement du papier est un phénomène superficiel qui a un double effet de jaunissement et de blanchiment. De plus, selon sa composition, le jaunissement pénètre plus ou moins profondément le papier.

AGRAWAL, O.P., *Environment and preservation of paper*, dans *Conservation of Cultural Property in India*, 10(1977), p. 15-29.

L'auteur envisage seulement l'humidité, la température, la lumière et la pollution atmosphérique. Il décrit brièvement la nature de chaque agent, son action sur le papier. Il ne donne des mesures pratiques que contre les effets de la lumière.

* BARKER, John, *L'ambiente umano*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI (1980), p. 43-52 et dans *PACT*, 12(1985), p. 31-37 [anglais].

Considérations générales sur le rôle joué par l'homme dans la préservation du livre à toutes les étapes de son existence : comme fabricant, libraire, conservateur, lecteur, restaurateur...

* BRIGGS, J.R., *Environmental control of modern records*, dans *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Art*, Londres, 1987, p. 297-305.

Considérations générales sur les conditions de température et d'humidité relative et description des systèmes de conditionnement, climatisation totale ou partielle, de contrôle de la qualité de l'air et contrôle de la lumière.

* CHAHINE, Claire et Martine LEROY, *Effet de la pollution atmosphérique sur le cuir et le parchemin*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/6, 12 p.

Communication sur des observations faites après pollution atmosphérique simulée et exposition in-situ d'échantillons : l'anhydride sulfureux apparaît comme l'un des principaux responsables de la détérioration des cuirs et des parchemins. Seules des analyses chimiques ont été réalisées.

* CHAHINE Claire et Martine LEROY, *Effet de la pollution atmosphérique sur le cuir et le parchemin*, dans *Les documents graphiques et photographiques : analyse et conservation*, C.N.R.S, PARIS, 1980-81, p. 71-92.

Voir supra.

* CLAPP, Werner W., *The story of durable book paper 1115-1970*, dans *Restaurator*, supplément n° 3, 1972, 51 p.

Différentes innovations techniques qui ont marqué l'histoire de la fabrication du papier, conséquences qu'elles ont eues sur la qualité même du papier, problème de l'acidité dans les papiers

- du XIX^e siècle, recherches menées entre 1930 et 1970 pour mettre au point un papier permanent.
- * FELLER, R.L. *The deteriorating effects of light on museum objects*, dans *Museum News*, 43(1964), p. I-VIII.
- Principes photochimiques de la dégradation par la lumière, effets sur les vernis, en peinture et sur le papier.
- * FELLER, R.L., *Contrôle des effets détériorants de la lumière sur les objets de musée*, dans *Museum*, XVII(1964), p. 57-94. [français-anglais]
- Caractéristiques de la lumière : composition, action. Présentation des facteurs qui influencent son activité dégradante : intensité de l'éclairage, contrôle de la distribution spectrale, temps d'exposition, propriétés intrinsèques des matériaux, température, humidité relative, oxygène. Pas de description des différentes sources d'éclairage ni des appareils de mesure ou de contrôle.
- * FELLER, R.L., *Control of deteriorating effects of light on museum objects*, dans *Museum News*, (1968), p. 39-47.
- Conséquences d'une illumination trop forte entraînant une augmentation de la température.
- * FELLER, Robert L., Sang B. LEE et John BOGAARD, *Concerning the exposure of paper to light: discoloration of handsheets of known initial lignin and hot-alkali-soluble content*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/4. 8 p.
- Par exposition à des radiations visibles et invisibles, la lignine tend à blanchir alors que les *oxy-celluloses* (hot-alkali-soluble matters) ont tendance à jaunir. Blanchiment et jaunissement agissent concurremment.
- FELLER, Robert L., S.B. LEE et John BOGAARD, *The darkening and bleaching of paper by various wavelengths in the visible and ultraviolet*, dans *American Institute for Conservation*, Postprints, Milwaukee, 1982, p. 65-80.
- Rôle de la longueur d'onde et de la composition du papier dans les phénomènes de blanchiment ou de jaunissement. La lumière visible blanchit ; la lumière UV jaunit ; les deux ensemble blanchissent et jaunissent.
- * FELLER, Robert L., S.B. LEE et M. LURRAN, *Three fundamental aspects of cellulose deterioration*, dans *Art and Archeology Technical Abstract*, 22(1985), p. 277-354.
- Mécanismes de dégradation, influence des hémicelluloses et des matières « hot-alkali-soluble » comme mesure de la qualité du papier. Bibliographie abondamment commentée : 162 références.
- * GALLO, Fausta, C. MARCONI et M. MONTANARI, *Indagine sul contenuto microbico dell'aria di alcuni ambienti della Biblioteca Nazionale di Roma*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXIV (1976-77), p. 105-127.
- Les expériences réalisées à la Bibliothèque Nationale de Rome ont démontré la présence de *spores* et de bactéries fongiques dans la poussière. Les *spores* constituent un danger potentiel d'infection mais ne causent des dommages que si les conditions de température et d'humidité relative ne sont pas maintenues dans certaines limites.
- HON, David N.S., *Yellowing of modern paper*, dans *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1981, p. 119-141.
- Analyse du jaunissement du papier moderne : pâte mécanique ou chimique. Dégradation considérée comme une réaction d'oxydation des cellulose, hémicellulose et lignine. Description des effets des radiations visibles ou invisibles et des recherches menées pour stabiliser la couleur du papier par des procédés photochimiques ou photophysiques.
- LAUNER, Herbert F. et William K. WILSON, *Photochemical stability of papers*, dans *Journal of the National Bureau of Standards*, 30(1943), p. 55-74.
- LEE, S.B. et J. BOGAARD, *Bleaching of paper by ultraviolet and visible radiation*, Final report to the National Museum of Art, Pittsburgh, 1980, 32 p.
- Analyse de l'effet de radiations ultraviolettes et visibles sur des papiers contenant de la lignine.

Relation entre jaunissement et quantité de matières solubles dans les alcalis chauds et entre blanchiment et quantité de lignine.

* *MUSEUM CLIMATOLOGY, Preprints of the Contributions to the London Conference*, 18-23 septembre 1967, éd. G. THOMSON, Londres, 1967, 237 p.

Communications sur les problèmes muséologiques auxquels les conservateurs ou les organisateurs d'exposition sont confrontés : contrôle de l'humidité, de la température, action de la lumière, effets de la pollution atmosphérique, présentation et protection des oeuvres d'art dans les vitrines.

* PADFIELD, Timothy, *The deterioration of cellulose, a literature review, the effects of exposure to light ultra-violet and high energy radiation*, dans *Problèmes de conservation dans les musées*, Paris-Londres, 1969, p. 119-164.

Exposé théorique sur les mécanismes de détériorations provoquées par la lumière et sur les facteurs extrinsèques qui influencent cette action : température, humidité relative, oxygène, airs polluants. Analyse des facteurs intrinsèques : composition, pigments, couleurs, acides, impuretés.

* SEELEY, Nigel J., *Aspetti chimici del deterioramento e della conservazione della carta*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p.251-261 et dans *PACT*, 12(1985), p.193-199 [anglais]

Effets de l'acidité et techniques de désacidification.

* THOMSON, Garry, *Museum Environment*, Londres-Boston, 1978, 270 p.

Première partie : effets négatifs de l'humidité, de la lumière et de la pollution atmosphérique. Dans la seconde partie on approfondit certaines notions déjà exposées. Ouvrage de référence pour tous les aspects climatologiques en conservation.

WESSEL, Carl J., *Environmental factors affecting the permanence of library materials*, dans *Deterioration and Preservation of Library Materials*, éd. H.W. WINGER, et R.D. SMITH, Chicago-Londres, 1970, p. 34-84.

Revue des différents facteurs de détérioration des documents graphiques : température, humidité, polluants, lumière, agents biologiques et mesures à prendre pour réduire leur action. Abondante bibliographie.

WILLIAMS, John, *A review of paper quality and paper chemistry*, dans *Library Trends*, 30(1981), p. 203-224.

Produits ou procédés qui ont contribué à la dégradation chimique du papier au cours de son histoire.

ZAPPALA PLOSSI, Maria-Grazia, *Inquinamento e materiali librari. Aspetti chimici del problema*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVIII(1982-83), p. 93-102.

Description des principaux polluants, à base de soufre, d'azote et ozone et des dommages causés sur le papier et le cuir.

II. AGENTS BIOLOGIQUES

AMBLER, H.R. et C.F. FINNEY, *Brown stain formed on wet cellulose*, dans *Nature*, 179(1957), p. 1141.

Quelques lignes à propos de la formation de taches brunes sur la cellulose humide, taches qui selon les auteurs proviennent des produits de dégradation par oxydation et non de produits métalliques.

* ARAI, Hideo, *Microbiological studies on the conservation of paper and related cultural properties. Part I Isolation of fungi from the foxing on paper*, dans *Science for Conservation*, 23(1984), p. 33-39.

Relation indubitable entre foxing et micro-organisme. L'auteur a réussi la culture de prélèvements effectués dans des taches brunes : deux espèces d'*Aspergillus* sont identifiées.

BAYNES-COPE, A.D., *Some observations on foxing at the British Museum research Laboratory*, dans *International Biodeterioration Bulletin*, 12(1976), p. 31-33.

Définition du foxing : tache brune probablement d'origine biologique caractérisée, sous lumière ultraviolette, par une zone orange brun (correspondant à la tache brune), entourée d'une zone bleu pâle qui subsiste après blanchiment par oxydation.

* BRAVI, Lamberto, *Catalogo degli insetti e artropodi amici e nemici delle biblioteche, degli archivi e dei musei*, dans *Bollettino dell'Istituto di Patologia del libro*, XXVII(1968), p. 3-28.

Liste alphabétique avec brève description des principaux genres et espèces. Y a-t-il des insectes amis des livres ?

CAIN, Eugene C. et Barbara A. MILLER, *Proposed classification of foxing*, dans *American Institute for Conservation*, Postprints, Milwaukee, 1982, p. 29-30.

Terminologie permettant de décrire les différents types de taches rencontrées sur le papier et assimilées au foxing : avec un centre foncé ou non, un contour régulier ou non...

CHINERY, Michael, *Les insectes d'Europe en couleurs*, Paris-Bruxelles, (1976), 384 p.

Caractères morphologiques, habitudes sociales, alimentation sont décrits pour les différents ordres d'Europe. Plus de 1000 illustrations en couleurs pour permettre l'identification des insectes.

* DVORIACHINA, Z.P., *Certains traits de la biologie des insectes nuisibles aux matériaux des bibliothèques*, dans *Etudes concernant la restauration d'archives, de livres et de manuscrits*, numéro spécial de *Archives et Bibliothèques de Belgique*, 12(1974), p. 77-89.

Liste des insectes nuisibles trouvés dans la partie européenne de l'U.R.S.S. Données concernant le mode de vie, le régime alimentaire, les facteurs de croissance et les dommages des différents insectes.

* GALLO, Fausta, *Facteurs biologiques de dégradation du papier*, ICCROM, Rome, 1986, 151 p. [français-anglais].

Synthèse très claire des dangers biologiques auxquels les livres sont exposés.

* HEIM, Roger, Françoise FLIEDER et Jacqueline NICOT, *Comment lutter contre les moisissures qui se développent sur les biens culturels en climat tropical?*, dans *La conservation des biens culturels*, Musées et Monuments IX, Unesco, Paris, 1969. p. 43-53 (également en anglais et en espagnol).

Problèmes de conservation dans les zones tropicales. Une annexe propose une classification par genre des principales moisissures.

HEY, Margaret, *Foxing: some unanswered questions*, dans *Antiquarian Book Monthly Review*, 10(1983), p. 340-343.

Questions pertinentes montrant que de nombreux problèmes ne sont pas encore complètement éclaircis : taches limitées, production d'acidité, fluorescence... et surtout l'origine du foxing : attaque fongique ou activation du fer.

* HEY, M., *Foxing: un problema da affrontare*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVIII(1982-83), p. 73-78.

Cet article reprend avec quelques variantes la publication antérieure.

HOULBERT, Constant, *Les insectes ennemis des livres. Leurs moeurs. Moyens de les détruire*, Paris, 1903, 270 p.

Description de 67 espèces d'insectes qui peuvent vivre aux dépens des livres : caractères morphologiques de l'adulte, la larve, la nymphe et pour chaque ordre, remèdes préventifs contre les insectes et destruction de ceux-ci.

HOULBERT, Constant, *Les insectes, anatomie physiologie générales. Introduction à l'étude de l'entomologie biologique*, Paris, 1910, 372 p.

Pour de plus amples informations sur la morphologie, le développement des différentes espèces d'insectes.

HOULBERT, Constant, *Les coléoptères d'Europe, France et régions voisines. Anatomie générale, classification et tableaux génériques illustrés*, 3 volumes, Paris, 1921-22, 332 p. 340 p. 297 p.

Voir supra.

HOULBERT, Constant, *Thysanoures, dermoptères et orthoptères de France et de la faune européenne*, 2 volumes, Paris, 1924-27, 382 et 355 p.

Voir supra.

IAMS, Thomas M. et T.D. BECKWITH, *Notes on the causes and prevention of foxing in books*, dans *Library Quarterly*, 5(1935), p. 407-418.

Relations entre quelques caractéristiques du foxing et encollage, acidité, présence de fer, conditions atmosphériques, composition et modes de fabrication du papier.

* KOWALIK, Romuald, *Microbiodegradation of library materials*, Chapitres 1-3, dans *Restaurator*, 4(1980), p. 99-114; Chapitre 4, dans *Restaurator*, 5(1983), p. 135-220; Chapitres 5-9, dans *Restaurator*, 6(1984), p. 61-115.

Description des principales caractéristiques des micro-organismes à l'origine de détériorations dans les matériaux libraires : papier, colles, sceaux, encres, miniatures, décorations métalliques. A noter le dernier chapitre dans lequel l'auteur envisage le livre comme support bactérien de maladies graves.

* LAMBIN, S. et A. GERMAIN, *Précis de microbiologie. Tome I Technique microbiologique. Microbiologie générale*, Paris, 1969, 669 p.

Pour compléter les quelques notions relatives aux micro-organismes, principalement les bactéries.

LEPESME, P., *Protection des bibliothèques et des musées contre les insectes et les moisissures*, Paris, 1943, 16 p.

Description rapide des insectes nuisibles pour les livres : ordres habituels plus lépidoptères (teignes et mites) qui peuvent constituer une menace pour les herbiers. Aperçu des méthodes préventives et curatives : procédés physiques, chimiques ou mécaniques.

* MEYNELL, G.G., *Notes on foxing, chlorine dioxide bleaching and pigments*, dans *The Paper Conservator*, 4(1979), p. 30-32.

Le foxing est une infection fongique que l'on peut éliminer par un blanchiment local au bioxyde de chlore gazeux.

MEYNELL, G.G. et R.J. NEWSAM, *Foxing: a fungal infection of paper*, dans *Nature*, 274(1978), p. 466-468.

Caractéristiques du foxing, différences avec les moisissures, facteurs de développement et prévention.

MEYNELL, G.G. et R.J. NEWSAM, *Foxed paper and its problems*, dans *The New Scientist*, 17(1979), p. 567.

Relation entre foxing et infection fongique, solution à trouver dans le contrôle des conditions climatiques. Pour l'élimination des taches, ils conseillent un lavage plutôt qu'un blanchiment chimique corrosif.

* MONTANARI, M., *Agenti biologici che danneggiano i materiali librari ed archivistici*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 163-193 avec tableaux et photos et dans *PACT*, 12(1985), p. 119-145 [anglais].

Description brève de la morphologie, du mode de vie, du régime alimentaire, des facteurs de croissance et des dommages causés par les principaux insectes bibliophages.

NAIR, S.M., *Biodeterioration of Paper*, dans *Conservation of Cultural Property in India*, 1977, p. 22-28.

Relevé des insectes, funghi et bactéries nuisibles pour les livres dans les zones tropicales humides de l'Inde.

NOL, Lea, Y. HENIS et R.G. KENNETH, *Biological factors of foxing in postage stamp paper*, dans *International Biodeterioration Bulletin*, 19(1983), p. 19-25.

Identification de sept espèces fongiques à partir de l'examen microscopique de taches colorées.

La présence de fer n'est pas nécessaire mais elle intensifie les couleurs.

* NYUKSHA, Y.P., *Some special cases of biological deterioration of books*, dans *Restaurator*, 5(1983), p. 177-182.

A propos de l'*Aspergillus Flavus* link., une moisissure très répandue dans les matériaux libraires et qui nécessite des doses plus fortes de fongicide.

PRESS, R. E., *Observation on the foxing of paper*, dans *International Biodeterioration Bulletin*, 12(1976), p. 27-30.

Analyse de différents papiers tachés et détection de fer mais en faible quantité. Le foxing commencerait avec la croissance d'un organisme vivant lui-même fluorescent ou causant la fluorescence sous ultraviolet.

SEE, Pierre, *Les maladies du papier piqué. Les champignons qui les provoquent. Les modes de préservation*, Paris, 1919, 168 p.

Etude très complète sur les différentes attaques microbiologiques auxquelles le papier est exposé.

* SZENT-IVANY, J. J. H., *L'identification des insectes nuisibles et la manière de les combattre*, dans *La conservation des biens culturels*, Musées et Monuments IX, Unesco, Paris, 1969, p. 53-70 [également en anglais et en espagnol].

L'auteur décrit principalement les espèces tropicales. Quelques espèces sont cosmopolites et l'on trouvera des renseignements utiles ainsi qu'un bon aperçu des mesures préventives et curatives pour chaque ordre d'insecte.

III. CATASTROPHES ET MEFAITS DE L'HOMME

ADAMS, Randolph G., *Librarians as enemies of books*, dans *Library Quarterly*, 7(1937), p. 317-331.

Erreurs qu'un bibliothécaire ne doit pas commettre dans l'organisation de son dépôt, dans la mise en valeur d'une collection.

* BEAUMONT-MAILLET, Laure, *Le patrimoine des bibliothèques. Mesures préventives à la Bibliothèque Nationale*, dans *Rencontres internationales pour la protection du patrimoine culturel*, Avignon, 1985, p. 15-25.

Différentes mesures pratiques visant à limiter et canaliser l'accès aux livres précieux.

GALLO, Alfonso, *Patologia e terapia del libro*, Rome, 1951, p. 55-69.

Énumération des mauvais traitements auxquels un livre peut être exposé.

* HOWATT-KRIHAN, Ann, *Mauvais numérotage des pièces de musée*, dans *Museum*, XXXIV(1982), p. 58-59.

Avec quoi, comment et où numérotier ou étiqueter? Un problème qui se pose également dans les bibliothèques.

* KEMP WEIDNER, M., *Damage and deterioration of art on paper due to ignorance and the use of faulty materials*, dans *Studies in Conservation*, 12(1967), p. 5-25.

Illustration des dommages causés à des gravures par ignorance de l'acidité de papiers ou de cartons utilisés pour le montage. L'auteur émettait le vœu d'une plus grande accessibilité aux résultats obtenus par les scientifiques.

LEWIS, H. F., *The deterioration of book paper in library use*, dans *American Archivist*, 22(1959), p. 309-322.

* MANGANELLI, Franca, *L'utilisation abusive du ruban adhésif*, dans *Museum*, XXXIV(1982), p. 60-61.

On ne répétera jamais assez les conséquences irréversibles et irrémédiables de cet abus.

* PARRINI, P., G. RIGHI et M. MELOCCHI, *Studi sulla conservazione di materiali cartacei mediante laminazione*, dans *Problemi di conservazione*, éd. G. URBANI, Bologne, 1973, p. 513-525.

Lors du choix d'une méthode d'intervention, le restaurateur devrait étudier les différentes techniques utilisées en observant surtout la réversibilité et le comportement dans le temps des matériaux.

URSO, Tomaso, *L'antilibro, o dei nemici del libro*, dans *Accademie e Biblioteche d'Italia*, XLIV(27 ns)(1976) p. 19-23.

Les ennemis les plus redoutables des livres sont les hommes. Pourquoi dégradent-ils les livres? Que faire contre ces anti-livres? On oublie souvent que la censure eut aussi pour conséquence une destruction collective de livres.

TROISIEME PARTIE: LES MESURES PREVENTIVES



La description des différents agents de détérioration appelle l'examen des remèdes utiles. Ce terme nécessite un éclaircissement. On peut en effet remédier aux dégâts causés par des agents destructeurs en recourant à des méthodes curatives consistant en des opérations de restauration ; mais on peut aussi enseigner les mesures préventives à observer afin d'éviter les conséquences de telles attaques. Il est évident que si les principes de conservation étaient respectés et appliqués dans les bibliothèques et les dépôts, les restaurations d'ouvrages ne constitueraient que l'exception. Les procédés de restauration seront cependant le sujet de la quatrième partie. Au demeurant, il vaut mieux prévenir les causes de la dégradation, surveiller les conditions de conservation des documents que constater et réparer les dommages causés à des collections qui, de ce fait, ne seraient plus accessibles pendant un certain temps.

Beaucoup de ces désagréments pourraient être évités grâce à une information et une formation du personnel des bibliothèques et aussi du public. Mais c'est là un objectif qui reste à atteindre. La rigueur qui prévaut dans le domaine économique milite aussi en faveur d'une plus grande attention aux principes de conservation des livres. Leur restauration devient un luxe que peu de bibliothèques pourront s'offrir sinon au détriment de leur extension.

La conservation implique donc la connaissance et l'observation de règles parmi lesquelles les plus importantes sont : la régulation de la température et de l'humidité relative, l'aération des locaux et le dépoussiérage des magasins, le contrôle du niveau d'illumination, le contrôle des conditions biologiques, la protection contre le vol et l'incendie, l'adaptation des équipements et les précautions contre les dommages physiques.

Les mesures préventives doivent être adaptées selon qu'il s'agit de bibliothèques de consultation et de prêt ou de dépôts d'archives et de livres rares. Un autre critère important, outre la vocation de la bibliothèque considérée, est celui de sa taille. Une bibliothèque nationale ou universitaire dispose normalement de plus de moyens qu'un dépôt d'archives local ou une bibliothèque communale. Pour une bibliothèque privée, la situation est encore différente. Nous essaierons de tenir compte de ces facteurs en voyant, lorsque cela est possible, comment chaque institution peut adapter les principes de conservation en fonction de ses besoins et de ses moyens. Les informations et mesures exposées dans cette troisième partie s'appliquent essentiellement aux livres et aux archives conservés dans des fonds. On peut cependant les adapter aux documents graphiques des expositions permanentes et temporaires dans les musées, comme nous l'avons souligné dans l'introduction.

CHAPITRE I : CONTROLE DES CONDITIONS CLIMATIQUES

- I. Normes
- II. Instruments de mesure
 - 1. Température
 - 2. Humidité relative
 - a. Psychromètre
 - b. Hygromètre
 - c. Hygrographe - thermohygrographe
 - d. Autres
- III. Contrôle de la température et de l'humidité relative
 - 1. Relevé des conditions
 - 2. Modifications
 - a. Système complet de climatisation
 - b. Système partiel

I. NORMES

Les conditions de température et d'humidité relative généralement conseillées pour la conservation des livres sont de 18 °C et de 50 à 55 % d'humidité relative pour une salle de lecture. Ces paramètres sont entre autres recommandés par l'IFLA : l'International Federation of Library Associations.

En théorie, la température devrait être maintenue à 15 °C dans les dépôts de livres. Cependant, il faut prendre en considération la santé et le confort des personnes qui y travaillent et pour cette raison, une température constante de 20 °C est acceptable dans les salles de lecture. Elle n'accélère pas outre mesure les réactions chimiques nocives. Elle est économiquement raisonnable à maintenir. Dans les magasins et réserves, lorsque du personnel n'y séjourne pas, une température inférieure, de 14 °C par exemple, est recommandable.

Les êtres humains peuvent supporter de larges variations de l'humidité, mais à cause de la sensibilité des matériaux organiques à ses fluctuations, l'humidité relative doit être maintenue constante. Un taux de $50 \pm 2\%$ est souhaitable. Ce pourcentage est assez élevé pour éviter des problèmes avec des matériaux qui se dessèchent et deviennent fragiles. Il est assez bas pour éviter la prolifération des champignons et des insectes.

TABLEAU 4

Températures et degrés d'humidité conseillés

	<i>Température</i>	<i>Humidité relative</i>
Salle de lecture ou de consultation	20 °C	50 ± 2 %
Dépôts de livres	15 °C	45 ± 2 %
Parchemin, vélin	15 - 20 °C	40 ± 50 %
Photographies sur papier noir et blanc ou couleur	< 20 °C	40 ± 10 %
Négatifs polyester et acétate noir et blanc	< 20 °C	40 ± 10 %
couleur	≤ 2 °C	40 ± 10 %
Images animées sur films acétate noir et blanc	12 °C	50 ± 10 %
couleur	< 0 °C	30 ± 10 %
nitrate d'Argent	2 °C	50 + 10 %
Dépôt de diapositives	2 °C	40 ± 10 %
Microfilms	15 °C	35 ± 5 %

Les normes précitées ne sont valables que pour les livres imprimés, les manuscrits et les autres documents graphiques. Pour les nouveaux supports qui font de plus en plus leur entrée dans les bibliothèques, tels les photographies, diapositives, films, négatifs, microfilms et autres, les impératifs sont encore plus stricts. Pour la conservation des images fixes ou animées, la condition la plus importante est la constance. Les variations du taux d'humidité relative ne peuvent être supérieures à 5 %. Une autre règle concerne les documents en couleur : plus basse est la température, plus lente est la décoloration. Ces nouveaux supports posent aussi de nombreux problèmes de rangement et de manipulation qui déborderaient notre sujet. Leur conservation dans un local ou un meuble isolé, et dans les limites de température et d'humidité relative conseillées, pourrait aider les personnes concernées à prévenir des accidents inutiles.

Dans le tableau 4 ont été réunies les limites entre lesquelles les valeurs de température et d'humidité relative devraient être maintenues pour différents documents graphiques et audiovisuels.

II. INSTRUMENTS DE MESURE

Afin de connaître avec la plus grande précision les conditions climatiques dans un local, bibliothèque ou dépôt d'archives, il faudra mesurer celles-ci pendant un certain temps avec les instruments appropriés et toujours dans les mêmes conditions. Nous ne citons ici que les instruments les plus courants, du plus simple au plus complexe.

1. TEMPERATURE

Celle-ci se mesure avec un thermomètre à mercure (précision ± 1 °C) de modèle standard et s'exprime en degré Celsius. D'autres appareils pour mesurer la température sont les bilames, basés sur la différence de coefficient de dilatation thermique des métaux. A notre époque, on utilise de plus en plus les sondes de température électroniques basées sur la variation de conductivité électrique de certains semi-conducteurs en fonction de la température. La lecture est souvent digitale et exprimée également en °C.

2. HUMIDITE RELATIVE

a. *Psychromètre*

Cet instrument se compose de deux thermomètres. La fiole de l'un d'eux est entourée de coton maintenu humide (avec de l'eau distillée). La température mesurée avec ce dernier est toujours inférieure à celle lue sur le thermomètre sec. Plus grande est la différence entre les deux, plus l'air est sec. Une table psychrométrique permet de calculer l'humidité relative (pour la définition de l'H. R., voir partie II, chapitre I, § II). Il est indispensable que l'air circule autour du réservoir. Selon le modèle, cette circulation est assurée par un petit ventilateur ou plus simplement en agitant le psychromètre comme une fronde. La précision est faible pour des H. R. inférieures à 25 %. L'intérêt de cet instrument est de ne pas nécessiter d'étalonnage.

b. *Hygromètre*

Le principe de cet appareil est qu'une mèche de cheveux s'allonge lorsque l'humidité augmente et qu'elle se raccourcit lorsque l'humidité diminue. Les changements de longueur de mèche sont transmis à une aiguille. Cet instrument affiche des valeurs qui s'échelonnent de 0 à 100 % d'humidité relative mais il a la meilleure précision pour les valeurs comprises entre 30 et 80 %. Idéalement ces hygromètres devraient être calibrés chaque mois avec un psychromètre. Les modèles muraux permettent souvent de mesurer en même temps la température avec un bilame. Les hygromètres à papier constitué d'une bande de papier enroulée sur une bande de métal léger sont peu fiables et nécessitent un étalonnage fréquent.

c. *Hygrographe et thermohygrographe*

Les instruments précédemment décrits donnent des mesures isolées et ponctuelles qui supposent l'intervention régulière du personnel afin d'en effectuer les relevés et leur report dans un tableau. D'autres appareils permettent de connaître et d'enregistrer automatiquement les variations de température et d'humidité relative.

Lorsque l'hygromètre est pourvu d'un système d'enregistrement, une aiguille traçante par exemple, on parle d'hygrographe et de thermohygrographe s'il mesure en même temps la température, généralement avec un bilame. Pour l'humidité relative, les mesures s'échelonnent de 0 à 100 % et pour la température, selon le modèle, de -30 ou -15 à 40 °C. Ils sont équipés d'un cylindre avec une feuille où s'inscrivent les résultats des deux aiguilles stylets et d'un mouvement d'horlogerie qui en assure le fonctionnement sans interruption 24 heures sur 24. La durée de rotation du tambour peut être d'un jour, une semaine ou un mois (Fig. 61).

Leur étalonnage doit être vérifié régulièrement avec un psychromètre. Si l'on ne dispose pas de cet appareil, en imbibant le faisceau de cheveux avec de l'eau distillée ou en recouvrant l'instrument avec un linge humide pendant une heure, celui-ci devra indiquer une humidité relative de 100 %.

d. *Autres*

Il existe enfin des instruments plus sophistiqués et aussi plus coûteux, ce sont les thermomètres, hygromètres et les thermohygromètres électroniques à lecture digitale. Un kit de calibration est généralement livré avec l'appareil. Certains modèles sont spécialement conçus pour mesurer l'humidité réelle du papier. Ils sont originellement destinés aux professionnels de l'industrie papetière.

En résumé, selon le budget dont dispose l'institution concernée, on peut conseiller des acquisitions spécifiques. Pour un petit budget, on choisira un psychromètre fronde, un hygromètre à cheveux et un thermomètre. Pour un budget moyen, on retiendra un thermohygrographe, un psychromètre à ventilation forcée et un thermomètre. Pour un budget plus important, plusieurs thermohygrographes et thermohygromètres seront installés dans les différentes salles ou un système de contrôle automatique avec des capteurs.

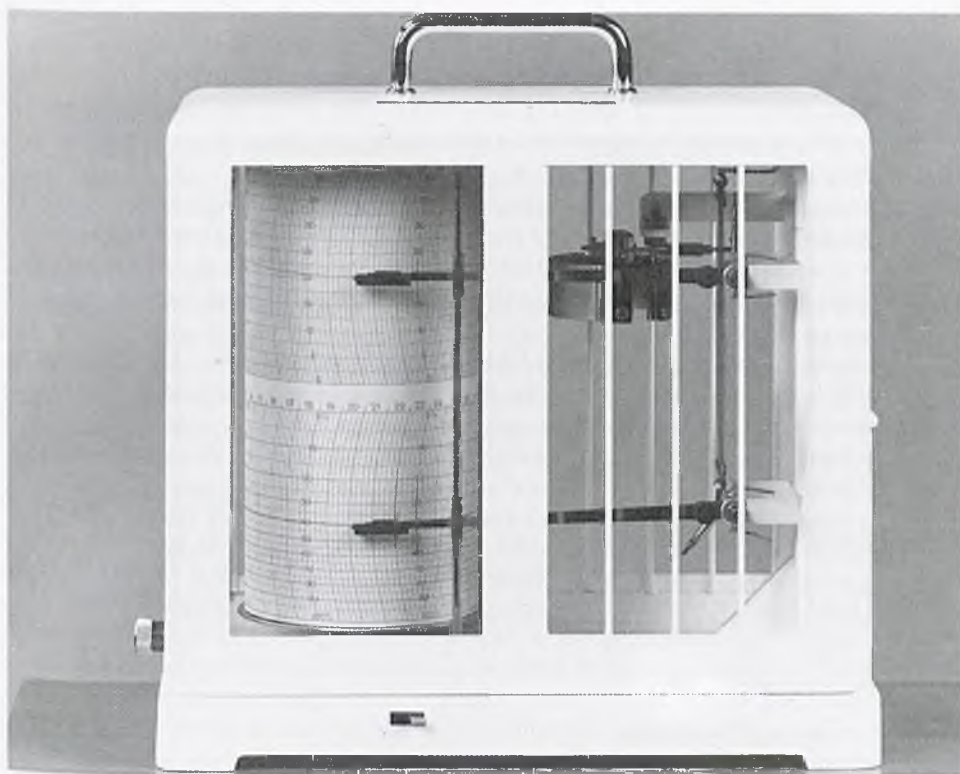


Fig. 61. Thermohygrographe.

III. CONTROLE DE LA TEMPERATURE ET DE L'HUMIDITE RELATIVE

I. RELEVÉ DES CONDITIONS

Les mesures seront effectuées tous les jours pendant de longues périodes afin de prendre en considération les variations saisonnières dans différents endroits du dépôt. L'idéal serait de disposer un appareil de mesure dans chaque salle d'exposition ou d'entreposage. On vérifiera en outre l'étalonnage des instruments chaque mois avec un psychromètre ou avec le kit de calibration pour les appareils électroniques. Dans tous les cas, on veillera à ce que les capteurs ne soient pas influencés par l'installation de climatisation.

Cependant, même en effectuant toutes les mesures possibles, en installant des appareils sophistiqués, il ne faut pas négliger un contrôle visuel régulier dans les livres eux-mêmes. Cela reste la meilleure des préventions.

Lorsque des données chiffrées suffisantes auront été réunies, on les analysera afin de vérifier leur correspondance avec les normes préétablies. On sera particulièrement attentif

à des écarts de température réguliers au cours de la journée (chauffage pendant le jour, coupé pendant la nuit) selon les saisons (taux d'humidité insuffisant pendant l'hiver) ou en relation directe avec l'atmosphère extérieure (porte restée ouverte, vitre cassée, climatisation défectueuse). D'après ces observations, on modifiera la température ou on interviendra de manière à augmenter ou diminuer le taux d'humidité relative en fonction des besoins.

Mais avant d'envisager comment on peut améliorer les conditions climatiques de conservation dans une bibliothèque ou dans un dépôt, rappelons qu'il y a une relation étroite entre la température et l'humidité relative. Une augmentation de température entraîne une baisse du taux d'humidité relative et vice versa. C'est un principe fondamental qu'il ne faut jamais perdre de vue.

Il faut encore signaler que dans une bibliothèque ou un dépôt d'archives, même de petite taille, la masse de papier est en général telle qu'elle jouera le rôle de régulateur en maintenant l'humidité relative constante. Les échanges entre l'air ambiant et les livres sont assez lents mais tendent toujours à rejoindre un équilibre entre la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère et celle des livres. Cet équilibre se réalise toujours aux dépens des matériaux organiques: ils absorbent de l'humidité lorsque son taux est élevé ou ils se dessèchent lorsqu'il est bas. Un système de climatisation a pour but de maintenir l'équilibre papier/atmosphère en isolant le dépôt de l'atmosphère extérieure. Il faut veiller à créer une constante fixe et supprimer les échanges papier/atmosphère.

2. MODIFICATIONS

a. *Système complet de climatisation*

Lors de la construction du bâtiment, on peut prévoir un système complet de conditionnement de l'air qui, outre la régulation automatique de la température et du taux d'humidité relative, permettra également la filtration de l'air. Lorsque l'humidité de l'air est trop basse, cette installation peut la suppléer par des moyens mécaniques. L'excès d'humidité peut être diminué par condensation ou par dessiccation. Dans ce cas, l'institution devra consulter des spécialistes pour déterminer les différentes exigences auxquelles le système de conditionnement devra répondre. Il faudra engager une personne compétente pour entretenir le matériel ou établir un contrat d'entretien avec la firme responsable de l'installation.

Une climatisation générale des locaux est souvent financièrement impossible parce qu'il s'agit de bâtiments anciens ou qui n'ont pas été conçus dans cette perspective.

b. *Système partiel de climatisation*

Lorsque l'installation d'un conditionnement total de l'air n'est pas réalisable, il faudra avoir recours à un système de climatisation partielle, par installation d'appareils en fonction des besoins établis par les résultats des contrôles.

Par exemple, une climatisation de type hiver ne comporte pas de section pour rafraîchir l'air. Dans nos régions, une température de 25 °C n'est dépassée que pendant quelques semaines de l'année et le refroidissement forcé de l'air n'est pas indispensable. On peut déjà atténuer l'augmentation de la température intérieure en occultant les fenêtres exposées.

1° Contrôle de la température

Pour maintenir la température constante à 20 °C dans les salles de lecture, il est nécessaire dans nos régions à climat dit tempéré, de chauffer durant l'hiver. Les différents types de chauffage sont acceptables. Les critères à prendre en considération sont l'absence de risque d'incendie et d'inondation.

Dans des locaux qui sont essentiellement utilisés pour la conservation des documents (magasins, sous-sols) et où quelqu'un ne va que rarement travailler, un système de chauffage central n'est pas indispensable. Il suffira d'y installer un petit chauffage électrique d'appoint le temps nécessaire.

Dans une collection privée ou dans une habitation, on veillera à ce que les étagères ne soient pas installées contre un mur directement exposé à la lumière solaire et donc à la chaleur ou au-dessus d'un radiateur. Nous parlerons également, par ailleurs, des dispositions à prendre pour protéger les livres contre la lumière. De même, on proscriera l'installation d'étagères dans une pièce où fonctionne un feu ouvert.

2° Humidité relative

Afin d'obtenir des résultats satisfaisants, il est indispensable que les fenêtres soient closes et que les portes soient fermées (fermeture automatique).

Lorsque l'humidité est *trop élevée*, on commencera par vérifier s'il ne s'agit pas d'une augmentation accidentelle et temporaire due à des infiltrations ou à des fuites d'eau. La réparation de celles-ci empêchera une nouvelle pénétration de l'humidité mais ne dispensera pas de l'élimination de l'humidité absorbée pendant une certaine période par ventilation.

En dehors d'accidents de ce genre, il est parfois nécessaire de déshumidifier l'air des locaux pendant une saison, au printemps par exemple dans les zones tempérées. Dans ce cas, on installera des déshumidificateurs à réfrigération qui condensent l'humidité de l'air contre une paroi froide mais ils doivent être équipés pour évacuer l'eau au dehors. Dans une bibliothèque dont l'activité est axée sur la conservation, il vaut mieux placer des déshumidificateurs à réfrigération que de chauffer les pièces. L'on sait trop à présent les effets nocifs d'une température élevée. Cependant, de tels appareils ne peuvent aspirer l'humidité, lorsqu'elle est vraiment trop abondante, à l'intérieur des livres ou des documents. Il sera parfois nécessaire au début d'ouvrir les livres en éventail.

Les déshumidificateurs par déshydratation utilisent les propriétés siccatives de produits chimiques comme le gel de silice (silicagel). Lorsque le gel de silice a perdu son pouvoir absorbant (couleur rose), il est immédiatement régénéré avec de l'air chaud et sec (couleur bleue). Cette installation fonctionne de manière continue.

Dans une petite collection ou une habitation privée où les livres sont conservés dans une seule pièce, on peut diminuer le degré d'humidité relative simplement en augmentant un peu la température (dans les limites imposées plus haut). Afin de favoriser la ventilation, on préférera des étagères ou vitrines ouvertes. On veillera cependant à ce que celles-ci ne soient pas adossées à un mur extérieur humide.

Pour des pièces de petites dimensions et des vitrines, on peut également utiliser des récipients larges et plats contenant des produits desséchants comme le gel de silice.

Un taux d'humidité relative *insuffisant* est le plus souvent la conséquence d'un chauffage artificiel excessif et se produit généralement pendant l'hiver. On peut commencer

par diminuer celui-ci dans les limites définies par le confort humain (≤ 20 °C). Il faudra également éviter les sources naturelles de chauffage comme les rayons solaires. Si malgré ces mesures le taux d'humidité relative est toujours insuffisant, on pourra choisir entre différents systèmes d'humidification de l'air.

L'atomisation de vapeur d'eau ou système du diffuseur, est un système par lequel l'eau est pulvérisée en fines gouttelettes qui s'évaporent. Cet appareil présente l'inconvénient de projeter dans l'atmosphère les sels dissous (30-1000 ppm) dans l'eau, à moins d'utiliser de l'eau déionisée ou distillée. Les gouttes d'eau sont chargées électriquement et attirent la poussière, sauf si l'appareil est muni d'un dispositif de neutralisation. De plus, ce type d'appareil est peu fiable lorsqu'il n'est pas équipé d'un humidistat. Si le système de régulation tombe en panne, l'eau continue à être atomisée dans l'atmosphère.

Une autre solution consiste à chauffer l'eau électriquement afin d'en accélérer l'évaporation. Il faut que cette installation soit accompagnée d'un ventilateur au risque de provoquer un microclimat autour de l'appareil.

Enfin, le dernier modèle d'humidificateur est celui à évaporation par ventilation accélérée qui est actuellement le modèle préféré pour les salles d'exposition. Contrairement au premier type, il ne projette pas l'eau dans l'atmosphère mais aspire l'eau à travers une éponge constamment humidifiée. Même en cas de panne, l'appareil ne devrait pas fournir une humidité relative supérieure à 70 %. En utilisant de l'eau du robinet, un nettoyage régulier de l'éponge est nécessaire ; si on emploie de l'eau distillée, le délai d'entretien est plus long. C'est ce système qui est, bien qu'onéreux, le mieux adapté à des locaux d'archives ou de bibliothèques. Sa puissance doit être choisie en fonction du volume du local.

Pour les petits locaux, on peut déjà obtenir certains résultats avec des bacs d'eau posés sur une source de chaleur. Lorsqu'il faut présenter une pièce de valeur sans disposer d'une climatisation même partielle de la pièce, on pourra utiliser une vitrine fermée dont le taux d'humidité sera contrôlé avec du silicagel conditionné.

CHAPITRE II: CONTROLE DU NIVEAU D'ILLUMINATION

- I. Normes
- II. Instruments de mesure
- III. Modifications des conditions d'éclairage
 - 1. Protection contre la lumière naturelle
 - a. Réduire la durée d'illumination
 - b. Diminuer l'intensité lumineuse
 - c. Eliminer les radiations nocives
 - 2. Protection contre la lumière artificielle
 - a. Réduire la durée d'illumination
 - b. Diminuer l'intensité lumineuse
 - c. Eliminer les radiations nocives

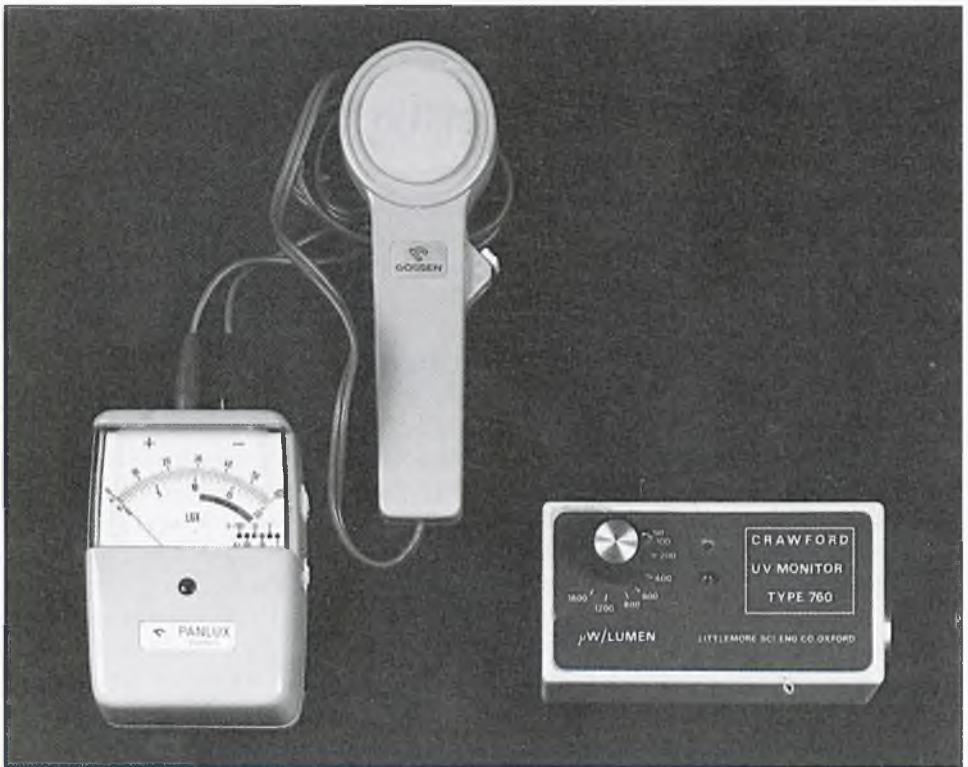


Fig. 62. UV-mètre et luxmètre.

Les effets nocifs de la lumière ont été décrits plus haut. Rappelons que le soleil émet, en plus de la lumière visible, beaucoup de rayons ultraviolets et beaucoup de rayons infrarouges. Une lampe à incandescence émet peu d'ultraviolets mais dégage plus de chaleur que les tubes au néon. Ces derniers par contre émettent plus ou moins d'ultraviolets selon le modèle.

I. NORMES

Pour la sécurité des collections, on sait qu'il faut éliminer les rayons ultraviolets, réduire les infrarouges et réduire la lumière visible.

Pour les radiations visibles (longueur comprise entre 380 et 750 nm), on exprime le niveau d'illumination par la densité du flux lumineux exprimé en lux ou lumen/m². Pour les rayons ultraviolets ou les infrarouges, on ne peut utiliser cette unité qui est spécifique à la lumière visible. On exprime la quantité d'ultraviolets par rapport à la quantité de lumière visible: l'unité est le microwatt par lumen ($\mu\text{W}/\text{lm}$).

Une première règle qui devrait être suivie partout est de ne jamais exposer un document directement à la lumière du soleil. Celle-ci est particulièrement destructrice.

Dans une salle de lecture, la puissance de lumière ne devrait pas dépasser 100 lux. L'éclairage des rayons dans les magasins doit avoir une intensité comprise entre 50 et 100 lux. Pour les documents graphiques présentés lors d'exposition, on veillera tout particulièrement à ce que le niveau d'éclairage ne dépasse pas les 50 lux pour les documents colorés : aquarelles, pastels, dessins, photographies ou parchemins enluminés et 150 lux pour les documents en noir et blanc : gravures, photographies, dessins, archives, parchemins non décorés et reliures. Enfin l'éclairage ne sera pas permanent et les documents ne seront pas illuminés de façon continue.

La quantité d'ultraviolet émise par l'éclairage fluorescent ne doit pas excéder 75 $\mu\text{W}/\text{lm}$. Au-delà, il faudra éliminer des ultraviolets.

II. INSTRUMENTS DE MESURE

Les radiations visibles se mesurent avec un luxmètre, sur le modèle des cellules utilisées par les photographes. On veillera à ce que l'appareil choisi soit assez sensible pour mesurer des quantités de lumière de l'ordre de 25 à 50 lux. A titre indicatif, un objet en plein soleil reçoit plus de 60 000 lux de mai à août.

Pour mesurer les radiations ultraviolettes, il existe plusieurs appareils dont l'UV Light Monitor Type 760 Littlemore Engineering. A titre indicatif, le soleil dégage environ 400 $\mu\text{W}/\text{lm}$.

III. MODIFICATIONS DES CONDITIONS D'ECLAIRAGE

Pour compléter les informations données dans cette section, on consultera le très intéressant *Code de bonne pratique de l'éclairage des oeuvres d'art et objets de collection*, Bruxelles, 1984.

L'intensité de l'éclairage, la durée d'exposition et la qualité de la lumière sont les facteurs à prendre en considération. La modification d'un de ces paramètres permettra de répondre aux impératifs précités.

I. PROTECTION CONTRE LA LUMIERE NATURELLE

Le problème de la protection des livres contre la lumière naturelle se pose de manière différente dans les salles de lecture, d'exposition et dans les magasins.

a. Réduire la durée d'illumination

Pendant les périodes de fermeture, on empêchera la lumière d'entrer dans les salles de lecture. Les fenêtres devront être équipées de stores de toile ou de rideaux opaques. Ceci est surtout important pendant les longues journées d'été, le matin et le soir.

Dans les salles d'exposition, cette règle sera permanente : il faut éliminer la pénétration de la lumière naturelle par la pose de rideaux. Les vitrines dans lesquelles sont disposés les livres ou d'autres documents sur papier seront éclairées artificiellement de l'extérieur.

Par ailleurs, on veillera à ne pas toujours présenter les livres ou les manuscrits à la même page mais à alterner régulièrement les documents exposés. Ici se pose un autre problème : comment tenir le livre ouvert ? Nous y répondrons plus loin. Les encres ferrogalliques initialement pourpre très foncé deviennent brunes par exposition à l'air, cette décoloration continue si le document est exposé à la lumière, particulièrement aux rayons ultraviolets. Certaines encres utilisées en lithographie à la fin du XIX^e siècle, à base de pigments synthétiques, sont également sensibles. Tout signe de décoloration dans de telles circonstances devra donner lieu à des mesures spéciales de préservation. Certaines encres graphiques d'artistes ont parfois été appliquées (fin XIX-XX^e siècles) sur des papiers de très mauvaise qualité (pâte de bois). Elles seront considérées comme particulièrement sensibles à la lumière et d'une exposition limitée.

Dans des dépôts ou des magasins de bibliothèques, là où peu de personnes travaillent de manière continue, la meilleure solution serait l'absence de fenêtres. Non seulement elles laissent entrer les rayons visibles mais également invisibles. De plus, elles transmettent la chaleur par beau temps et, par temps froid, la condensation de l'air contre cette paroi froide entraîne la formation de buée et de gouttelettes d'eau qui s'écoulent sur elle et ensuite sur le mur. Dans les dépôts, on évitera donc les ouvertures, principalement vers le sud. Si des fenêtres existent déjà, on les occultera pour diminuer surtout le rayonnement ultraviolet. Cependant l'obscurité totale peut favoriser la croissance de micro-organismes.

b. *Diminuer l'intensité lumineuse*

Dans les salles de lecture on pourra également installer des stores vénitiens ou des volets pivotants qui régleront l'admission de la lumière naturelle. Une commande électrique centralisée facilitera la modification du système selon les variations externes en cours de journée et selon les saisons.

Dans les magasins, les rayonnages seront de préférence perpendiculaires aux murs percés de fenêtres. On peut aussi protéger les volumes les plus précieux en les rangeant dans des boîtes. Le rangement des archives dans des cartons ou des boîtes est très satisfaisant mais pratiquement impossible à réaliser dans de grands dépôts.

c. *Éliminer les radiations nocives*

La qualité spectrale de la lumière naturelle sera améliorée par élimination ou diminution des radiations nocives (ultraviolettes). À cet égard, le choix d'un vitrage approprié est déterminant.

Le rayonnement ultraviolet est fortement diminué par l'utilisation de verres ou de matériaux synthétiques traités en surface ou dans la masse.

Parmi les matériaux verriers, on peut citer le verre clair, le verre *inactinique*, le vitrage réfléchissant UV et le vitrage diffusant. Le verre ordinaire arrête en grande partie les radiations ultraviolettes de longueur d'onde inférieure à 350 nm. Le verre inactinique contient des oxydes qui absorbent le rayonnement ultraviolet. Plus de 80 % des radiations ultraviolettes transmises par le verre ordinaire sont ainsi éliminées.

Pour modifier une installation existante sans devoir remplacer le vitrage, on peut choisir l'application d'un vernis protecteur. Son efficacité n'est pas toujours totale ni illimitée. Ces vernis ont une durée de vie de 10 ans, mais ils sont parfois la seule solution écono-

miquement envisageable. Cependant leur entretien requiert un soin particulier dû à la minceur du film déposé.

Des matières plastiques ont également la propriété d'arrêter le rayonnement ultraviolet. Certaines peuvent même stopper la totalité des radiations d'une longueur d'onde inférieure à 400 nm. On peut citer les plaques et feuilles acryliques, les feuilles d'acétate de cellulose, les stores en chlorure de vinyle ou encore les plaques en polycarbonate très résistantes aux chocs.

Enfin, certaines peintures absorbent les radiations UV. Ce sont des peintures à base d'oxyde de zinc ou de titane. L'aspect sera de préférence mat pour diffuser la lumière.

2. PROTECTION CONTRE LA LUMIERE ARTIFICIELLE

En fonction de l'activité des dépôts ou magasins, il sera nécessaire de faire usage de la lumière artificielle. Ceci se fera en respectant les trois mêmes règles que celles prescrites pour la lumière naturelle. Elles sont également applicables pour les expositions permanentes et temporaires de documents graphiques.

a. Réduire la durée d'illumination

Cette mesure ne peut être appliquée que dans les dépôts, le confort du lecteur appelle un éclairage important. Dans les magasins, on n'éclairera que la zone de rangement où le livre doit être remis ou emprunté. Les différents blocs de rayonnage seront reliés indépendamment les uns des autres à des interrupteurs.

L'éclairage de documents exposés lors de manifestations sera commandé par le visiteur grâce à un interrupteur.

b. Diminuer l'intensité lumineuse

Comme la règle précédente, cette mesure ne peut être réalisée que dans les magasins. Lorsque cela est possible, les rayonnages resteront dans l'obscurité et seuls les couloirs seront éclairés de manière diffuse. De toute façon, les passages entre les rayons seront toujours moins éclairés que les couloirs de circulation, sauf lorsque le personnel doit aller chercher ou remettre en place des volumes. A ce moment l'éclairage sera direct vers les étagères en évitant des zones d'ombre entre les rayons. On pourra encore réduire l'intensité lumineuse en diminuant le nombre et la puissance des lampes.

On veillera à ne jamais exposer une gravure ou tout autre document directement sous le faisceau d'une lampe ou d'un spot.

c. Éliminer les radiations nocives

Ce point est particulièrement important pour les salles de lecture où l'on est contraint d'éclairer artificiellement les locaux pratiquement sans interruption. On pourra utiliser les mêmes matériaux que ceux conseillés pour filtrer la lumière naturelle. Les gaines en acétate de cellulose sur les tubes fluorescents sont très efficaces mais il faut les remplacer après un délai de sept à dix ans. Pour les autres lampes ou spots, il existe des verres filtrants de toutes dimensions à installer devant la source lumineuse.

Un éclairage avec des lampes à incandescence ne pose pas tellement de problèmes parce qu'elles émettent peu de radiations ultraviolettes. D'autre part, l'émission de radiations infrarouges et donc le dégagement de chaleur est négligeable dans un vaste volume comme

des magasins. L'élévation de température est beaucoup plus préoccupante dans une enceinte ou une vitrine fermée. C'est une raison supplémentaire pour installer la source lumineuse à l'extérieur.

Les tubes fluorescents consomment moins d'énergie et ont une durée de vie plus longue. Pour choisir le tube fluorescent approprié, il faut tenir compte de plusieurs données techniques normalement spécifiées par le fabricant. La *température de couleur* (°kelvin): plus elle est élevée, plus la teinte est bleuâtre, froide. On choisira un tube avec une *température de couleur* élevée pour un meilleur rendu des couleurs (IRC > 85). Le rayonnement ultraviolet ($\mu\text{W}/\text{lm}$) est rarement donné par le fabricant mais nous avons dit comment le mesurer. Toutes ces données ainsi que leur valeur pour 114 tubes fluorescents sont données par R. H. LAFONTAINE, *Les lampes à fluorescence*, Ottawa, 1982.

Le U.S. National Bureau of Standards, institut américain de normalisation, a introduit il y a quelques années un «taux de dégradation» basé sur le jaunissement d'un papier de mauvaise qualité du type papier journal. Ce taux a ainsi été calculé pour différentes sources de lumière.

TABLEAU 5

Données techniques de quelques sources lumineuses

	<i>taux D</i>	<i>T° Kelvin</i>	<i>IRC</i>
ciel serein	2,39	—	—
ciel serein à travers vitre	1,60	110000	—
ciel couvert	0,83	—	—
ciel couvert à travers vitre	0,70	6400	—
tube 40W lumière du jour	0,32	6500	77
tube 40W blanc de luxe	0,27	3800	85
tube 40W blanc chaud	0,15	3000	53
lampe à incandescence	0,14	2850	—
tube 40W blanc spécial de luxe	0,095	4200	93
spot 150W normal	0,073	2700	100
tube 40W blanc chaud de luxe	0,061	3000	85
spot 150W avec réflecteur			
dichroïque	0,045	2700	100
tube 40W blanc chaud spécial	0,043	2700	94

Les tubes spéciaux à double couche de poudre luminescente sont les plus indiqués pour l'éclairage des objets sensibles: facteur de détérioration faible, bon rendu des couleurs, faible émission d'infrarouges. Ces tubes n'émettent pas plus d'ultraviolets que les lampes à incandescence. Le type de couleur est souvent accompagné de la mention «de luxe» ou «spécial».

CHAPITRE III: CONTROLE DE LA QUALITE DE L'AIR

- I. Filtration de l'air
- II. Aération
- III. Dépoussiérage

I. FILTRATION DE L'AIR

On pourra recueillir des informations concernant la pollution de l'air externe auprès d'une agence de protection de l'environnement et connaître ainsi la concentration des divers polluants. Les résultats, s'ils ne sont pas comparables aux conditions internes, seront cependant révélateurs des problèmes de pollution présents dans la région.

Dans les grandes institutions dotées d'un système de conditionnement d'air, une unité de filtration est généralement intégrée. Pour éliminer les particules solides, on utilise des filtres en laine de verre. On peut considérer qu'une élimination à 95 % des particules de 1μ de \varnothing est acceptable et à 50 % pour les particules de 0,5 à 1μ de \varnothing . Au-delà, le coût devient plus élevé.

L'absorption des gaz polluants (SO_2 , NO_2 , O_3) est obtenue grâce à des filtres au charbon actif ou composés de granulés en céramique. Quel que soit le système utilisé, son efficacité dépendra d'un contrôle et d'un remplacement régulier des filtres.

II. AERATION

Dans les grands dépôts d'archives et les magasins de bibliothèques, la circulation de l'air est importante. Il faut donc un système de ventilation efficace pour éviter la formation de poches d'air stagnant et pour que l'air circule librement entre les rayons. Le manque d'aération peut déterminer des phénomènes de condensation d'humidité particulièrement sur des étagères métalliques ou sur la maçonnerie. Il peut aussi favoriser la croissance des micro-organismes. On a en effet remarqué que les *spores* de champignons avaient une vitalité sensiblement réduite lorsqu'elles étaient exposées à un courant d'air.

Pour une petite collection, dans une atmosphère peu polluée, on veillera simplement à ce qu'il y ait une bonne circulation de l'air autour des matériaux. Mais lorsque les risques sont élevés, dans une atmosphère industrielle par exemple, il vaut encore mieux conserver les livres dans un meuble fermé.

III. DEPOUSSIÉRAGE

On peut résoudre le problème des poussières en limitant au minimum le nombre des ouvertures et en assurant un nettoyage régulier des locaux. Tout dépôt d'archives ou magasin de bibliothèque devrait disposer d'un service de dépoussiérage qui passerait à l'aspirateur les rayonnages entre les documents au moins une fois par an. En effet la poussière ne doit pas être déplacée mais aspirée.

Cette opération se déroulera de préférence au printemps, période qui correspond au réveil des espèces biologiques avant qu'elles ne commencent leur travail de dégradation. On utilisera des appareils portables en veillant à ce que l'aspiration ne soit pas trop forte. Après ce premier nettoyage, il sera parfois nécessaire de le compléter par un dépoussiérage manuel. Les documents fragiles ne pourront être dépoussiérés qu'à la main.

Dans les dépôts équipés d'un conditionnement d'air avec filtration, ce problème est déjà partiellement résolu. Si l'organisation d'un tel service est impossible, on pourrait imaginer la collaboration de volontaires ou d'étudiants dans les bibliothèques universitaires par exemple.

CHAPITRE IV : PROTECTION CONTRE LES AGENTS BIOLOGIQUES

- I. Contre leur apparition
- II. Contre leur développement

I. CONTRE LEUR APPARITION

La mesure la plus simple pour éviter les dommages des agents biologiques serait de les empêcher d'entrer dans les dépôts. Les insectes s'introduisent dans les bibliothèques par des voies diverses. Les insectes volants entrent par des fenêtres ouvertes. Les insectes rampants creusent des galeries ou se fauillent dans les passages des canalisations. Ils peuvent aussi être introduits sur des vêtements de visiteurs, dans le matériel d'emballage de livres échangés ou simplement dans de vieux livres sous forme d'oeufs ou de larves.

Dans les grands dépôts bien équipés, toutes les nouvelles acquisitions devraient être désinfectées et désinsectisées en les soumettant à des fumigations. Pour un particulier, un dépoussiérage soigneux et complet au pinceau réduira les risques en éliminant d'éventuels oeufs ou *spores*.

Mais on peut aussi prendre certaines précautions au moment de la construction du dépôt. Contre les insectes volants, toutes les ouvertures, fenêtres ou bouches d'aération doivent être munies de grillage à réseau très fin ou de tissus en nylon tendus sur des cadres rigides. On évitera aussi d'attirer les insectes avec de la nourriture, règle à faire observer par le personnel et par les lecteurs.

II. CONTRE LEUR DEVELOPPEMENT

Si les mesures préventives préalablement décrites sont appliquées, les risques d'attaque biologique sont déjà fortement diminués. Pour rappel, il s'agissait du contrôle strict des valeurs thermohygro-métriques. L'humidité relative doit être inférieure à 50 % au risque d'un développement de micro-organismes (à partir de 60 % d'humidité relative, la teneur en eau du papier vaut de 5 à 8 %, or ces valeurs déterminent la germination des *spores*).

L'éclairage doit être étroitement surveillé. L'absence totale de lumière favorise la croissance des micro-organismes mais un excès de lumière entraîne des réactions internes de dégradation. Le compromis est comme nous l'avons déjà dit, un niveau de 50 à 100 lux pour les dépôts. Le dépoussiérage des locaux et des livres constitue aussi une mesure préventive. On se souvient que la poussière est souvent chargée de *spores* de micro-organismes et même d'oeufs d'insectes. L'aération prévient la formation d'un micro-climat favorable à la croissance des micro-organismes. Les volumes trop serrés ou placés trop près du sol, des murs ou du plafond, seront plus menacés.

Outre ces mesures pour obtenir et maintenir une ambiance saine dans les dépôts et les magasins, on veillera aussi à choisir des matériaux résistants par leur nature ou parce qu'ils auront subi un traitement préventif. Cette disposition concerne non seulement le mobilier, dont nous parlerons ci-après, mais aussi les produits utilisés pour la restauration ou la protection des documents et des livres : le papier, les cuirs, les fils, les colles, etc.

La surveillance attentive et régulière des volumes, sans oublier de vérifier également l'intérieur de ceux-ci, permettra de déceler une éventuelle infection dès son commencement et de prendre rapidement les mesures d'intervention nécessaires.

Lorsque malgré ces précautions on constate la présence de moisissures ou de dégâts causés par des insectes, il faut désinfecter les livres contaminés et les locaux. Le traite-

ment adéquat devra être déterminé par un spécialiste en fonction de l'espèce fongique identifiée, des réactions chimiques éventuelles du matériau libraire et de la toxicité du produit pour l'homme.

TABLEAU 6
Procédés de désinfection

	<i>mode d'application</i>	<i>destination</i>
INSECTICIDES ET FONGICIDES		
Dioxyde d'éthylène	fumigation	documents
Fluorure de soufre	fumigation	documents
Caequaryl BE + Lindane	nébulisation	locaux
Congélation		documents
Micro-ondes		documents
Radiations gamma		documents
INSECTICIDES		
Bromure de méthyle	fumigation	documents et locaux
Lindane	sublimation	documents et locaux
Paradichlorobenzène	sublimation	documents
Xylophène	injection	étagères
Pyrèthre	injection	étagères
Pentachlorophénol	badigeonnage	étagères
Gammexane	injection	étagères
Aérogel de silice	application	étagères
FONGICIDES		
Aldéhyde formique	fumigation	documents
Thymol	sublimation	documents et locaux
	sublimation	documents
	nébulisation	locaux
	imprégnation	buvards
Caequaryl BE	nébulisation	documents et locaux
	badigeonnage	étagères
	sublimation	locaux
Paraformaldéhyde		
Décahydrate de diborolactate de triéthanolammonium	nébulisation	locaux
Préventol	nébulisation	locaux
Pentachlorophénol	nébulisation	documents
	imprégnation	buvards
Orthophénylphénol	nébulisation	documents
	imprégnation	colle

La désinfection des matériaux libraires et des documents d'archives doit satisfaire à de nombreuses exigences. Les *spores* de champignons doivent être détruites ainsi que les larves et les oeufs d'insectes. La pénétration des produits chimiques au coeur des volumes ou des liasses nécessite l'utilisation de techniques particulièrement puissantes : sous vide en autoclave.

Une étude comparative des différentes méthodes de désinfection et de désinsectisation n'a pas encore été réalisée dans le cadre du présent travail. Nous présentons cependant un tableau des produits généralement utilisés dans les bibliothèques et les dépôts et dont les modes d'application sont souvent décrits dans la littérature (voir page 133).

L'oxyde d'éthylène est apparu pendant longtemps comme le meilleur traitement. Il élimine insectes et champignons. Il est cependant fortement absorbé par les matériaux protéiniques, cuir et parchemin qu'il modifie chimiquement. De plus il est *mutagène*, *cancérigène* et toxique pour l'homme. Les quantités d'oxyde d'éthylène ambiant admises dans les zones de fumigation sont très basses. De ce fait, de nombreux centres de conservation se sont tournés vers d'autres méthodes non toxiques comme la congélation. Le fluorure de soufre est un produit de fumigation actuellement à l'étude aux Etats-Unis.

CHAPITRE V : PROTECTION CONTRE LES DOMMAGES PHYSIQUES

- I. Protection contre le feu et le vol
 1. Protection contre le feu
 2. Protection contre le vol

- II. Responsabilité du conservateur
 1. Mobilier
 - a. Remarques générales
 - b. Etagères
 - c. Armoires bibliothèques
 - d. «Compactus»
 2. Soins des collections
 - a. Quelques cas particuliers
 - b. Photocopies
 - c. Expositions
 3. Education du lecteur

- III. Responsabilité du restaurateur

- IV. Responsabilité du lecteur

I. PROTECTION CONTRE LE FEU ET LE VOL

1. PROTECTION CONTRE LE FEU

La protection contre les risques d'incendie reste une des préoccupations majeures lors de la construction et de l'aménagement d'une bibliothèque : utilisation de matériaux incombustibles, installation électrique très sûre. La discipline intérieure doit être très stricte et certaines mesures de sécurité sont indispensables : coupe-feu, portes à fermeture automatique, interdiction de fumer dans les magasins, interdiction d'amasser des papiers ou des matériaux combustibles sur le sol.

Il existe divers systèmes de détection d'incendie : par mesure optique de la lumière ou à variation d'ionisation. Les systèmes les plus perfectionnés associent la détection de fumée à la détection de l'élévation de température.

Un système d'alarme sonore doit être installé et relié au service d'incendie le plus proche.

Les dispositifs d'extinction les plus connus sont les « sprinklers » ou extincteurs automatiques à eau. Leur désavantage est le risque d'inondation qu'ils présentent et les dommages que l'eau cause aux matériaux libraires. D'autres systèmes utilisent le gaz carbonique ou un gaz halogène pour éteindre rapidement le feu. Par exemple, le gaz Halon 1301 est un hydrocarbure halogéné composé de bromotrifluorométhane qui ne laisse pas de résidus dans les livres et n'est pas toxique. Il faudrait encore citer les différents modèles d'extincteurs disponibles sur le marché : à eau pulvérisée, à neige carbonique ou à poudre sèche.

2. PROTECTION CONTRE LE VOL

La protection contre le vol est en grande partie d'ordre disciplinaire. Quelques précautions peuvent cependant être prises dans l'aménagement de la bibliothèque ou du dépôt : grilles, barreaux, volets ou vitres anti-bris, système d'alarme.

Dans les salles de lecture en accès direct, les livres et les revues sont de plus en plus souvent munis de pastilles ou de rubans magnétisés qui déclenchent une alarme lorsqu'on franchit irrégulièrement le faisceau de détection installé à la sortie. Ce système est efficace à condition que le lecteur mal intentionné n'arrache pas ladite pastille pour emporter l'objet de son larcin sans crainte. Le conservateur doit pour sa part veiller à placer cette étiquette de manière inviolable et sans endommager le livre.

II. RESPONSABILITE DU CONSERVATEUR

C'est au conservateur qu'il incombe de mettre au point les règles pratiques qui seront appliquées dans son dépôt ou sa bibliothèque. Celles-ci s'adressent, d'une part, au personnel technique pour définir sa méthode de travail et, d'autre part, au lecteur qu'il faudra informer mais aussi éduquer.

1. MOBILIER

Comme nous l'avons expliqué précédemment, les livres ne doivent pas être trop serrés pour éviter la détérioration des reliures et pour améliorer la circulation de l'air. Ils devront cependant être suffisamment soutenus pour empêcher leur déformation. Il est aussi important que les livres glissent facilement lorsqu'on les retire des rayons. Lorsqu'il faudra récolter plusieurs livres dans les magasins, on utilisera des chariots.

a. *Remarques générales*

Il faut veiller à ce que le système de rangement confère un maximum de protection aux documents. Les rayonnages et les supports ne doivent pas présenter d'angles vifs susceptibles d'endommager les volumes. Les premiers et les derniers livres des rayons seront protégés par une plaque en carton neutre de la présence éventuelle de clous ou boulons. Les serre-livres en forme d'équerre dont une partie est glissée sous les livres ne sont pas recommandables. Leur partie verticale doit être suffisamment épaisse et visible pour ne pas y embrocher les autres livres à ranger.

En ce qui concerne la disposition des étagères, on veillera particulièrement à ce qu'elles ne soient pas accolées à des murs extérieurs ou de fondation. Elles ne seront jamais posées sur des radiateurs ou directement sur le plancher ou pavement. On laissera donc un espace derrière et en dessous afin toujours de permettre la circulation de l'air. Elles seront également placées parallèlement à la direction de l'air ventilé afin de favoriser la circulation de l'air autour des rayonnages, mais perpendiculairement aux fenêtres existantes.

b. *Etagères*

La question est souvent posée : étagères métalliques ou étagères en bois ? Les deux modèles ont des caractéristiques propres mais aucun ne donne entière satisfaction.

Les rayonnages en bois, courants dans les anciens bâtiments, ont été longtemps prohibés. Ils sont inflammables et surtout vulnérables aux insectes. Les techniques modernes permettent de les ignifuger et de les traiter avec des fongicides et des insecticides. Les étagères en bois ont l'avantage d'éviter la condensation et sont un facteur de régulation hygrométrique. Elles pourront être utilisées à condition d'être recouvertes de deux à trois couches de vernis ou de peinture acrylique afin de protéger les livres des produits de dégradation de la lignine et d'autres substances qui pourraient migrer.

Les étagères en acier doivent avoir un certain nombre de perforations pour favoriser l'aération et empêcher la condensation. Elles doivent être peintes, de préférence émaillées, pour éviter la rouille. Les rayonnages sont presque toujours disposés en épis parallèles à double face. Il est recommandé d'utiliser de simples croisillons entre les éléments au lieu de tôles pleines. Ceci pour améliorer la circulation de l'air.

c. *Armoires bibliothèques*

Dans les bibliothèques privées, les livres sont parfois conservés dans des armoires ou des vitrines fermées. Celles-ci sont à déconseiller parce qu'elles empêchent une aération suffisante. Une solution possible consiste à pratiquer des trous d'aération qui seront fermés par un filtre ou un bouchon d'ouate.

Les livres précieux et certains documents doivent parfois être conservés dans des coffres forts. Dans de telles conditions, l'aération et le contrôle thermohygrométrique sont pratiquement impossibles à assurer. Il faut dans ce cas extrême conditionner le lieu et prévenir d'éventuelles variations hygroscopiques par la présence de gel de silice.

d. « *Compactus* »

Un nouveau modèle de rayonnage est apparu depuis quelques années. Il s'agit d'un système mobile monté ou suspendu sur rail. Ce système rentabilise la surface des magasins en supprimant les allées de circulation. Cependant il est très coûteux et assez fragile. L'étude des conditions climatiques de ces « compactus » montre le maintien constant de la température et de l'humidité relative à l'intérieur de ceux-ci. Ils offrent également une bonne protection contre le feu et contre les attaques biologiques. Leur principal inconvénient est l'aération faible ou inexistante.

2. SOIN DES COLLECTIONS

a. *Quelques cas particuliers*

Selon le type de document, il faudra adapter ou modifier le dispositif de rangement ainsi que les interventions de sauvegarde.

1° Livres précieux

Pour les livres précieux, une plus grande protection sera obtenue en les conservant dans des boîtes non acides ou plus simplement dans des étuis. Mais ces derniers donnent des résultats moins satisfaisants car les dos des volumes ne sont pas protégés et à chaque entrée ou sortie de leur étui, les livres subissent un frottement dommageable. Théoriquement, tous les livres anciens et précieux devraient être mis en boîte. Pratiquement, cela est impossible. Les ouvrages dont la restauration est hors de question, pour raison économique ou technique, sont prioritaires.

Lorsque cette opération est impossible ou dans l'attente d'une restauration, on évitera des dommages plus graves ou la perte d'une partie de la reliure en fixant celle-ci au volume. Pour ce faire, on pourra utiliser un ruban de lin ou de coton qui entourera le volume des quatre côtés sans exercer une pression excessive et en plaçant le noeud du côté de la gouttière pour ne pas imprimer son empreinte dans la couverture.

Les livres précieux dont les plats sont ornés de fermoirs ou de boulons doivent être enveloppés pour protéger les volumes qui leur sont accolés. Tous les volumes dont la reliure est fragile devraient être conservés dans des boîtes ainsi que les volumes déjà restaurés.

2° Documents d'archives

La catégorie des papiers d'archives regroupe un vaste choix de documents : correspondance, textes légaux, financiers et autres ; ils sont le plus souvent de formats très différents et très rarement reliés, au mieux ils sont enliassés. Afin de les protéger de la lumière, des poussières et pour pratiquement simplifier leur classement, les documents d'archives seront rangés dans des boîtes.

La qualité du matériau de ces boîtes est très importante. Le carton doit être neutre ou très légèrement alcalin et ne pas contenir de pâte de bois mécanique. Des boîtes à



Fig. 63. Conservation des livres précieux.

archives sont disponibles dans le commerce. Elles sont de dimensions et de formes variées.

Les documents seront protégés les uns des autres par des feuilles intercalaires de papier sans acide. A tout le moins, étant donné le coût élevé des boîtes ou fardes d'archives vendues sous la dénomination sans acide, on essaiera de suivre cette dernière recommandation afin que les documents ne soient pas en contact avec un carton acide. Les boîtes seront disposées horizontalement sur les étagères surtout si les documents sont dans un état important de dégradation et de fragilité.

3° Grands formats

Pour les livres de très grand format, on prévoira des étagères plus profondes dont les planches seront espacées. Les volumes très larges seront conservés à plat en prenant

soin qu'ils ne dépassent pas des rayons. D'autres documents tels qu'affiches, cartes, dessins d'architecture et autres ne sont généralement pas reliés et de par leur format anormal doivent nécessairement être conservés à plat ou roulés.

Les documents qui peuvent être conservés à plat seront disposés dans de grandes boîtes plates doublées de papier neutre ou dans des meubles à tiroirs spécialement conçus à cet effet. Ils y seront rangés au nombre de dix à douze maximum, séparés les uns des autres par des feuilles de papier neutre coupées au format des tiroirs.

Les documents qui peuvent être roulés, le seront à l'extérieur d'un solide rouleau de carton préalablement recouvert d'un papier de protection de la largeur des documents. Une fois roulés, ils sont recouverts d'un autre papier suffisamment large pour que ses extrémités soient repliées à l'intérieur du tube. On peut aussi disposer une feuille de papier



Fig. 64. Conservation des livres de grand format.



Fig. 65. Exemple de support pour exposer les livres.

tissu neutre sur le document avant de le rouler. Celle-ci servira d'intermédiaire. Les rouleaux seront conservés à plat sur une étagère ou sur le haut d'un meuble à tiroirs, jamais verticalement dans une caisse ou par terre.

4° Œuvres d'art sur papier

Dans cette catégorie, on retrouve les dessins, gravures, pastels, fusains, aquarelles et autres œuvres graphiques sur papier.

Avant de ranger ces œuvres, il faudra bien sûr procéder au dépoussiérage de leur surface. Tous les corps étrangers à l'œuvre seront éliminés. Par contact, des impuretés peuvent migrer et contaminer l'œuvre de manière irréversible. Les enveloppes, chemises et passe-partout en carton acide seront enlevés. Les rubans adhésifs séchés, trombones et agrafes seront soigneusement détachés.

La méthode la plus simple consiste à intercaler des feuilles de papier neutre avant de déposer dans une boîte de conservation ou dans un tiroir. Une feuille pliée en deux dans laquelle l'œuvre est glissée offre cependant une meilleure protection.

Pour les gravures ou dessins souvent exposés, on envisagera la réalisation de passe-partout toujours en carton neutre. On choisira quelques formats standards en relation avec le format des boîtes de rangement. Dans ce cas on pourra opter pour le modèle appelé Solander, très résistant et pratique. Lorsque cette boîte est ouverte, le couvercle et le dos reposent complètement à plat permettant l'extraction aisée des passe-partout.

b. *Photocopies*

Les dommages causés aux livres par les photocopieuses pourraient être supprimés en substituant aux originaux des exemplaires reproduits photographiquement ou par photocopie d'excellente qualité (réalisée par un personnel averti) et réservés à cet usage. Actuellement de nouveaux modèles de photocopieuses sont disponibles. Elles sont équipées d'un plateau tournant sur lequel le volume est déposé à la page souhaitée, selon un angle de 90°. Ce plateau s'élève vers la source de reproduction qui vient se loger selon le même angle dans le volume. Une seule page est copiée à la fois. Après copie et rotation du plateau, la deuxième page est reproduite au besoin.

Dans le même ordre d'idées, les livres rares et précieux ne devraient être accessibles que si la consultation de l'original est indispensable pour une analyse *codicologique* ou bibliologique.

c. *Expositions*

Les documents graphiques originaux ou rares ne seront jamais exposés de manière permanente: 30 jours est un délai maximum. En outre, le conservateur s'assurera que les documents sont présentés en conformité avec les normes de climatisation, d'éclairage. Si le livre est ouvert à la première ou à la dernière page, on veillera particulièrement à ne pas forcer les mors de la reliure mais au contraire à soutenir le plat en porte à faux. Pour présenter un livre ouvert au milieu, on utilisera un support en V en plexiglas ou en bois peint recouvert de carton sans acide. Les deux pages pourront être tenues au corps d'ouvrage par une fine bande de film polyester transparent.

3. EDUCATION DU LECTEUR

Le conservateur ou le bibliothécaire pourrait prévoir un certain nombre de mises en garde imprimées (sur papier neutre) qui seraient remises au lecteur sous forme de signet au moment de l'emprunt. Ces recommandations concerneront le transport, la manipulation des livres, l'interdiction d'écrire à l'intérieur, etc. afin d'obtenir la collaboration des lecteurs pour préserver le patrimoine de leur bibliothèque. Le conservateur pourra aussi concevoir une notice (dans un style ferme ou humoristique) à placarder visiblement dans les locaux et sur les tables afin d'exhorter les lecteurs à manipuler les livres avec soin.

Quelques règles élémentaires pourraient être rappelées par des dessins: sortir les livres des rayons sans déchirer les *coiffes*, arracher les *tranche-fines* ou détacher les dos, ne pas transporter plus de livres que ce que l'on peut porter en toute sécurité...

II. RESPONSABILITE DU RESTAURATEUR

La restauration des livres requiert une connaissance, une habileté et une expérience qui ne peuvent être seulement enseignées par les manuels. Toutes les opérations de restauration doivent être confiées à un service spécialisé.

Les traitements de premier secours se révèlent plus souvent nocifs qu'utiles. Même si son emploi semble inévitable, on proscriera l'usage du ruban adhésif. Certains films dits neutres sont apparus ces dernières années et sont commercialisés, notamment sous le nom de Filmoplast P et Aslan. Le support est composé de papier 100 % chimique, sans acide. La colle est une résine acrylique à laquelle on a ajouté une réserve alcaline : du carbonate de calcium. Avant d'accepter ou de recommander leur utilisation, il faudra d'abord les analyser, vérifier leur résistance et leur innocuité.

En attendant, la solution la plus simple et la moins dangereuse, parce que réversible, reste l'emploi de la colle végétale et de bandelettes de papier japon. Lorsqu'il faut coller des matériaux, on choisira de préférence la colle d'amidon ou une colle synthétique, à base de cellulose, connue et commercialisée sous le nom de Tylose. Les autres types de colle comme les colles blanches vinyliques sont à proscrire pour des opérations de restauration car elles ne sont pas réversibles. De même pour les autres matériaux, papier, carton, on suivra les recommandations prescrites pour assurer une conservation optimale.

Pour les cuirs, par exemple, le type de tannage influence considérablement la sensibilité aux agents biologiques : le cuir tanné au chrome est plus résistant que le cuir tanné au végétal.

III. RESPONSABILITE DU LECTEUR

Enfin, on ne saurait trop recommander aux lecteurs et surtout aux futurs lecteurs de manifester un minimum de respect et de propreté dans leur activité.

Ils pourront aussi collaborer avec la direction de la bibliothèque en signalant les dommages qu'ils constateraient dans les livres consultés. Ils veilleront aussi à respecter quelques règles élémentaires qui leur seront rappelées de diverses manières dans les locaux par affiches, notices ou signets dans les livres eux-mêmes. On conseillera entre autres : de manipuler tout le matériel avec soin, de ne pas retirer les volumes des rayons en les prenant par la coiffe, de s'abstenir de manger ou boire pendant que l'on consulte des documents, de s'abstenir d'écrire dans les livres, de photocopier, si cela est indispensable, sans écraser la reliure des volumes et de dénoncer tout dommage afin qu'il puisse être restauré, ne jamais laisser de livres à portée des enfants ou dans le voisinage d'animaux domestiques.

BIBLIOGRAPHIE

- I. Contrôle des conditions climatiques
- II. Contrôle du niveau d'illumination
- III. Contrôle de la qualité de l'air
- IV. Protection contre les agents biologiques
- V. Protection contre les dommages physiques

I. CONTROLE DES CONDITIONS CLIMATIQUES

BANKS, Paul N., *Environmental standards for storage of books and manuscripts*, dans *Library Journal*, 95(1974), p. 339-343.

L'auteur reprend les normes proposées par diverses institutions, Library of Congress, British Museum Library et en fonction des exigences du confort humain et de son expérience, il décrit les conditions les meilleures.

* BRIGGS, James R., *Environmental control of modern records*, dans *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*, Londres, 1987, p. 297-305.

Tout d'horizon des différents appareils permettant le contrôle des conditions climatiques pour augmenter ou diminuer la température, l'humidité de l'air. L'auteur compare l'efficacité de chacun de ces appareils ainsi que leur rendement au cours de l'année.

* BUCK, Richard D., *A specification of museum air conditioning*, dans *Museum News Technical Supplement*, XXXXIII(1964), p. 53-57.

L'auteur compare les exigences d'une collection muséologique avec celles des êtres humains : température de confort, aération.

* *Climatologie et conservation dans les musées*, dans *Museum*, XIII(1960), p. 203-241 [en français] p. 242-278 [en anglais] p. 279-289 [annexes].

Exposé des principes climatologiques (air, température et humidité relative). Description des instruments de mesure, des appareils de contrôle et conseils pratiques de maintenance.

DE CANDIDO, Robert et Grace Anne DE CANDIDO, *Micro-preservation: conserving the small library*, dans *Library Resources and Technical Services*, 29(1985), p. 151-160.

Conseils de conservation adaptés à une petite collection et donc disposant d'un petit budget.

DEFRISE, P. et A. DE RIDDER, *Pour comprendre la prévision du temps et les bulletins météorologiques*. Documentation météorologique, Institut météorologique de Belgique, Bruxelles, 1978, 78 p.

Exposé clair et précis de la mesure de la température et de l'humidité relative.

* DE GUICHEN, Gael, *Biblioteca, archivi e prevenzione contro gli agenti fisici*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 53-69 et dans *PACT*, 12(1985), p. 39-48 [anglais].

Risques climatiques auxquels sont exposés les différents supports d'œuvres d'art, instruments de mesure et techniques de contrôle des agents physiques.

* GALLO, Michelangelo, *Argomenti di edilizia bibliotecaria*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIII(1954), p. 110-112.

Problèmes techniques et d'organisation des magasins : température, humidité, ventilation, pollution atmosphérique, rayonnages, lutte anti-incendie.

* Institut canadien de Conservation, *Note 2.4, Trousse de vérification du milieu ambiant*, Ottawa, 1983, 1 p.

Fiche pratique pour l'exécution des contrôles des conditions ambiantes.

JAYOT, F., *L'humidité dans les dépôts d'archives : instruments et méthodes de mesure*, dans *Nouvelle gazette des archives*, (1983), n° 123, p. 232-245.

Description des instruments de mesure (thermomètre, psychromètre, hygromètre, etc.), contrôle des conditions climatiques après une inondation. Nécessité de contrôler l'évolution de la température et de l'humidité au cours du séchage.

* KECK, Caroline K., Huntington T. BLOCK, Joseph CHAPMAN, John B. LAWTON et Nathan STOLOW, *A Primer on Museum Security*, New York, 1966, 85 p.

Différents problèmes relatifs à la conservation sont envisagés : sécurité, assurance, sûreté de l'environnement, contrôle de la lumière. Le point de vue adopté est celui du conservateur de musée.

* LAFONTAINE, Raymond L., *Recommended Environmental Monitors for Museums, Archives and art Galleries*, Institut canadien de Conservation, Ottawa, 1975, 20 p.

Description des instruments de contrôle des conditions climatiques : température, humidité, lumière, pollution de l'air. Selon les moyens financiers de l'institution, l'auteur suggère les types d'instruments indispensables.

* LAFONTAINE, Raymond L., *Normes relatives au milieu pour les musées et les dépôts d'archives canadiens*, Institut canadien de Conservation, Ottawa, 1981, 4 p.

Résumé des normes en application dans des dépôts d'archives. Malgré quelques variations pour les normes de température et d'humidité particulières à ce pays, les autres normes de lumière, d'aération sont d'application pour nos régions.

* *Licht en klimaatbeheersing in musea*, éd. Provinciaal Museum voor religieuze Kunst, Sint-Truiden, 1980, 45 p.

Présentation des règles élémentaires à respecter pour le contrôle du climat et de la lumière dans les musées. Catalogue d'une exposition itinérante de l'ICCROM.

* MAC LEOD, K.J., *Relative Humidity: its Importance, Measurement and Control in Museum*, Institut canadien de Conservation, Ottawa, 1975, 15 p.

Humidité relative, mesure de la teneur en vapeur d'eau de l'air, comment celle-ci dégrade les matériaux organiques, valeurs d'humidité relative acceptables dans les musées. Les différents appareils de contrôle sont décrits et quelques méthodes de réglage sont expliquées brièvement.

* MIDDLETON, Bernard C., *Book preservation for the librarian*, dans *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 1-23.

Règles générales de conservation pour bibliothécaires : température, lumière, aération et conseils d'entretien (infection, mobilier, rangement). Problèmes posés par certains types de reliure en cuir, parchemin, tissu, daim, du point de vue de leur conservation, de leur entretien ou encore de leur restauration.

* NAVACELLE, Christine, de, *Conservazione dei documenti audiovisivi*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 113-128 et dans *PACT*, 12(1985), p. 81-90 [anglais].

Règles de conservation (température, humidité) pour les images fixes (photographies, plaques) pour les images animées (films nitrate, acétate, films couleur) et pour les supports magnétiques (bandes vidéo).

Principles of conservation and restoration in libraries, dans *IFLA journal*, V(1979), p. 292-300 et *Principles de conservation et de restauration*, dans *Bulletin des Bibliothèques de France*, 25(1982), p. 161-166.

La Fédération internationale des Bibliothèques a voulu formuler des principes de conservation et de restauration d'une manière précise mais dans des termes finalement compréhensibles pour

- les bibliothécaires et les conservateurs d'archives. Les facteurs envisagés sont la climatisation, l'éclairage, l'entretien, le mobilier, l'usage. Ces principes devraient donc être connus et appliqués.
- * SCHWARZ, Danièle, *Conservation des images fixes*, Paris, 1977, 167 p.
Manuel qui envisage tous les problèmes liés à la conservation des photographies : détérioration, traitement, conditionnement des négatifs et des papiers.
- * THOMSON, Garry, *Museum Environment*, Londres, 1978, 270 p.
Cf. biblio. partie II, § I.

II. CONTROLE DU NIVEAU D'ILLUMINATION

BANKS, Paul N., *Environmental standards for storage of books and manuscripts*, dans *Library Journal*, 95(1974), p. 339-343.

Cf. biblio. partie II, § I.

* *Climatologie et conservation dans les musées*, dans *Museum*, XIII(1960), p. 203-241 [français] 242-278 [anglais] 279-289 [annexes].

Cf. § I.

Code de bonne pratique de l'éclairage des oeuvres d'art et objets de collection, éd. par le Ministère de la Communauté française, Bruxelles, 1984, 80 p.

Aspects posés par l'éclairage des musées et galeries. Conseils pour l'exposition des différents types d'objets.

DAVID, J., *Light in museums*, dans *Museums Journal*, 85(1986), p. 203-215.

L'auteur passe en revue les différents types d'éclairage, lampes à incandescence, tubes fluorescents, lampes halogènes tungstène à bas voltage...

DE CANDIDO, R. et G.A. DE CANDIDO, *Micro-preservation : conserving the small library*, dans *Library Resources and Technical Services*, 29(1985), p. 151-160.

Cf. § I.

* DE GUICHEN, Gael, *Biblioteche, archivi e prevenzione contro gli agenti fisici*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 53-69 et dans *PACT*, 12(1985), p. 39-48 [anglais].

Cf. § I.

DEL GRECO, Giorgio, *Problemi bibliotecnici dei magazzini librari*, dans *Accademie e biblioteche d'Italia*, LI (34 ns)(1983), p. 409-430.

Systèmes de rangement et de transport dans les magasins de bibliothèques, illumination et conditionnement de l'air.

DUCHEIN, M., *La protection des archives contre la lumière solaire*, dans *Bulletin d'information sur la pathologie des documents et leur protection aux Archives de France*, (1961), p. 47-56.

Solutions adoptées en France pour la réduction de la lumière solaire : quantitativement, lors de la construction ou de l'aménagement d'archives ; qualitativement, en éliminant les radiations nocives par filtration.

* GALLO, Michelangelo, *Argomenti di edilizia bibliotecaria*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIII(1954), p. 110-112.

Cf. § I.

* Institut canadien de Conservation, *Note 2.1, Filtres anti-ultraviolets pour les lampes à fluorescence*, Ottawa, 1983, 2 p.

Fiche pratique pour l'exécution des contrôles des conditions ambiantes.

* KECK, Caroline K., HUNTINGTON T. BLOCK, JOSEPH CHAPMAN, JOHN B. LAWTON et NATHAN STOLOW, *A Primer on Museum Security*, New York, 1966, 85 p.

Cf. § I.

* LAFONTAINE, R. L., *Recommended Environmental Monitors for Museums, Archives and Art Galleries*, Institut canadien de Conservation, Ottawa, 1975, 20 p.

Cf. § I.

* LAFONTAINE, R. L., *Normes relatives au milieu pour les musées et les dépôts d'archives canadiens*, Institut canadien de Conservation, Ottawa, 1981, 4 p.

Cf. § I.

* LAFONTAINE, Raymond H., et Patricia A. WOOD, *Les lampes à fluorescence*, Institut canadien de Conservation, Ottawa, 1982, 11 p.

Description des caractéristiques techniques des tubes fluorescents, conseils pour le choix d'un éclairage artificiel en fonction du rayonnement ultraviolet (114 lampes ont été testées, mais il est difficile d'identifier ces modèles dans les catalogues disponibles en Belgique).

* *Licht en klímaatbeheersing in musca*, éd. Provinciaal Museum voor religieuze Kunst, Sint-Truiden, 1980, 45 p.

Cf. § I.

* *La lumière et la protection des objets et spécimens exposés dans les musées et galeries d'art*, éd. par l'ICOM, Paris, 1977, 43 p.

Description de la lumière et des facteurs de détérioration. Protection des oeuvres d'art à travers de nombreux exemples. Pour une approche plus récente, voir *Code de bonne pratique de l'éclairage*.

* LUSK, Carol B., *The invisible danger of visible light*, dans *Museum News*, (1975), p. 22-23.

L'auteur rappelle les détériorations causées par la lumière visible ou invisible et décrit quelques matériaux à utiliser à titre préventif.

* MAC LEOD, K. J., *Museum Lighting*, Institut canadien de Conservation, Ottawa, 1975, 13 p.

Notions générales sur la lumière: composition, sources, dégradation en fonction du type de lumière. Niveaux d'éclairage acceptables et méthodes pour atténuer l'intensité lumineuse ou éliminer des radiations nocives.

* MIDDLETON, Bernard C., *Book preservation for the librarian*, dans *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 1-23.

Cf. § I.

* PERKINSON, Roy, *On conservation: the problem of lighting works of art on paper*, dans *Museum News*, 53(1974), p. 5-7.

Questions et réponses sur des problèmes précis rencontrés lors d'exposition: difficultés posées par les différentes encres.

Principles of conservation and restoration in libraries, dans *IFLA Journal*, V(1979), p. 292-300.

Cf. § I.

* STANFORTH, S., *Les mauvais éclairages*, dans *Museum*, XXXIV(1982), p. 53-54.

Conseils pratiques et élémentaires pour protéger des effets de la lumière dans le cas d'exposition temporaire ou permanente.

III. CONTROLE DE LA QUALITE DE L'AIR

Voir § I.

BANKS, Paul N., *Environmental standards for storage of books and manuscripts*, dans *Library Journal*, 95(1974), p. 339-343.

BUCK, Richard D., *A specification of museum air conditioning*, dans *Museum News*, Technical supplement, XXXIII(1964), p. 53-57.

* GALLO, Michelangelo, *Argomenti di edilizia bibliotecaria*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIII(1954), p. 110-112.

* LAFONTAINE, R. L., *Recommended Environmental Monitors for Museums, Archives and Art Galleries*, Institut canadien de Conservation, Ottawa, 1975, 20 p.

* LAFONTAINE, R. L., *Normes relatives au milieu pour les musées et les dépôts d'archives canadiens*, Institut canadien de Conservation, Ottawa, 1981, 4 p.

Principles of conservation and restoration in libraries, dans *IFLA Journal*, V(1979), p. 292-300.

IV. PROTECTION CONTRE LES AGENTS BIOLOGIQUES

* GALLO, Fausta, *La lutte contre les micro-organismes dans les bibliothèques et les dépôts d'archives*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Moscou-Léningrad, 1963, 31 p.

Mesures préventives : climatisation, nettoyage, matériaux résistants. Procédés et produits de désinfection.

* GALLO, Fausta et Piero GALLO, *Insetti e microorganismi nemici dei libri*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXVI(1967), p. 143-190.

Voir supra.

* GALLO, Fausta, Carla MARCONI et Mariasanta MONTANARI, *Saggi sulla sensibilità ai microorganismi di carte trattate con i raggi gamma e con l'ossido di etilene*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del libro*, XXXV(1978-79), p. 63-73.

Comparaison entre des expériences de désinfection avec rayons gamma et oxyde d'éthylène.

* GALLO, Fausta, *Disinfezione e desinfestazione: problematiche ed esperienze*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del libro*, XXXIX(1984-85), p. 75-96.

Quelques méthodes chimiques de désinfection sont décrites, les résultats de tests de désinfection avec oxyde d'éthylène sont commentés.

HOULBERT, Constant, *Les insectes ennemis des livres. Leurs moeurs. Moyens de les détruire*, Paris, 1903, 270 p.

Cf. biblio. partie II, § II.

* Institut canadien de Conservation, *Note 8.1., Examen de dépistage des insectes*, Ottawa, 1986, 3 p.

Fiche pratique pour déceler la présence d'insectes dans les dépôts.

LEPESME, P., *Protection des bibliothèques et des musées contre les insectes et les moisissures*, Paris, 1943, 16p.

Cf. biblio. partie II, § II.

* MIDDLETON, Bernard C., *Book preservation for the librarian*, dans *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 1-23.

Cf. § I.

* NESHEIM, Kenneth, *The Yale non-toxic method of eradicating book-eating insects by deep-freezing*, dans *Restaurator*, 6(1984), p. 147-164.

Utilisation d'une technique de surgélation comme mesure préventive pour désinfecter les nouvelles acquisitions.

* NYUKSHA, J.P., *Biological principles of book keeping conditions*, dans *Restaurator*, 3(1979), p. 101-108.

Relation entre la teneur absolue en humidité du papier et la probabilité d'un développement fongique dans une bibliothèque.

* SZENT-IVANY, J.J. H., *L'identification des insectes nuisibles et la manière de les combattre*, dans *La conservation des biens culturels*, Musées et Monuments IX, Unesco, Paris, 1969, p. 53-70. [Egalement en anglais et en espagnol]

Cf. biblio. partie II, § II.

V. PROTECTION CONTRE LES DOMMAGES PHYSIQUES

* ADDARIO, Arnaldo, d', *Documenti conservati negli archivi*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 37-43 et dans *PACT*, 12(1985), p. 25-28 [anglais].

Compromis entre consultation et conservation, restauration : le rôle du conservateur-archiviste.

BANKS, Paul N., *Environmental standards for storage of books and manuscripts*, dans *Library Journal*, 95(1974), p. 339-343.

Cf. biblio. partie II, § I.

* BEAUMONT-MAILLET, Laure, *Le patrimoine des bibliothèques. Mesures préventives à la Bibliothèque Nationale*, dans *Rencontres internationales pour la protection du patrimoine culturel*, Avignon, 1985, p. 15-25.

Cf. biblio. partie II, § III.

* COSTANTINI, Arnoldo, *Proposte di custodie per la conservazione di particolare materiale librario*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXIV(1976-1977), p. 163-175,

Exemple d'étui coffret permettant de préserver un ouvrage restauré en conservant l'ancienne reliure.

* CRESCENZI, Victor, *Il microfilm come mezzo de conservazione negli archivi*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 96-105 et dans *PACT*, 12(1985), p. 71-76 [anglais].

Cas des microfilms.

* CRESPO-NOGUEIRA, Carmen, *La fotografia come mezzo sostitutivo per la conservazione*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 83-95 et dans *PACT*, 12(1985), p.61-69 [anglais].

Alternatives: fac-similés, reproductions photographiques, reproductions par microfilms et autres, auxquelles le conservateur peut recourir dans le cas de livres particulièrement fragiles et précieux.

DEL GRECO, Giorgio, *Problemi bibliotecnici dei magazzini librari*, dans *Accademie e biblioteche d'Italia*, LI(34 ns) (1983), p. 409-430.

Cf. § II.

* FALLOTIN, P., *Les systèmes d'alarme incendie*, dans *Rencontres internationales pour la protection du patrimoine culturel*, Avignon, 1985, p. 186-193.

Description des systèmes de surveillance et de détection d'incendie: principe de fonctionnement et sensibilité.

* GALLO, Michelangelo, *Argomenti di edilizia bibliotecaria*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIII(1954), p. 110-112.

Cf. § I.

* GALLO, Michelangelo, *Gli scaffali metallici*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIV(1955), p. 143-151.

Conseils concernant les modèles de rayonnages, leur disposition dans les magasins et les dépôts.

* GALLO, Michelangelo, *Le scaffalature mobili ed alcune osservazioni sul calcolo dello spazio nei magazzini*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XV(1956), p. 36-44.

Remarques concernant plus spécifiquement les modèles compacts de rayonnages.

* GALLO, M., *Gli scaffali metallici nelle loro parti costruttive*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XVI(1957), p.221-237.

Conseils concernant les modèles de rayonnages, leur disposition dans les magasins et les dépôts.

* GALLO, Michelangelo, *Le scaffalature nelle sale di lettura*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XVII(1958), p. 38-46.

Voir supra.

HENDERSON, James W. et Robert G. KRUPP, *The librarian as conservator*, dans *The library Quarterly*, 40(1970), p. 176-191.

* ICC, *Note 11.1 Contenants protecteurs pour le rangement des livres et autres objets en papier*, Ottawa, 1983, 4p.

* ICC, *Note 11.2 La mise en réserve des oeuvres sur papier*, Ottawa, 1986, 4 p.

* ICC, *Note 11.3 Verres et plastiques pour l'encadrement des oeuvres sur papier*, Ottawa, 1986, 4 p.

* ICC, *Note 11.4 Colle d'amidon de blé*, 1986, Ottawa, 2 p.

* ICC, *Note 11.5 Passe-partout standard pour les oeuvres sur papier*, Ottawa, 1986, 4 p.

* ICC, *Note 11.7 Le soin des reliures en cuir*, Ottawa, 1987, 4 p.

* ICC, *Note 11.8 Soutien des livres exposés*, Ottawa, 1987, 2 p.

Toutes ces notes donnent des conseils très utiles et des solutions à de nombreux problèmes concrets.

* KECK, Caroline K., Huntington T. BLOCK, Joseph CHAPMAN, John B. LAWTON et Nathan STOLOV, *A Primer on Museum Security*, New York, 1966, 85 p.

Cf. § I.

* KEMP WEIDNER, M., *Damage and deterioration of art on paper due to ignorance and the use of faulty materials*, dans *Studies in Conservation*, 12(1967), p. 5-25.

Cf. biblio. partie II, § III.

* KING, Antoinette, Wynne PHELAN et Wauren E. FALCONER, *On the choice of paper for lining works of art on ground woodpulp supports*, dans *Studies in Conservation*, 18(1973), p. 171-174.

Exemple d'examen des matériaux utilisés pour une restauration. Test d'un doublage d'œuvre sur papier bois, avec des papiers ayant différentes valeurs de pH.

* LABARRE, Albert, *Problèmes de conservation à la Bibliothèque nationale de Paris*, dans *Archives et Bibliothèques de Belgique*, 50(1979), p. 163-173.

LYDENBERG, Harry M. et John ARGHER, *The Care and Repair of Books*, New York, 1960, 122 p. *Marking Manuscripts*, Library of Congress, Preservation leaflet, n° 4, Washington D.C., 1977.

* METCALF, K.D., *The design of book stocks and the preservation of books*, dans *Restaurator*, 1(1979), p. 115-125.

* MIDDLETON, Bernard C., *Book preservation for the librarians*, dans *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 1-23.

Cf. § I.

Newsprint and its preservation, Library of Congress, Preservation leaflet, n° 5, Washington D.C., 1981.

* NEIRYNCK-DE SCHAEFDRIYVER, M., *Quelques mesures élémentaires de conservation des livres et documents graphiques*, dans *Bulletin de l'Institut royal du Patrimoine artistique*, XVIII, 1980-91, p. 155-163.

Conseils pratiques pour conservateurs, libraires ou simplement amateurs.

* NYUKSHA, J.P., *Biological principles of book keeping conditions*, dans *Restaurator*, 3, (1979), p. 101-108.

Cf. § IV.

* ORMANNI, Enrica, *La prevenzione nei confronti degli archivi su nuovi supporti*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 107-112 et dans *PACT*, 12(1985), p. 77-80 [anglais].

Cas des bandes magnétiques.

* PHILIPS, D.C. *Permanence of photocopies*, dans *Museums Journal* (1980), p. 106.

Procédés utilisés pour la reproduction des documents. Recommandation de modèles de photocopies dont le procédé est moins néfaste.

POOLE, Frazer G., *Some aspects of the conservator problems in archives*, dans *The American Archivist*, 40(1977), p. 163-171.

Principles of conservation and restoration in libraries, dans *IFLA Journal*, V(1979), p. 292-300.

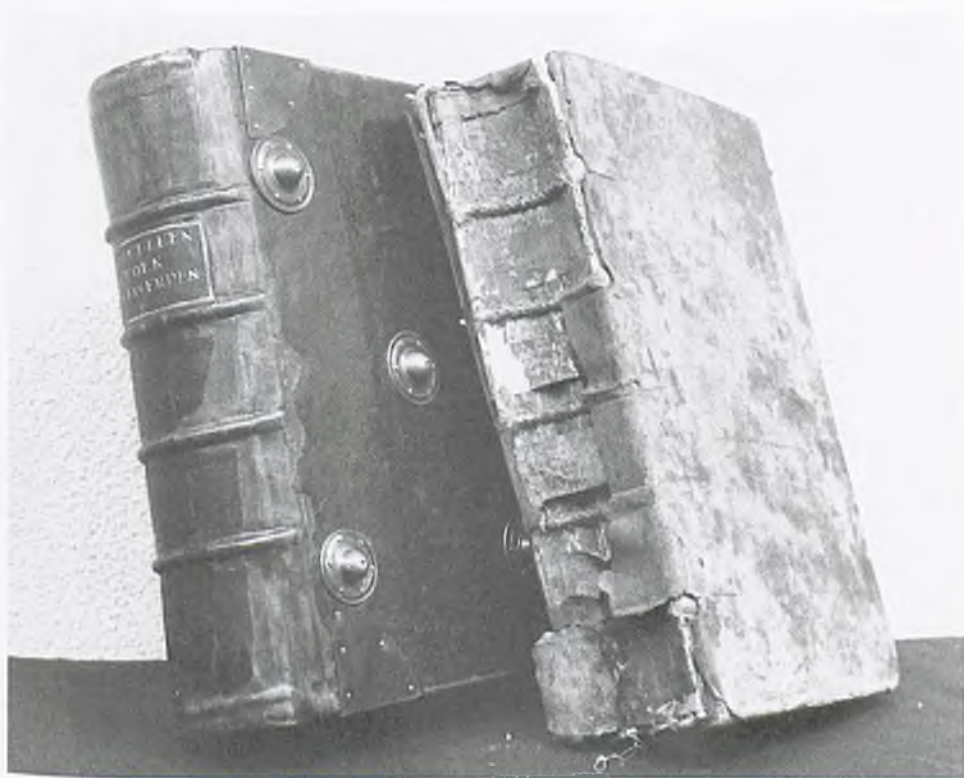
Cf. § I.

* SANDWFFH, Hermione et Sheila STAINTON, *The National Trust Manual of Housekeeping*, Harmondsworth-New York, National Trust, 1986, 273 p.

voir Bibliographie générale.

* VERGNE, M., *Musée et sécurité ou réconcilier l'inconciliable*, dans *Rencontres internationales pour la protection du patrimoine culturel*, Avignon, 1985, p. 26-41.

QUATRIEME PARTIE: METHODES CURATIVES



CHAPITRE I: DESACIDIFICATION

- I. Mesure de l'acidité
 1. Indicateurs colorés
 2. pH-mètre

- II. Procédure
 1. Inventaire des méthodes de désacidification
 2. Evaluation

- III. Lavage
 1. Tests
 2. Conclusion

- IV. Méthodes de désacidification aqueuse
 1. Hydroxyde de calcium
 2. Hydroxyde de baryum
 3. Hydroxyde de sodium
 4. Méthode de Barrow à deux bains
 5. Bicarbonate de calcium
 6. Bicarbonate de magnésium
 7. Bicarbonate de sodium
 8. Borax
 9. Chlorure de calcium et carbonate d'ammonium
 10. Les sels alcalins

- V. Méthodes de désacidification non aqueuse
 1. Acétate de magnésium
 2. Acétate de calcium
 3. Formiate de calcium
 4. Regnal 7^l et Regnal 7^p
 5. Hydroxyde de baryum
 6. Méthoxyde de magnésium
 7. Carbonate de méthyle magnésium

VI. Méthodes de désacidification de masse

1. Méthoxyde de magnésium
2. Morpholine
3. Ammoniac
4. Carbonate de cyclohexylamine
5. Diéthyl de zinc
6. Carbonate de méthyle magnésium
7. Traitements de désacidification et de consolidation

VII. Effets secondaires des traitements

1. Solubilité des encres
2. Toxicité

VIII. Conclusion : méthodes conseillées

1. Quel traitement pour quel papier ?
2. Lavage
3. Désacidification aqueuse
4. Désacidification non aqueuse

I. MESURE DE L'ACIDITE

La notion d'acidité a été définie dans l'exposé des principaux mécanismes de détérioration (voir Partie II, Chapitre 1). La mesure de l'acidité s'effectue de diverses manières, au moyen d'indicateurs colorés ou du pH-mètre.

1. Indicateurs colorés

Les indicateurs colorés sont des substances qui, par un changement de couleur, révèlent le degré d'acidité ou de basicité d'une solution. Les indicateurs les plus appropriés dans le cas du papier sont le rouge de chlorophénol, le vert de bromocrésol et le bleu de bromophénol. Chaque indicateur vire entre des valeurs de pH bien précises qui prennent le nom de zone de virage. Par un système de micro-taches, on peut déterminer le pH du papier avec une précision suffisante pour des restaurateurs. En laboratoire, nous avons testé avec succès cette méthode de détermination du pH. Les taches, de petite taille, sont très discrètes et sont observées au binoculaire.

Il existe également des papiers indicateurs, papiers imprégnés d'un ou plusieurs indicateurs. A titre indicatif, nous signalons les indicateurs universels pH 0 - 14 de la firme MERCK. Les indicateurs universels, par comparaison avec une échelle chromatique, permettent une détermination du pH à une unité près. Ils varient progressivement du rouge au violet, de l'acidité à l'alcalinité, en passant par toute l'échelle des pH. Cette technique signalée par plusieurs auteurs apparaît cependant peu convaincante dans la pratique [1-5]*. Lors de nos tests, nous avons constaté que la couleur de ces indicateurs variait très peu en fonction du pH : il est difficile de donner une valeur relativement précise de l'acidité par cette méthode.

TABLEAU 7
Indicateurs colorés

	3	4	5	6	7
bleu de bromophénol	3,0 jaune		4,6 bleu		
vert de bromocrésol		3,8 jaune		5,4 vert	
Rouge de chlorophénol			4,8 jaune orange		6,4 pourpre

* Les chiffres entre crochets renvoient aux références bibliographiques. Celles-ci sont classées suivant l'ordre des chapitres.

Un marqueur est également disponible sur le marché, sous le nom d'archivist's pen. Il utilise le vert de bromocrésol comme indicateur coloré (vert 5,4, bleu 4,5, jaune 3,8). Les observations sont faites de 1 à 5 minutes après avoir marqué le papier. Cette méthode donne une bonne estimation du pH de surface, en corrélation avec les mesures réalisées avec l'électrode de contact ou les microtaches d'indicateurs colorés [21]. Malheureusement, il reste une tache difficile à enlever sur le papier.

2. pH-MÈTRE

Le pH-mètre est un appareil permettant de mesurer le pH d'une solution. Il s'agit essentiellement d'un potentiomètre que l'on relie à deux électrodes dont l'une, en verre, est sensible à la concentration en ions H^+ . Dans les systèmes les plus modernes, les deux électrodes sont combinées en une seule à surface plate. On peut ainsi mesurer le pH de surface [61]. Ces appareils donnent une lecture digitale directe de la valeur mesurée. Avant toute mesure, ils doivent être calibrés avec des solutions *tampons* à pH connu.

Cette méthode n'est pas destructrice mais elle peut parfois laisser une auréole jaunâtre sur de vieux papiers. En pratique, on dépose sur le papier une goutte d'eau distillée avec une pipette. L'électrode à surface plate est placée sur la tache humide. Le pH est enregistré après 3 minutes. La moyenne de trois mesures est calculée au 0,1 près.

Une mesure plus précise s'obtient par extraction à chaud ou à froid en immergeant un échantillon de papier dans de l'eau distillée et en mesurant le pH de la solution ainsi obtenue. Cette méthode présente le désavantage de nécessiter un fragment de papier et d'être par conséquent une méthode destructrice. Pour ces deux types de mesure on suit généralement les normes françaises (AFNOR) ou américaines (TAPPI).

II. PROCEDURE

1. Inventaire des méthodes de désacidification

La première partie du travail a consisté en une recherche bibliographique afin de réunir des informations sur toutes les techniques testées et mises au point dans les divers laboratoires de restauration de par le monde. Parmi les diverses méthodes décrites dans la littérature, certaines ont été éliminées parce qu'elles étaient déjà abandonnées dans la pratique ou étaient inefficaces à long terme.

Les différentes méthodes peuvent être classées en trois groupes. Le premier comprend les documents qui supportent un traitement aqueux. Dans le deuxième groupe, on classe les oeuvres réalisées avec des pastels, des aquarelles, du fusain ou des encres solubles : on doit recourir à d'autres solvants pour les traiter. Enfin, des procédés à grande échelle sont de plus en plus souvent étudiés, ils utilisent des procédés gazeux ou semi-gazeux.

2. Evaluation

L'objectif de ces recherches est précis : il s'agit de pouvoir recommander aux restaurateurs des méthodes de désacidification qui, après expérience et examen des résultats, se révéleront efficaces, faciles à préparer, simples à utiliser, inoffensives et non toxiques.

Par la désacidification, on cherche à atteindre un ou plusieurs des objectifs suivants : la neutralisation de l'acidité, l'élimination ou l'extraction des substances acides du papier et l'apport d'une réserve alcaline de 400 à 600 meq/kg (milli-équivalent/kg) [19].

Pour évaluer la validité d'une méthode de désacidification donnée, on considère les points suivants : l'effet sur le pH et la réserve alcaline (y compris après vieillissement), l'effet sur la résistance mécanique du papier : la résistance à la pliure et à la traction, le degré de *polymérisation* (y compris après vieillissement), le jaunissement (y compris après vieillissement), la décoloration ou la dissolution de certaines encres ou pigments et enfin la toxicité des produits.

De nombreux paramètres interviennent lors d'une opération de désacidification : la nature de la solution désacidifiante, sa concentration, son mode d'application (immersion, vaporisation), la composition du papier (de chiffons, chimique ou bois) ainsi que son état de conservation (pH, âge). Par commodité, nous désignerons le papier composé essentiellement de pâte chimique de bois par le terme papier chimique et le papier comprenant un important pourcentage de pâte mécanique de bois par le terme papier bois. Tous les résultats illustrés par graphes ont été obtenus après vieillissement artificiel sec ou humide.

Un article intitulé « *Practical Deacidification* » présentant de manière détaillée nos recherches sur ce sujet paraîtra sous peu dans *Restaurator*.

III. LAVAGE [10-17-19-35-40-41-46]

Avant de présenter les différentes méthodes de désacidification, il faut parler du lavage du papier. Ce traitement ne peut être considéré comme une désacidification car les objectifs de celle-ci ne sont pas atteints. Toutes les substances acides ne sont pas éliminées, tous les groupes acides ne sont pas neutralisés et surtout, il n'y a pas formation d'une réserve alcaline. Nous avons mesuré l'incidence du lavage sur les résultats d'une désacidification postérieure.

1. Tests

Nous avons effectué une série de tests sur des papiers de différentes compositions. Plusieurs températures, diverses concentrations d'alcool ainsi que de nombreuses durées d'immersion ont été expérimentées. Nous avons ainsi déterminé expérimentalement un procédé idéal de lavage (Voir § VIII).

Au cours du vieillissement naturel du papier, des ponts hydrogène se forment de fibre à fibre, contraignant ces dernières à se comprimer les unes sur les autres. Le papier durcit, sa souplesse diminue et il devient peu à peu cassant car les contraintes mécaniques ne peuvent plus se répartir sur toute la longueur des fibres.

Grâce au lavage, les liens entre les fibres sont peu à peu remplacés par des liens entre fibres et molécules d'eau moins contraignants. Les fibres du papier gonflent dans l'eau et se redispent de manière moins contraignante lors du séchage. Le papier retrouve une certaine souplesse. Le lavage seul ne suffit cependant pas pour améliorer la résistance mécanique du papier après vieillissement. Mais un lavage avant la désacidification entraîne une forte augmentation du nombre de plis par rapport à un papier seulement désacidifié (Fig. 66). En général, un lavage améliore le pH, ce qui est normal

puisque l'on élimine des substances acides. L'effet n'est cependant pas très spectaculaire (désacidifié pH 8, lavé désacidifié pH 8,5). Les réserves alcalines augmentent également.

Après un lavage, les papiers de chiffons et chimiques blanchissent. Les poussières, la saleté ainsi que certains produits de dégradation sont éliminés par le lavage. Par contre, le papier contenant de la pâte de bois jaunit nettement. Il est certain que les produits de dégradation, les poussières et la saleté sont aussi éliminés pour ce type de papier. Mais il est connu que les produits dérivés de la lignine jaunissent en milieu basique. Or l'eau du robinet est légèrement basique (pH 7,8) ce qui explique le jaunissement.

2. Conclusions

Le lavage améliore les qualités physico-chimiques du papier. Un léger jaunissement peut être noté lors du lavage à l'eau du robinet de papier à base de pâte de bois. Il est manifeste que le lavage avant une désacidification améliore très nettement la résistance du papier vis-à-vis du vieillissement, tant du point de vue de la résistance mécanique, du pH que de la blancheur. Dans la mesure du possible, il faudra toujours laver un papier avant de le désacidifier par une méthode aqueuse. Le mode opératoire le plus efficace sera exposé plus loin (Voir § VIII).

Les résultats de nos travaux sur le lavage sont présentés dans un article intitulé « *The Washing of Paper* » qui doit paraître dans le prochain numéro de *The paper conservator*.

IV. METHODES DE DESACIDIFICATION AQUEUSE

Six techniques n'ont pas été testées parce qu'elles étaient déjà abandonnées dans la pratique ou étaient inefficaces à long terme voire nocives ou même dangereuses.

Quatre méthodes ont été retenues afin de sélectionner celles qui seraient satisfaisantes par leur efficacité et leur innocuité. Il s'agit de traitements à l'hydroxyde de calcium, au bicarbonate de calcium, au bicarbonate de magnésium et au borax.

1. Hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [10-17-27-40-41-47]

On relève les points suivants : une chute de la résistance au pliage pour certains papiers, une légère dépolymérisation après un vieillissement sec (VS), des pH encore élevés après vieillissement. Ce traitement ne jaunit pas le papier de chiffons. Le pH de la solution est très élevé et il peut entraîner un changement de couleur des colorants organiques et de certaines encres ferro-galliques. Cette solution est facile à préparer mais elle est peu stable en présence d'air : l'hydroxyde de calcium réagit avec le dioxyde de carbone de l'air et précipite sous forme de carbonate de calcium.

Tests. Après une première série de tests, nous avons conclu que l'hydroxyde de calcium était satisfaisant bien que la réserve alcaline soit faible. Le pH reste supérieur à 7 après vieillissement. Nous avons observé après traitement et vieillissement artificiel (VA) une bonne résistance mécanique de tous les papiers testés. Le papier de chiffons n'a pas jauni directement après traitement mais bien les papiers chimique et bois. Mais

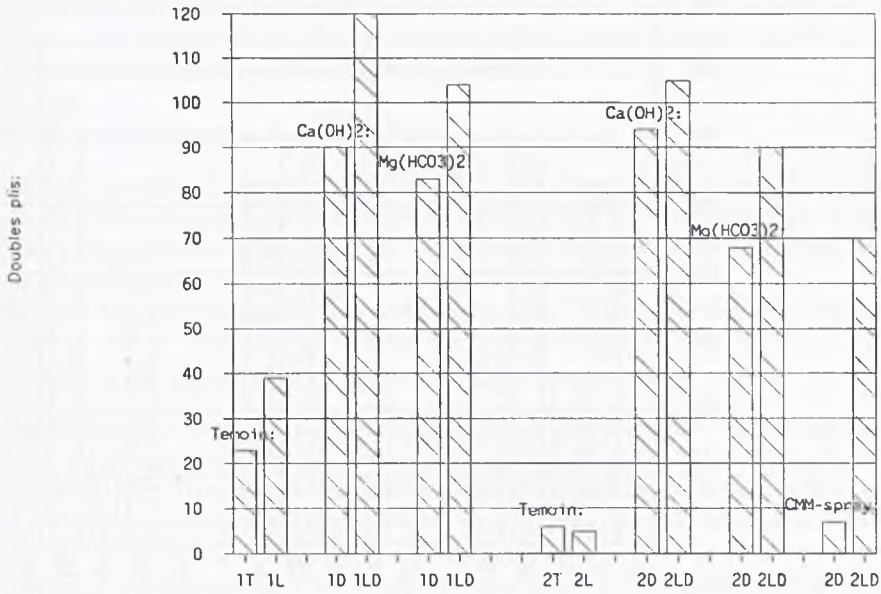


Fig. 66. Effet du lavage avant désacidification sur la résistance aux plis après vieillissement accéléré. Papier chimique (1) bois (2); témoin (T) lavé (L) désacidifié (D) lavé désacidifié (LD).

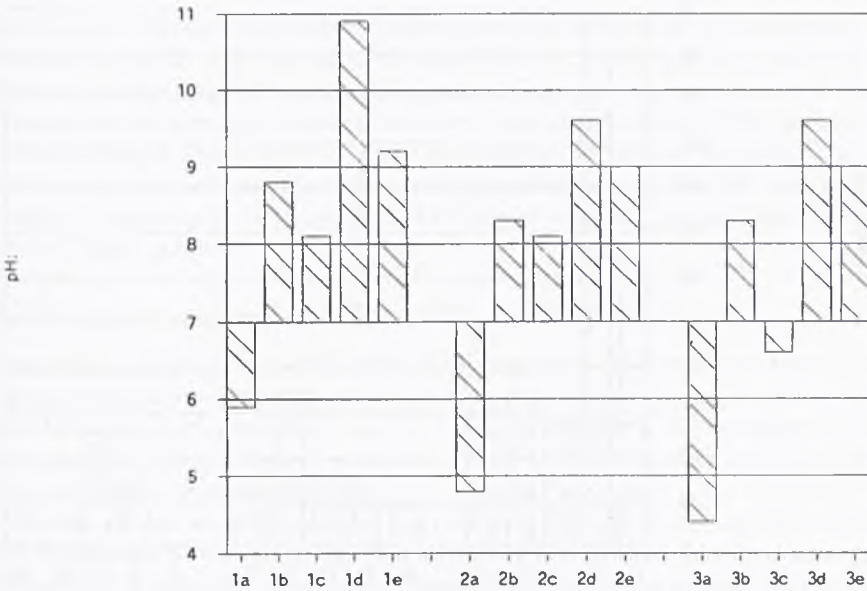


Fig. 67. pH d'extraction après désacidification et vieillissement de papier de chiffons (1) chimique (2) bois (3); témoin (a) Ca(OH)_2 (b) $\text{Ca(HCO}_3)_2$ (c) $\text{Mg(HCO}_3)_2$ (d) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (e).

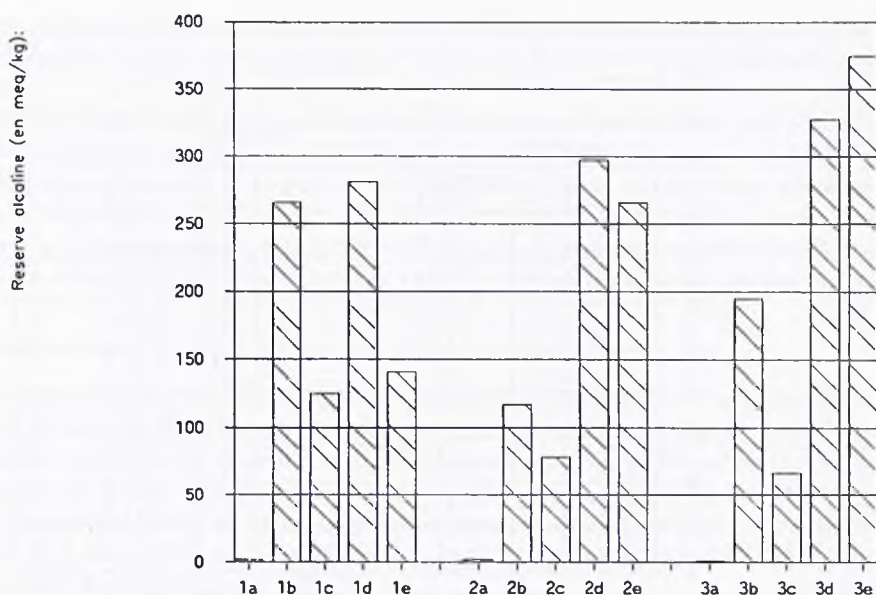


Fig. 68. Réserve alcaline après désacidification et vieillissement de papier de chiffons (1) chimique (2) bois (3); témoin (a) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (b) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (c) $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (d) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (e).

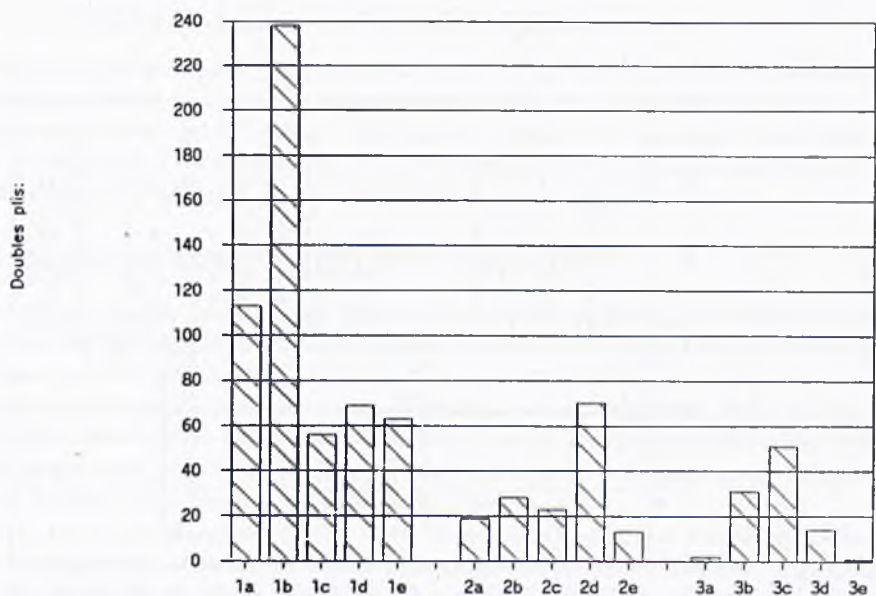


Fig. 69. Résistance au double pli après désacidification et vieillissement de papier de chiffons (1) chimique (2) bois (3); témoin (a) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (b) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (c) $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (d) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (e).

le jaunissement est ralenti pendant le vieillissement artificiel. Les résultats sont meilleurs si le traitement est précédé d'un lavage eau/alcool. Nous avons aussi noté que les papiers de chiffons présentaient un léger relief en surface.

2. Hydroxyde de baryum $Ba(OH)_2$ [10]

L'hydroxyde de baryum est plus soluble que l'hydroxyde de calcium mais il est toxique. Il est souvent utilisé en solution avec du méthanol (voir § V) mais il pourrait également être employé en solution aqueuse. Cependant cela présenterait peu d'intérêt par rapport à l'hydroxyde de calcium non toxique et simple à préparer.

Abandon. Faute de renseignements techniques, nous n'avons pas testé cette méthode.

3. Hydroxyde de sodium $NaOH$ [10-15-18-22]

L'hydroxyde de sodium ou soude caustique est une base forte [10]. Elle change la couleur des encres manuscrites, de certains pigments d'aquarelles et de quelques encres d'impression [15]. Il est évident que cette technique est inutilisable pour des manuscrits écrits avec des encres solubles à l'eau ou sensibles aux bases fortes. L'inconvénient majeur de ce traitement est le rétrécissement des feuilles [22].

Abandon. La soude caustique est une base beaucoup trop forte pour être utilisée dans un traitement du papier. Les papiers anciens sont, pour des raisons chimiques, particulièrement sensibles aux alcalis.

4. Méthode BARROW à deux bains [10-13-19-35-41]

Ce traitement comprend un bain d'hydroxyde de calcium suivi d'une immersion dans du bicarbonate de calcium. La résistance mécanique est bonne après traitement et vieillissement. Les valeurs de pH sont satisfaisantes et le papier ne jaunit pas [13]. Cependant la réserve alcaline reste basse après un seul traitement complet. Elle est inférieure à la réserve obtenue avec la méthode en un seul bain de bicarbonate de magnésium [19]. Il faudrait sept traitements pour augmenter la réserve jusqu'à 400-600 meq/kg.

Abandon. Ce traitement est long comparé à l'efficacité que l'on peut en attendre et nous ne l'avons donc pas testé.

5. Bicarbonate de calcium $Ca(HCO_3)_2$ [10-13-19-27-30-35-41]

D'après les indications recueillies dans la bibliographie, cette méthode ralentirait les processus d'hydrolyse et d'oxydation de la cellulose. Ce ralentissement a été estimé par mesure du degré de *polymérisation* et de la résistance à la pliure et à la rupture [30]. Le pH augmente très peu. Même en augmentant la concentration de la solution les résultats ne sont guère satisfaisants [13].

Tests. Nous avons observé que le pH des papiers augmente moins après le traitement avec le bicarbonate de calcium qu'après le traitement avec l'hydroxyde de calcium. Après vieillissement, il est inférieur à 7 pour le papier bois. La réserve alcaline est très basse, c'est la plus faible des réserves obtenues avec un traitement aqueux. Le papier bois jaunit. La résistance aux plis est mauvaise après vieillissement. Vu les résultats, nous avons

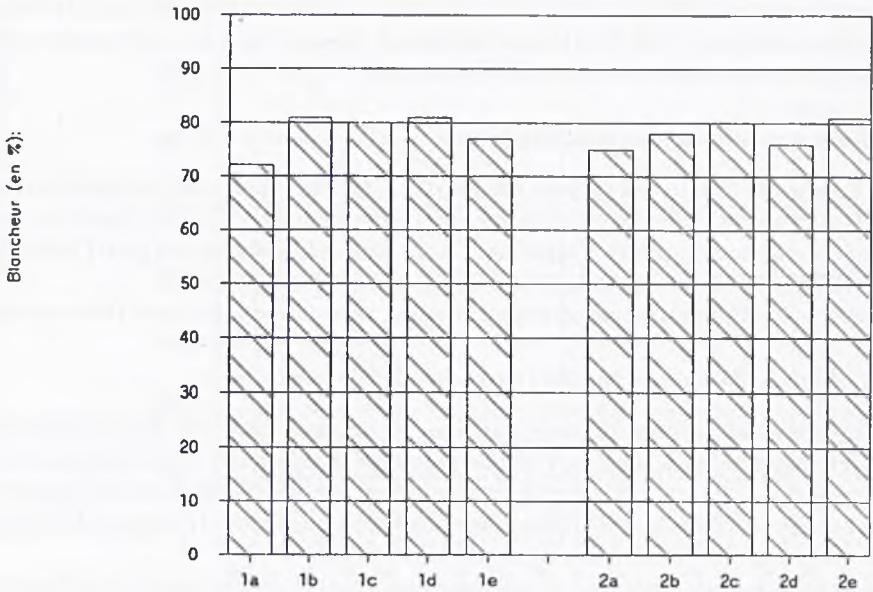


Fig. 70. Blancheur après désacidification et vieillissement de papier de chiffons (1) chimique (2); témoin (a) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (b) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (c) $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (d) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (e).

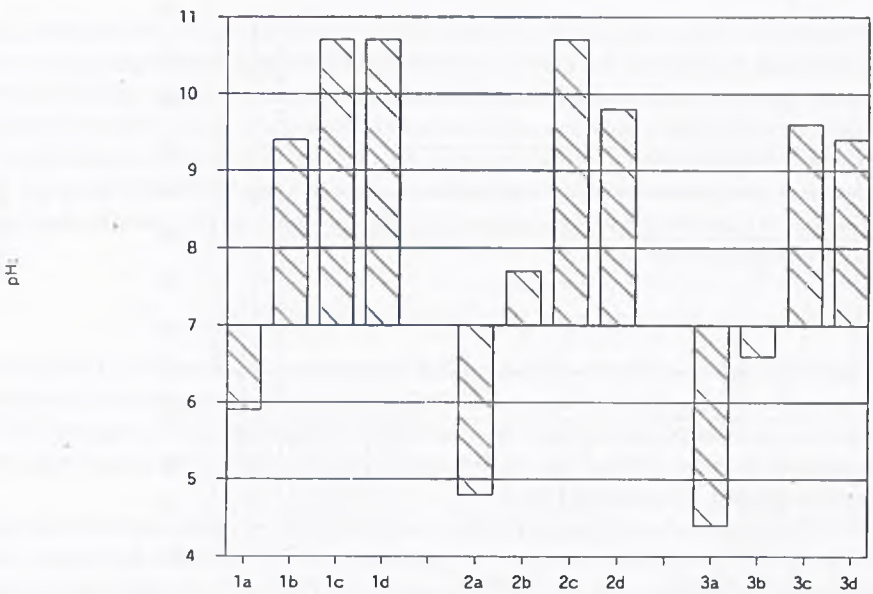


Fig. 71. pH d'extraction après désacidification et vieillissement de papier de chiffons (1) chimique (2) bois (3); témoin (a) $\text{Ba}(\text{OH})_2$ (b) CMM_{min} (c) CMM_{sp} (d).

conclu que le traitement au bicarbonate de calcium n'était pas satisfaisant et nous ne le recommandons pas.

6. Bicarbonate de magnésium $Mg(HCO_3)_2$ [7-10-13-17-18-19-27-30-35-41-44-46]

Diverses solutions à base de magnésium telles l'acétate de magnésium, le carbonate et le bicarbonate ont été testées d'après les ouvrages consultés. Toutes améliorent la résistance à la pliure du papier mais c'est le bicarbonate qui donne les meilleurs résultats : renforcement de la résistance au pliage, du degré de *polymérisation* et de viscosité de la cellulose. Le pH augmente nettement après traitement et demeure élevé après vieillissement artificiel [13]. La réserve alcaline de vieux papiers traités est basse et diminue après vieillissement. C'est un type de traitement efficace à brève échéance mais insuffisant à long terme [17]. Ce traitement jaunit légèrement le papier [13-30]. On constate parfois après traitement, un léger relief à la surface du papier. Après séchage complet, le bicarbonate se dépose sous forme de cristaux de carbonate de magnésium. Des essais de réduction de la concentration n'ont pas empêché la formation du « gritting » (relief à la surface du papier) même s'il est moins apparent. Il est entendu que plus la concentration est forte, plus il y a de risque de gritting [17].

Tests. Dans l'ensemble, nous avons observé que la résistance mécanique est meilleure pour les différents papiers après vieillissement. Le pH est élevé après traitement et diminue peu après vieillissement sec et fortement après vieillissement humide. La réserve alcaline est bonne et stable. Le jaunissement des échantillons traités est légèrement supérieur à celui des témoins après vieillissement. Nous n'avons pas observé de « gritting ». Nous avons retenu cette méthode vu la très bonne résistance des papiers après vieillissement.

7. Bicarbonate de sodium $NaHCO_3$ [10-13-15-36-40]

Les carbonate et bicarbonate de sodium ont des propriétés chimiques fort semblables à celles de l'hydroxyde de sodium : ils risquent de décolorer les encres ou les pigments [15]. Avec ce traitement, la résistance mécanique diminue, la réserve alcaline est basse et le papier jaunit.

Abandon. Vu les résultats mentionnés dans la littérature, nous n'avons pas testé cette méthode.

8. Borax $Na_2B_4O_7$ [10-13-14-15-17-18-27-32-41]

Les tests physico-chimiques après traitement montrent une faible diminution de la résistance à la pliure et à la déchirure. Après vieillissement artificiel, la résistance de ces papiers est bonne. Ces résultats ont été obtenus avec des papiers neufs [13]. Pour SANTIUCCI le degré de *polymérisation* (DP) de la cellulose diminue de moitié après vieillissement humide par rapport au papier traité avec l'hydroxyde de calcium [32]. HEY soulignait aussi une chute du DP en vieillissement humide en présence de fer [15-17]. HEY et FLIEDER ont noté un jaunissement [13-15-17].

Le choix de la concentration en borax est important. A 2 %, la réserve alcaline augmente mais il faut 4 à 5 % pour qu'elle soit suffisante [13]. La solution de borax est alcaline.

line et peut changer la couleur des encres manuscrites, éclaircir les encres ferro-galliques qui virent au brun jaune, modifier des aquarelles ainsi que des colorants d'encres d'imprimerie. Ces réactions dépendent de la concentration de la solution [15].

Tests. Nous déconseillons vivement l'utilisation du borax pour du papier bois. La perte de résistance est totale déjà après traitement. Cette constatation nous a paru suffisante pour éliminer ce traitement en présence de pâte mécanique. Ce type de papier n'avait pas été testé dans les publications consultées. Pour les autres papiers, il est satisfaisant du point de vue mécanique après vieillissement artificiel. Le pH est élevé même après vieillissement et la réserve alcaline reste très bonne. Nous avons noté un ralentissement du jaunissement après vieillissement sec. Les jaunissements mesurés par FLIEDER et HEY ont été mesurés après vieillissement humide.

Plusieurs recherches et études ont souligné une très forte dégradation de la cellulose après vieillissement humide. Nous avons donc refait des tests avec de la cellulose pure dont la résistance à la pliure après vieillissement humide a été mesurée. Il apparaît que le borax est meilleur que l'hydroxyde de calcium : les résultats sont de deux à dix fois supérieurs. Après ces nouvelles expériences, nous ne pouvons, jusqu'à preuve du contraire, éliminer ou déconseiller l'utilisation du borax pour la désacidification du papier de chiffons et du papier chimique.

En conclusion, nous ne pouvons retenir cette méthode pour le papier bois mais elle est satisfaisante pour les autres papiers.

9. Chlorure de calcium / carbonate d'ammonium $\text{CaCl}_2/(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ [44]

Ce traitement comprend deux bains : une solution de chlorure de calcium et une solution de carbonate d'ammonium. Il y a précipitation de carbonate de calcium dans le papier. Aucune information complémentaire n'est donnée par J. WILLIAMS [44].

Abandon. Nous avons rejeté ce traitement à cause du manque de données techniques. Par ailleurs, le risque de résidus de chlorure d'ammonium nous semble assez dangereux : il faut prévoir des traitements supplémentaires pour extraire ce composé.

10. Les sels alcalins [10-27]

La méthode *tampon* expérimentée par les chercheurs russes a pour but de neutraliser l'acidité présente dans le papier et de maintenir le pH entre 6,5 et 7,5 [10]. D'après les résultats publiés, le pH atteint rarement une valeur supérieure à 7 [27]. Aucune analyse de la réserve alcaline n'a été réalisée dans l'étude russe.

Abandon. Nous avons rejeté ce traitement étant donné que son optique était différente et ne cherchait pas à apporter au papier une réserve alcaline suffisante.

V. METHODES DE DESACIDIFICATION NON AQUEUSE

Nous avons testé trois traitements parmi les sept recensés dans la littérature : l'acétate de calcium, l'hydroxyde de baryum et le carbonate de méthyle magnésium.

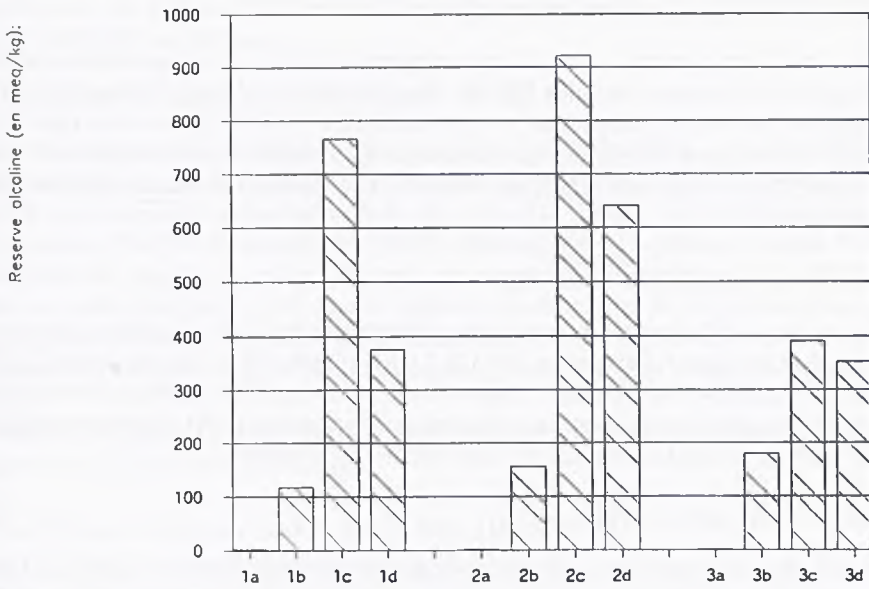


Fig. 72. Réserve alcaline après désacidification et vieillissement de papier de chiffons (1) chimique (2) bois (3); témoin (a) $Ba(OH)_2$ (b) CMM_{min} (c) CMM_{vap} (d).

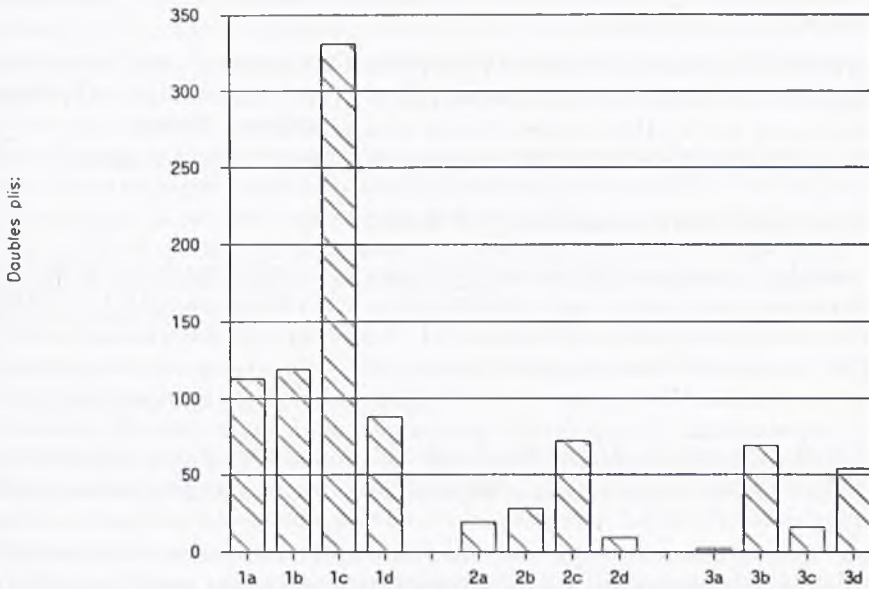


Fig. 73. Résistance au double pli après désacidification et vieillissement de papier de chiffons (1) chimique (2) bois (3); témoin (a) $Ba(OH)_2$ (b) CMM_{min} (c) CMM_{vap} (d).

1. Acétate de magnésium [13-16-29-31]

Pour SANTUCCI, ce traitement induit un jaunissement et une dégradation considérables après vieillissement humide [29-31]. Par hydrolyse, l'acétate de magnésium résiduel produit de l'acide acétique qui attaque la cellulose [16]. FLIEDER avait rejeté cette méthode parce que le pH par extraction des papiers traités restait inférieur à 7 [13].

Abandon. Les avis sont unanimes pour écarter cette méthode et elle est définitivement déconseillée.

2. Acétate de calcium [12-16-28-33]

Des essais ont été effectués en Italie avec différents solvants : les résultats sont très différents selon le mode d'application [28-33]. Le pH diminue au cours du temps [12-28].

Tests. Ce traitement n'a pas fait l'objet d'une étude complète, seulement une mesure du pH de surface. Quelques essais montrent que les valeurs de pH obtenues après plusieurs jours de vieillissement naturel sont encore peu élevées.

3. Formiate de calcium [28]

Les résultats obtenus avec cette méthode ne sont pas convaincants. Après un traitement par immersion de 24 heures, il faut 15 jours pour que les valeurs de pH par extraction atteignent la valeur 7. Les autres modes d'application, pinceau ou vaporisation, donnent des résultats encore moins encourageants [28].

Abandon. Les résultats cités ne sont pas satisfaisants.

4. Regnal 7^D / 7^P [13-41]

Ces produits commercialisés par la World Patent Corporation sont à base d'acétate de magnésium (7^P) ou d'hydroxyde de baryum (7^D) [41]. FLIEDER a écarté ce type de produits parce que le pH des papiers traités restait inférieur à 7 [13].

Abandon. Ces produits sont inefficaces pour neutraliser des papiers acides.

5. Hydroxyde de Baryum Ba(OH)₂ [3-9-13-19-31-35]

D'après les observations relevées dans la littérature, ce traitement donne de bons résultats de résistance mécanique après traitement et après vieillissement [13]. Le pH augmente et se maintient après vieillissement [31]. Les réserves alcalines mesurées sont faibles [19]. A cause de la forte alcalinité de la solution, il y a un risque de changement des teintes des pigments ou des encres [3-9-19]. Cette technique est toxique et doit être utilisée avec précaution. D'un point de vue pratique, une solution claire d'hydroxyde de baryum est très difficile à obtenir. Le dioxyde de carbone de l'air peut transformer partiellement l'hydroxyde en carbonate. Il faut toujours veiller à utiliser une solution limpide [31].

Tests. La résistance mécanique des échantillons après traitement et vieillissement est supérieure à celle des témoins, quelle que soit la composition du papier. Le pH de surface est élevé et se maintient après vieillissement. Le papier jaunit au cours du traitement mais ce jaunissement ralentit au cours du vieillissement : la blancheur est supé-

rieure à celle qui a été mesurée pour le témoin ou mesurée après le traitement au carbonate de méthyle magnésium.

6. Méthoxyde de magnésium [13-19-20-31-35-36]

Le traitement avec le méthoxyde de magnésium peut être réalisé avec du méthoxyde prêt à l'emploi vendu par la Wei T'o Corporation et fabriqué selon la méthode de R. SMITH ou en synthétisant le méthoxyde soi-même [13-19-25]. La méthode utilisant le vaporisateur Wei T'o Corporation a dû être abandonnée. L'orifice se bouche lorsque l'humidité est trop élevée et le méthoxyde de magnésium se transforme en oxyde sous forme de gelée blanche [13-19]. Cette méthode présente aussi d'autres inconvénients : saignement des encres, modification des couleurs [19]. Le traitement réduit un peu la blancheur mais après vieillissement les papiers traités sont plus blancs que les témoins [13-31].

Abandon. Ce produit n'a pas été testé. Nous avons préféré tester le carbonate de méthyle magnésium. Celui-ci est plus stable.

7. Carbonate de méthyle magnésium CMM [14-20-25-35]

Le traitement avec le carbonate de méthyle magnésium élimine les difficultés rencontrées avec le méthoxyde de magnésium, grâce à sa plus grande stabilité à l'air humide. Cette stabilité empêche une précipitation prématurée et minimise les dépôts à la surface du papier [20-35]. KELLY note que ce traitement donne une bonne résistance mécanique après vieillissement. Les mesures de blancheur sont également satisfaisantes. Après vieillissement, le pH a légèrement augmenté. Il est supérieur à 9. La réserve alcaline est stable [14]. Cette réserve s'ajoute directement après traitement sous forme de carbonate de magnésium, forme connue comme permanente, non toxique et inoffensive pour le papier [25]. Ce traitement peut être effectué par immersion, appliqué au pinceau ou avec un vaporisateur à pompe.

Tests. Nos résultats de tests mécaniques ont été très bons après traitement et vieillissement. Seuls les papiers contenant de la pâte mécanique ont perdu un peu de leur résistance au pliage. Le pH par extraction est élevé et stable. Les réserves alcalines sont fortes : les valeurs mesurées sont beaucoup plus élevées qu'avec les autres procédés. Nous avons relevé un jaunissement après traitement principalement pour les papiers contenant de la pâte mécanique.

VI. DESACIDIFICATION DE MASSE

La désacidification de masse est un des sujets de recherche les plus étudiés actuellement. Cette technique présente des avantages importants : elle permet de traiter plusieurs centaines de volumes simultanément sans devoir les démonter. Ce sont les papiers de la fin du XIX^e et du XX^e siècle qui sont les plus acides. Ce sont aussi les plus nombreux.

Vu les installations requises pour ces traitements, il n'était pas possible de les évaluer dans les conditions réelles d'application. Nous avons testé la méthode à base de carbonate de méthyle magnésium par vaporisation. Nous avons également testé une solution

commerciale. L'étude approfondie et l'expérimentation des techniques de désacidification de masse est prévue prochainement à l'IRPA.

1. Méthoxyde de magnésium [13-14-35-37-39-51-53-54-56]

Dans cette méthode, on utilise une solution de méthyoxycarbonate de magnésium diluée avec du fréon 12, dichlorodifluorométhane. Elle est envoyée sous pression dans un autoclave contenant les volumes à traiter [11-14-37-39]. Ce système présente les mêmes inconvénients que ceux exposés pour l'immersion : des déplacements d'encres, de couleurs peuvent se produire [35].

2. Morpholine [14-42-53]

Ce procédé n'est pas satisfaisant à longue échéance et présente de gros risques pour les papiers modernes contenant de la pâte mécanique en plus ou moins grande quantité.

3. Ammoniac [13-19]

Cette méthode de désacidification n'est pas satisfaisante : elle n'est pas permanente à cause de la volatilité de l'ammoniac.

4. Carbonate de cyclohexylamine [23-53]

Ce produit est également volatil et disparaît rapidement. De plus il est extrêmement toxique. Le carbonate est hydrolysé par l'humidité atmosphérique et formerait de la cyclohexylamine qui possède un potentiel carcinogène et *mutagène* et provoque des irritations des yeux et de la peau.

5. Diéthyl de zinc [8-20-35-49-51-53-54-56-58]

Cette méthode est testée à la Library of Congress à Washington. Elle offre de nombreuses qualités : une bonne volatilité, des propriétés chimiques idoines et un coût raisonnable. Cependant le produit de base utilisé est fortement explosif.

6. Carbonate de méthyle magnésium par vaporisation CMM-vap
[8-14-26-38 39-48-49-51-53-55-56]

La solution de carbonate de méthyle magnésium est diluée avec du fréon 12. Les résultats sont très bons : réserve alcaline suffisante [14], absence de jaunissement et de dépôt de poudre blanche [8-26-37-39]. Ce système est appliqué au Canada et en France.

Tests. Nous avons testé le carbonate de méthyle magnésium par vaporisation et avons comparé les résultats avec ceux d'un vaporisateur vendu dans le commerce (Paper Treatment Spray n° 2 : 0,033M). Les meilleurs résultats du point de vue de la résistance mécanique sont obtenus avec les concentrations de 0,02 et 0,03 M. Les papiers à base de pâte mécanique ont moins jauni qu'avec le traitement par immersion. Il faut une concentration minimale de 0,02 M pour que le pH soit supérieur à 7. Ce n'est qu'au-delà de 0,02M que la réserve alcaline est supérieure à 200 meq/kg papier. En considérant le meilleur

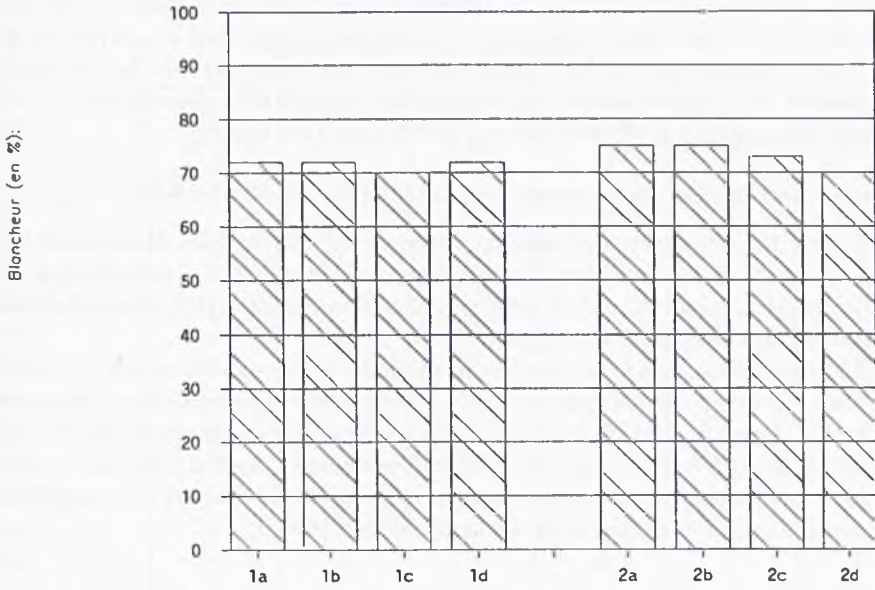


Fig. 74. Blancheur après désacidification et vieillissement de papier de chiffons (1) chimique (2); témoin (a) $Ba(OH)_2$ (b) CMM_{min} (c) CMM_{vap} (d).

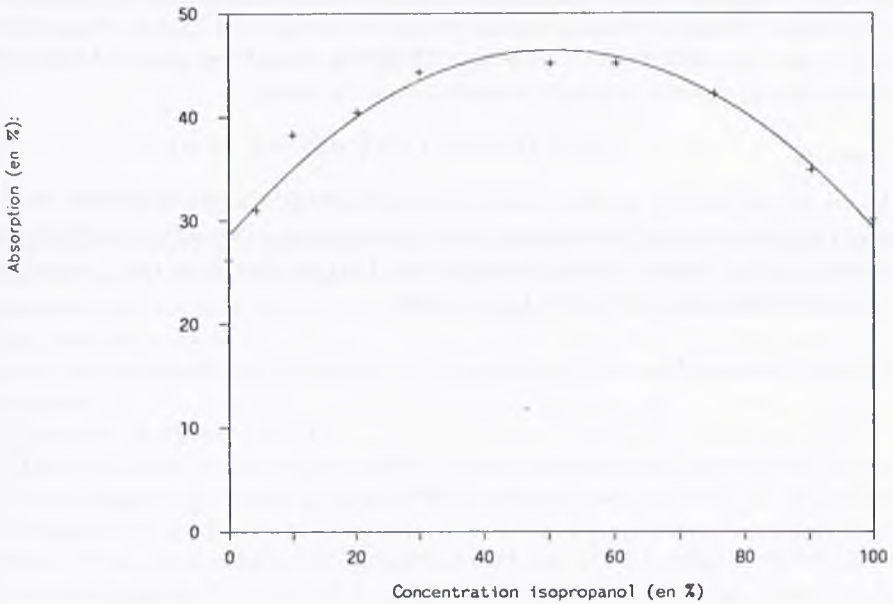


Fig. 75. Effet de la concentration en iso-propanol sur l'extraction totale.

rendement réserve alcaline/résistance à la pliure, nous avons sélectionné la solution à 0,025 M. Les résultats obtenus avec cette concentration sont supérieurs à ceux de PTS n° 2. Ceci s'explique par la plus grande quantité de solution déposée par le vaporisateur manuel. Avec un atomiseur, les pertes dans l'air sont plus importantes et le débit est plus faible. Aucun dépôt ou effet de «gritting» n'a été observé.

7. Traitement de désacidification et de consolidation [49-52-53-59-60]

A Vienne, les journaux reliés (seule la couverture est enlevée) sont désacidifiés et consolidés en une seule opération. La solution est composée de méthylcellulose et d'hydroxyde de calcium [49-53] ou de bicarbonate de magnésium [59]. Après traitement, les volumes sont séchés par congélation.

A la British Library, on expérimente une méthode de consolidation avec un mélange d'acrylate d'éthyle et méthacrylate de méthyle comprenant une exposition à des rayons. La solution désacidifiante est à base de méthacrylate diméthylaminoéthyle [49-52].

En République Démocratique Allemande, le système à l'étude à Leipzig consisterait à fendre les documents et à intercaler un nouveau support de *linters* de coton après désacidification aqueuse avec de l'hydroxyde de calcium [49-60].

VII. EFFETS SECONDAIRES DES TRAITEMENTS

1. Dissolution des encres et des pigments

L'action des solutions désacidifiantes a été testée sur différentes encres et sur des pigments (voir tableau 8). Les documents anciens sont le plus souvent rédigés avec des encres ferro-galliques. Des encres modernes de teintes diverses ont été également soumises à des expérimentations ainsi que l'encre de stylo à bille et quelques pastels. Quinze pigments minéraux et trois pigments organiques ont été testés.

2. Toxicité

Aucun des produits ne semble vraiment dangereux sous sa forme finale. Le restaurateur sera cependant attentif aux mises en garde accompagnant l'utilisation de l'hydroxyde de baryum et le carbonate de méthyle magnésium. On peut aussi noter que l'iso-propanol est moins toxique que le méthanol ou l'éthanol.

TABLEAU 8

Dissolution des encres et pigments

	<i>Encres fer-gal</i>	<i>Encres à écriture</i>	<i>Stylo à bille</i>	<i>Pastels</i>	<i>Pigments minéraux</i>	<i>Pigments organiques</i>
Ca(OH) ₂						
imm	—	—	0	0	—	—
flott	0	—	0	0	—	0
Mg(HCO ₃) ₂						
imm	—	—	0	0	—	—
flott	0	—	0	0	—	0
Borax						
imm	0	—	0	0	—	—
flott	0	0	0	0	0	0
Ba(OH) ₂						
imm	0	—	—	0	0	0
flott	0	0	0	0	0	0
CMM						
imm	0	—	0	0	0	0
vap	0	0	0	0	0	0
PTS n° 2	0	0	0	0	0	0

— dissolution, brunissement pour les encres ferro-galliques ; — dissolution légère, pâlisement pour les encres ferro-galliques, saignement pour les pigments 0 pas de changement ; imm : le papier est immergé dans la solution ; flott : le papier flotte à la surface du liquide.

VIII. CONCLUSION : METHODES CONSEILLEES

1. Quel traitement pour quel papier ?

Sept traitements de désacidification ont été effectués et testés. Deux traitements ont été abandonnés au terme des expériences : le bicarbonate et l'acétate de calcium. Le pH et la réserve alcaline sont trop faibles. Il faut rappeler la forte dépolymérisation pour le papier bois avec le borax.

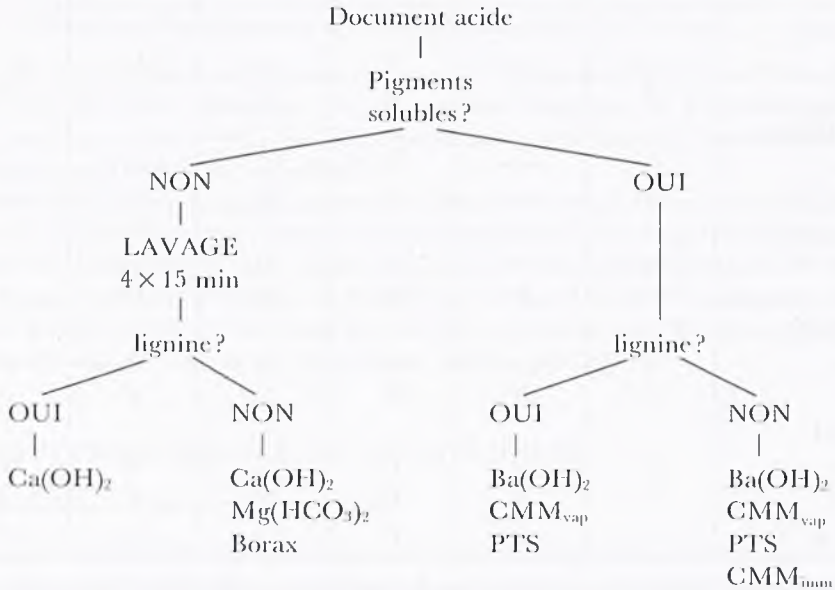
Avant de commencer les opérations de restauration, il est indispensable de tester les documents :

* Mesurer l'acidité (Voir § I)

* Tester la solubilité des encres et des couleurs : déposer une goutte d'eau avec une micro-pipette ; après absorption de celle-ci, redéposer une goutte d'eau. Si une bande de papier buvard pressée contre la zone humide reste incolore après quelques secondes, l'encre ou la couleur est insoluble dans l'eau. Il faut veiller à tester toutes les teintes présentes et non une seule. Pour les traitements non aqueux, l'eau sera remplacée par le solvant utilisé (méthanol).

- * Détecter la présence de lignine avec le réactif à base de phloroglucine (Voir Partie I, Chapitre 1, § IV)

Selon les résultats obtenus, on choisira la méthode adéquate :



2. Lavage

Avant de procéder à la désacidification aqueuse du papier, on veillera toujours à bien le laver. Une étape préliminaire consiste à dépoussiérer le document et à éliminer mécaniquement les saletés. Cette opération peut être réalisée par brosseage au pinceau, par gommage avec une gomme souple, tendre et propre ou encore par grattage au scalpel en cas d'incrustation.

La méthode idéale consiste à laver les papiers dans un mélange eau chaude/alcool. L'iso-propanol, l'éthanol ou le méthanol peut être utilisé. La coloration de l'eau est un indice qui permet d'estimer la durée du lavage. Aussi longtemps que des produits de dégradation se dissolvent et colorent l'eau, le lavage doit être poursuivi.

Après plusieurs expérimentations nous conseillons un lavage à l'eau chaude, entre 30 et 40 °C maximum. Les tests montrent que les trois alcools précités ont une efficacité équivalente. Les plus fortes extractions de substances colorées sont obtenues avec des concentrations de 30 à 60 % d'alcool. On peut retenir une concentration de 30 % comme satisfaisante. En changeant l'eau tous les quarts d'heure, on peut considérer qu'après une heure, une grande quantité de substances colorées a été dissoute et éliminée.

La séquence minimum sera donc : 15 minutes eau 40 °C / 30 % iso-propanol et trois fois 15 minutes eau 40 °C.

3. Désacidification aqueuse

Hydroxyde de calcium

Une solution semi-saturée d'hydroxyde de calcium est obtenue en dissolvant 1,5 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ par litre d'eau distillée ou désionisée. On dilue cette solution saturée dans un rapport 1 : 1. La concentration de la solution désacidifiante est de 0,01 M. Cette solution est facile à préparer mais elle est peu stable en présence d'air : l'hydroxyde de calcium réagit avec le dioxyde de carbone de l'air et précipite sous forme de carbonate de calcium.

Les feuilles sont immergées dans la solution pendant 30 minutes.

Bicarbonate de magnésium

La solution de bicarbonate de magnésium est obtenue en dissolvant 4 g de carbonate basique de magnésium par litre d'eau. On y fait ensuite barboter du dioxyde de carbone jusqu'à ce que la solution soit claire et limpide. La concentration de la solution désacidifiante est de 0,04 M $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

Les papiers sont immergés dans cette solution pendant 30 minutes.

Borax

La solution est obtenue en dissolvant 30 gr de borax par litre d'eau.

Les papiers sont immergés dans ce bain pendant 20 minutes.

4. Désacidification non aqueuse

Hydroxyde de baryum

La solution à 1 % est obtenue en dissolvant 10 g d'hydroxyde de baryum par litre de méthanol. D'un point de vue pratique, une solution claire d'hydroxyde de baryum est très difficile à obtenir. Le dioxyde de carbone de l'air peut transformer partiellement l'hydroxyde en carbonate.

Les papiers sont immergés pendant 20 minutes dans cette solution.

Il est indispensable de signaler la toxicité du baryum. Il faut travailler avec des gants sous une hotte.

Carbonate de méthyle magnésium (0,025 M)

On met 1,46 g de magnésium et 120 ml de méthanol dans un ballon muni d'un condenseur. Pour amorcer la réaction on chauffe avec précaution le ballon avec une calotte chauffante. Cette réaction doit être réalisée sous hotte et loin de toute flamme, car il y a production d'hydrogène! Il faut être prêt à tout moment à refroidir le ballon en cas d'emballement de la réaction. On obtient ainsi une solution 4,32 % de méthoxyde de magnésium (méthanolate de magnésium). On carbonate 100 ml de cette solution pendant deux heures en faisant barboter du dioxyde de carbone. Cette solution est allongée avec du trichlorotrifluoréthane (TCTFE) de façon à obtenir 2 litres. La concentration de carbonate de méthyle magnésium est ainsi de 0,025 M.

Les feuilles sont immergées pendant 10 minutes ou traitées deux fois avec un vaporisateur manuel à fine dispersion. On peut aussi utiliser la solution prête à l'emploi disponible en France et aux Pays Bas (voir adresses). D'après nos tests, il faut 1 litre de solution pour traiter 1 m² de papier de grammage moyen recto verso. Le prix de vente est d'environ 1400 francs pour 1 litre.

CHAPITRE II : BLANCHIMENT

- I. Procédure
 1. Inventaire des méthodes de blanchiment
 2. Evaluation
- II. Oxydants
 - a. Composés chlorés
 1. Hypochlorite de sodium
 2. Hypochlorite de calcium
 3. Bioxyde de chlore
 4. Chloramine
 5. Acide chloreux
 - b. Composés non chlorés
 1. Permanganate de potassium
 2. Perborate de sodium
 3. Peroxyde d'hydrogène
 4. Ozone
- III. Acides
- IV. Réducteurs
 1. Sulfoxylate formaldéhyde de soude
 2. Métabisulfite de potassium
 3. Hydrosulfite de sodium
 4. Borohydrures
- V. Lumière
 1. Lumière naturelle
 2. Lumière artificielle
- VI. Conclusion: méthodes conseillées
 1. Quel traitement pour quel papier?
 2. Méthodes
 3. Annexes

I. PROCEDURE

Avant de commencer ce chapitre, il faut mettre en garde le restaurateur contre le blanchiment. A ce stade, le document ou les feuilles à traiter auront déjà été lavés de manière optimale et désacidifiés. Il faut alors décider si un blanchiment est vraiment nécessaire et indispensable pour la lecture du texte ou la perception de l'image. Le risque d'introduire des substances dégradantes et de laisser dans le document des résidus de blanchiment est-il acceptable seulement pour une raison esthétique?

1. Inventaire des méthodes de blanchiment

Les méthodes de blanchiment, d'après le dépouillement réalisé, peuvent être groupées en quatre catégories selon la réaction chimique à l'origine de la décoloration. La synthèse des caractéristiques et des résultats de toutes les méthodes de blanchiment a été publiée par nous sous le titre *A Bibliographical Survey of the Bleaching of Paper*, dans *Restaurator*, 9(1988), p. 178-198.

Les composés les plus couramment utilisés sont les oxydants, surtout les composés chlorés: hypochlorites de sodium et de calcium, bioxyde de chlore, chloramine et acide chloré. Les autres oxydants sont le permanganate de potassium, le perborate de sodium, le peroxyde d'hydrogène et l'ozone.

Des *réducteurs* sont aussi employés mais la permanence du résultat est mise en doute à cause du risque de réoxydation par la lumière. Il s'agit de l'hydrosulfite de sodium, du sulfoxylate formaldéhyde de sodium, des borohydrures de sodium, de tétraéthylammonium et de tétraméthylammonium et du métabisulfite de potassium.

La troisième catégorie comprend divers acides principalement utilisés pour éliminer les taches d'encre: acide oxalique, acide citrique et acide chlorhydrique.

Enfin la dernière catégorie concerne une technique particulièrement intéressante par l'absence de produit chimique: l'exposition à la lumière naturelle ou artificielle.

2. Evaluation

Comme pour la désacidification, l'objectif de cette étude est précis. Il s'agit de déterminer les méthodes efficaces et sûres dont l'application pourra être recommandée aux restaurateurs.

Le but du blanchiment est la destruction et l'élimination de substances colorées du papier. Ces substances sont engendrées par la dégradation naturelle du papier, des micro-organismes ou les résidus de taches d'eau. Toutes les méthodes blanchissent à des degrés divers. Les acides sont les moins efficaces.

Les facteurs qui influencent le résultat du blanchiment sont multiples: la nature de la solution blanchissante (oxydante, réductrice), sa concentration, la durée du traitement, la composition des papiers (de chiffons, chimiques ou bois), ainsi que le type de tache ou de jaunissement.

Il faut aussi tenir compte des pré- et post-traitements puisque le blanchiment est envisagé comme étape (éventuelle) d'un traitement comprenant plusieurs stades. La procédure adoptée pour les tests comporte les étapes suivantes: lavage à l'eau chaude 40 °C

avec 30 % d'alcool, désacidification avec une solution d'hydroxyde de calcium semi saturée pendant 30 minutes, blanchiment à vue, rinçage, antichlore ou bain de neutralisation, rinçage, désacidification.

Les méthodes de blanchiment sont sélectionnées selon des critères objectifs : mesure de la blancheur obtenue et de sa stabilité, absence de résidus de produits de blanchiment par le contrôle du surblanchiment (blanchiment qui continue malgré l'arrêt du traitement), y compris après vieillissement, et de la dégradation des fibres par la mesure de la résistance à la pliure, y compris après vieillissement, toxicité des produits, gonflement du papier (ou «blistering»). Les résultats de nos tests sont réunis dans un article intitulé «*Résultats de recherches expérimentales sur le blanchiment du papier*» à paraître dans *Studies in conservation*.

Nous n'avons pas testé les méthodes basées sur des acides : elles ne sont pas satisfaisantes. Parmi les *réducteurs* nous avons surtout testé le borohydrure de sodium dont l'emploi semble prometteur. En ce qui concerne les composés chlorés, nous avons étudié le problème des éventuelles dégradations causées par les résidus et avons cherché la solution de neutralisation la plus efficace.

II. LES OXYDANTS

a. Composés chlorés

1. Hypochlorite de sodium NaOCl

[3-6-10-13-17-18-20-21-27-28-30-31-34-37-39-41-43-44-47-48]

L'hypochlorite de sodium, communément appelé eau de javel, est un puissant agent de blanchiment. Différentes procédures sont mentionnées dans la littérature pour son application au papier, avec ou sans antichlore [13-18-28-31-39-41-44-48]. Ce traitement est généralement déconseillé, il dégrade la cellulose [28-30-31-44-45].

Tests. Nous avons obtenu les meilleurs résultats de blancheur avec la méthode décrite par BURGESS [13]. NaOCl élimine tout le foxing et rend le papier uniformément blanc. Pour le papier de chiffons, on peut considérer qu'un traitement de 2 à 5 minutes est suffisant. Le papier bois jaunit : ce traitement ne peut être retenu. Sans traitement antichlore, la dégradation du papier au cours du vieillissement artificiel est catastrophique. Seul le borohydrure de sodium donne de bons résultats. BURGESS l'avait également observé [18]. Un rinçage à l'eau, avec de l'acide acétique ou du thiosulfate de sodium est insuffisant pour éliminer les résidus chlorés.

La forte alcalinité de la solution blanchissante entraîne un gonflement des fibres du papier de chiffons. Ceci favorise la formation de «cloques» dues à la production de gaz (hydrogène) lors du traitement antichlore en immersion. Lorsque le borohydrure de sodium est appliqué au pinceau, ces déformations peuvent être évitées. La résistance mécanique est alors supérieure à celle du témoin.

En conclusion, seul le traitement combiné avec de l'hypochlorite de sodium dilué suivi du borohydrure de sodium appliqué au pinceau peut être conseillé et uniquement pour du papier de chiffons.

2. Hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ [3-21-26-27-28-30-31-37-48]

L'hypochlorite de calcium est un oxydant plus faible que l'hypochlorite de sodium. Le pH doit se situer entre 9,5 et 10,5. Contrairement à l'hypochlorite de sodium, l'hypochlorite de calcium ne réagirait pas toujours avec la pâte de bois à cause de valeurs de pH inférieures. Un « cloquage » est parfois apparu : il est dû à la formation de gaz dans la structure de la feuille [31].

Tests. L'hypochlorite de calcium est un bon agent de blanchiment : il élimine les substances colorées et les taches de foxing. Pour le papier de chiffons, le critère de blanchiment est atteint après 10 minutes tandis que pour le papier bois, il faut attendre au moins 40 minutes. Comme pour l'hypochlorite de sodium, seul le borohydrure de sodium est efficace en antichlore. Pour le papier de chiffons, on note une très forte diminution de la résistance mécanique, comme avec l'hypochlorite de sodium suivi du borohydrure mais nous n'avons pas observé de cloquage dans ce cas-ci. Après vieillissement artificiel humide, seul le papier bois conserve une résistance mécanique supérieure à celle du témoin.

En conclusion, le blanchiment avec l'hypochlorite de calcium suivi du borohydrure ne peut être retenu que pour le papier bois. Le traitement antichlore peut être réalisé en immersion ou en application locale au pinceau.

3. Bioxyde de chlore ClO_2 [3-6-11-13-17-18-20-21-27-28-29-30-31-34-37-40-44-48]

En traitement par immersion, le bioxyde de chlore s'avère un excellent agent de blanchiment [27-28-29-30] sauf pour les papiers contenant de la lignine [18]. Il n'y aurait pas de dégradation de la cellulose [13-23-28]. Le borohydrure de sodium est conseillé comme antichlore.

Le traitement gazeux est également très efficace [27-28-29-34] mais un rinçage à l'eau est indispensable [27-28-34].

Tests. Nous avons vérifié l'efficacité du bioxyde de chlore en immersion et en traitement gazeux sur les taches de foxing. Pour le papier bois, nous avons noté un aspect grisâtre. Après vieillissement, le jaunissement est spectaculaire pour les papiers non rincés. Le traitement antichlore au borohydrure donne les blancheurs finales les plus élevées, même après vieillissement. Cette observation est en accord avec les conclusions de BURGESS [18].

En considérant la perte de résistance mécanique après traitement par immersion, nous pouvons éliminer celui-ci d'office quel que soit l'antichlore. D'autre part, il apparaît évident qu'un traitement au bioxyde de chlore gazeux sans un traitement anti-chlore, même un simple rinçage à l'eau, est impossible. C'est le borohydrure de sodium qui a donné le meilleur résultat, mais les résistances mécaniques sont inférieures à celles du borohydrure seul.

En conclusion, un traitement par immersion n'est en aucun cas à envisager. Le blanchiment par fumigation suivi d'une application locale de borohydrure de sodium peut être retenu : les résultats de résistance mécanique étaient satisfaisants.

4. Chloramine [3-6-8-9-10-14-17-18-20-21-26-27-28-30-31-32-34-37-41-43 44-47-48]

On a souvent attribué beaucoup de qualités au traitement avec la chloramine T : simplicité, efficacité, sûreté [6-8-20-41]. Il est cependant inefficace pour les taches de moi-

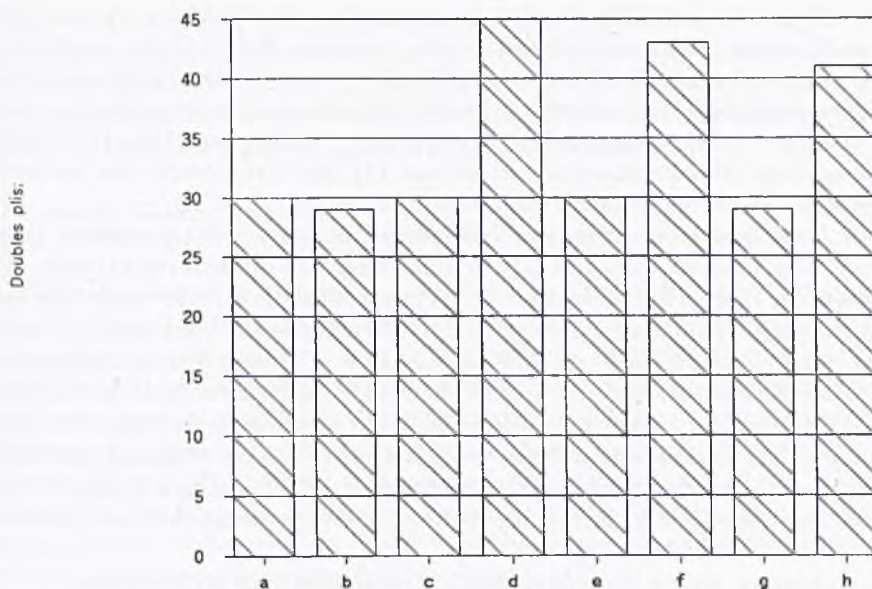


Fig. 76. Résistance au double pli après blanchiment de papier de chiffons.

Témoin (a) $\text{NaOCl} + \text{NaBH}_{4(\text{imm})}$ (b) $\text{NaOCl} + \text{NaBH}_{4(\text{local})}$ (c) $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{NaBH}_{4(\text{imm})}$ (d) $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{NaBH}_{4(\text{local})}$ (e) $\text{ClO}_2 + \text{NaBH}_{4(\text{local})}$ (f) Chloramine T (g) $\text{NaBH}_{4(\text{imm})}$ (h) $\text{NaBH}_{4(\text{local})}$ (i).

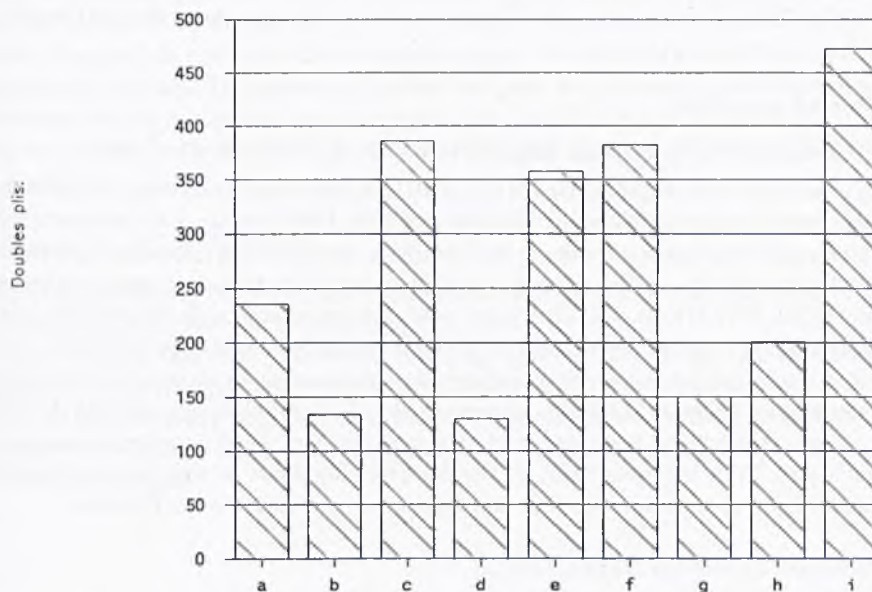


Fig. 77. Résistance au double pli après blanchiment de papier bois. Témoin (a) $\text{NaOCl} + \text{NaBH}_{4(\text{imm})}$ (b) $\text{NaOCl} + \text{NaBH}_{4(\text{local})}$ (c) $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{NaBH}_{4(\text{imm})}$ (d) $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{NaBH}_{4(\text{local})}$ (e) $\text{ClO}_2 + \text{NaBH}_{4(\text{local})}$ (f) $\text{NaBH}_{4(\text{imm})}$ (g) $\text{NaBH}_{4(\text{local})}$ (h).

sissures [28] et très faible [30]. Pendant longtemps on a considéré qu'il n'y avait pas de résidus et qu'un rinçage n'était même pas nécessaire [8-41]. Cette hypothèse est aujourd'hui totalement abandonnée et la nécessité d'une neutralisation du papier traité a été démontrée [32-44]. Il y aurait une liaison très forte entre les composés de la chloramine et la lignine [31]. Comme bain de neutralisation, on mentionne l'eau [7-20-43-44], l'acide acétique [31] ou le thiosulfate de sodium [18]. Seul le traitement avec les borohydrures stopperait le blanchiment efficacement [14-18].

Tests. Nous avons voulu comparer l'efficacité de deux types de traitements: lavage, désacidification, blanchiment avec la chloramine suivi d'un rinçage avec du borohydrure de sodium par rapport au borohydrure seul. Pour la pâte de bois, même après une heure de traitement, le résultat n'est pas satisfaisant. Les mesures indiquent même parfois un jaunissement. Pour du papier de chiffons peu piqué, le résultat était satisfaisant après 40 minutes. En comparaison avec un traitement au borohydrure seul, on peut noter que le résultat est meilleur pour les taches de foxing avec un traitement combiné, mais il reste insuffisant. La chloramine n'améliore pas beaucoup la blancheur globale par rapport à un traitement de même durée avec le borohydrure. Il faut noter que le papier est très dégradé: la résistance à la pliure chute de 30 %, même en utilisant du borohydrure de sodium comme antichlore.

En conclusion, nous n'avons pas retenu le traitement avec la chloramine.

5. Acide chloreux [31]

Une seule référence mentionne un traitement à pH 3,6.

Abandon. Nous n'avons pas voulu effectuer un blanchiment aqueux à un pH aussi bas.

b. Composés non chlorés

1. Permanganate de potassium KMnO_4 [3-6-7-10-20-26-27-28-31-37-48]

Déjà dans son manuel publié en 1972, CUNHA déconseillait l'utilisation du permanganate de potassium comme agent de blanchiment [20]. HEY renonce à en donner le mode d'emploi considérant que son action est trop difficile à contrôler vu la coloration qu'il entraîne [31]. FLIEDER n'avait retenu aucune des procédures testées à cause de la perte de résistance physique [28]. BOUSTEAD avait également noté que ce traitement de blanchiment dégradait plus le papier que les hypochlorites, les chloramines ou l'eau oxygénée [10].

Tests. De nos tests nous pouvons conclure que le permanganate de potassium est incontestablement un agent de blanchiment très efficace. Cependant la dégradation des fibres est très importante pour le papier de chiffons: la chute de la résistance mécanique est spectaculaire. Pour le papier bois, les résultats de blancheur ne sont pas satisfaisants: des taches brunes apparaissent. Par conséquent ce traitement est à éliminer.

2. Perborate de sodium NaBO_3 [10-37]

L'efficacité de cette méthode est nettement inférieure à celle de l'hypochlorite de sodium [37]. La résistance mécanique augmenterait lorsque le blanchiment est suivi d'une désacidification [10].

Tests. Nos essais n'ont pas été satisfaisants sur le papier bois alors que le papier de chiffons blanchit de manière homogène et que les taches disparaissent. Après vieillissement artificiel, les papiers de chiffons sont plus dégradés que les témoins alors que le papier bois est légèrement renforcé. Ce traitement ne peut être retenu ni pour le papier bois (blancheur) ni pour le papier de chiffons (résistance mécanique).

3. Peroxyde d'hydrogène H_2O_2

[3-4-9-10-13-14-17-18-19-20-21-26-27-28-30-31-37-38-41-42-47-48]

La difficulté majeure du blanchiment avec l'eau oxygénée est le risque de « cloquage ». D'après CLEMENT ce cloquage est impossible à éliminer [19]. Le peroxyde d'hydrogène est réputé pour son innocuité vis-à-vis de la cellulose [4-19-26-42]. Il n'y aurait pas de résidus [20-26-31]. Cependant, les vieux papiers de chiffons sont dégradés par l'eau oxygénée, contrairement aux papiers de chiffons neufs [13]. Les avis sont partagés quant à l'efficacité de ce traitement. Plusieurs auteurs affirment que le blanchiment est suffisamment efficace [4-19-26-30-42], d'autres soulignent que toutes les taches n'étaient pas éliminées [10-28]. D'autres qualités sont encore citées dans la littérature : l'absence de risques pour les restaurateurs, la simplicité et le coût modique [26], la rapidité [42], l'absence de formation de composés chloro-ligneux [13].

Tests. Différentes concentrations ont été testées en immersion et en application locale au pinceau. Au cours des traitements par immersion, nous avons observé du blistering avec certains papiers bois et de chiffons. Le traitement au pinceau peut être appliqué même à une concentration de 2 % : le blanchiment est aussi efficace qu'en immersion sans qu'aucune cloque apparaisse. En général, le blanchiment obtenu est faible mais stable. Du point de vue de la résistance mécanique, les résultats sont très mauvais pour le papier de chiffons. Le traitement semble bon pour les papiers bois et chimique, probablement protégés par les composés autres que l' α -cellulose qu'ils contiennent. Nous pouvons retenir cette méthode pour le blanchiment des papiers bois et chimique en immersion.

4. Ozone O_3 [22-30-37-42]

Peu de procédures ont été exposées dans la littérature [22-30]. D'après LUCIANI, ce traitement n'altérerait pas la cellulose [37].

Tests. Nous avons testé l'ozone en méthode gazeuse. L'efficacité de ce traitement dépend du degré d'humidité du papier. Le meilleur résultat a été mesuré pour les échantillons humidifiés entre deux buvards. Nous déconseillons vivement ce procédé de blanchiment : la résistance mécanique des échantillons diminue considérablement, quel que soit le type de papier.

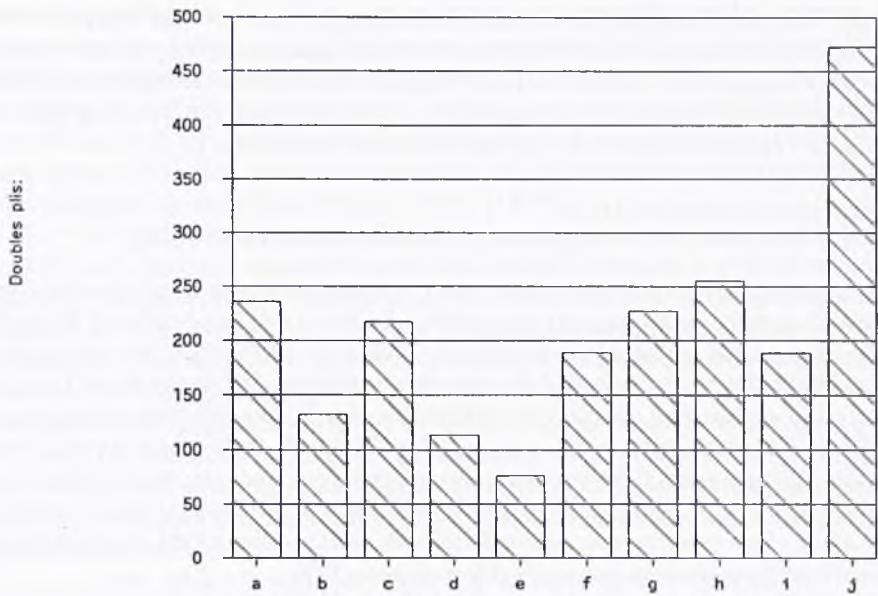


Fig. 78. Résistance au double pli après blanchiment avec des composés non chlorés de papier de chiffons. Témoin (a) KMnO_4 (b) NaBO_3 (c) $\text{H}_2\text{O}_{2\text{min}}$ (d) $\text{H}_2\text{O}_{2\text{loc}}$ (e) Ozone (f) Dithionite_{min} (g) Dithionite_{loc} (h) NaBH_4min (i) NaBH_4loc (j).

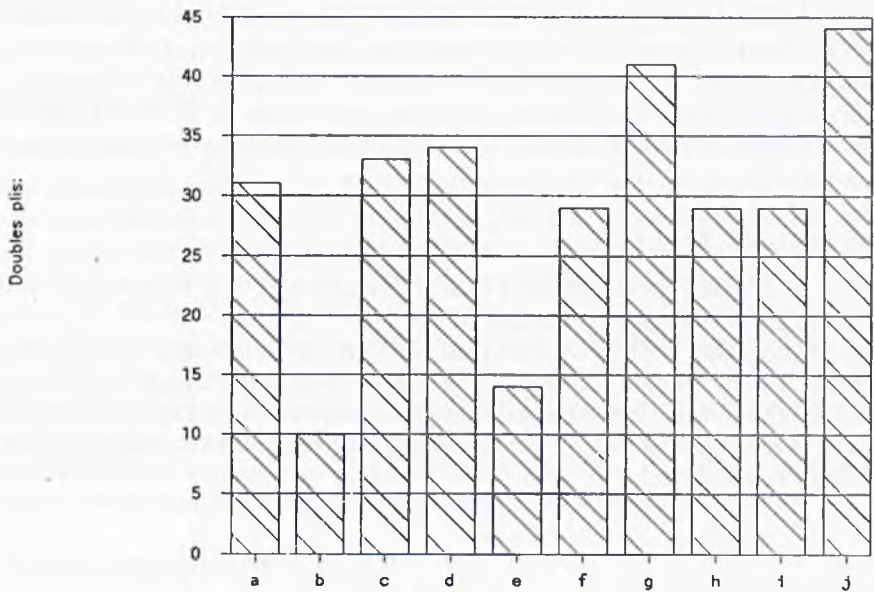


Fig. 79. Résistance au double pli après blanchiment avec des composés non chlorés de papier de bois. Témoin (a) KMnO_4 (b) NaBO_3 (c) $\text{H}_2\text{O}_{2\text{min}}$ (d) $\text{H}_2\text{O}_{2\text{loc}}$ (e) Ozone (f) Dithionite_{min} (g) Dithionite_{loc} (h) NaBH_4min (i) NaBH_4loc (j).

III. ACIDES

Différentes solutions acides ont été testées par FLEEDER : acide chlorhydrique, acide oxalique, acide citrique. Aucune amélioration n'avait été notée pour les taches de champignons [27-28].

Abandon. Nous n'avons pas testé ces méthodes.

IV. REDUCTEURS

1. Sulfoxylate formaldéhyde de soude [28]

Des essais de blanchiment ont été réalisés sans résultat sur des taches de champignons.

Abandon. Nous n'avons pas testé cette méthode.

2. Métabisulfite de potassium $K_2S_2O_5$ [10]

Ce traitement, suivi d'une désacidification, donnerait de bons résultats aux tests de résistance à la pliure.

Tests. Les résultats de nos expérimentations n'ont pas été concluants. Le papier de chiffons blanchit à peine, le papier bois pas du tout. Ce traitement a été abandonné.

3. Hydrosulfite de sodium $Na_2S_2O_4$ [1-2-37]

Cette technique de blanchiment avec l'hydrosulfite de sodium appelé aussi dithionite de sodium est utilisée dans l'industrie papetière pour le traitement des pulpes [1-2]. Elle ne semble avoir été testée en restauration que par LUCIANI [37].

Tests. Le traitement par immersion était très efficace pour le papier bois. Pour le papier de chiffons, la blancheur équivalait aux 3/4 de celle obtenue avec l'eau oxygénée. Après vieillissement artificiel, les papiers jaunissent : ce traitement n'est pas stable. Vu le manque de stabilité et la réversibilité rapide du jaunissement, nous n'avons pas retenu cette méthode.

4. Borohydrures [16-31-38-46]

Le borohydrure de sodium ($NaBH_4$) permet une réduction chimique des groupements colorés provenant de l'oxydation du papier au cours du temps. Par rapport au blanchiment classique avec des oxydants, ce traitement ne causerait pas de dégradation de la cellulose. Au contraire il augmenterait la résistance des fibres à l'hydrolyse acide, à l'oxydation, aux alcalis et aux effets des proches ultraviolets [16]. La décomposition du borohydrure (accélérée en milieu acide) donne de l'hydrogène gazeux : la feuille flotte à la surface de la solution et le gaz se forme entre les fibres du papier qu'il détériore mécaniquement en formant des bulles. On peut réduire ce phénomène en modifiant la procédure [16-31]. Le pH de la solution est élevé, entre 9 et 10. [16-31-46] La solution doit donc être utilisée avec prudence en présence d'encre, de couleurs ou de pigments colorés [16-31]. Le blanchiment serait satisfaisant et stable au cours du vieillissement [16]. Ce traitement semble surtout intéressant par l'absence de dégradation de la cellulose.

Tests. Nous avons obtenu les meilleurs résultats avec une solution à 1 % en immersion et en application au pinceau. Après une heure de traitement, les résultats étaient déjà satisfaisants pour le papier bois comme pour le papier de chiffons. En solution alcoolique, l'effet est moindre. Notons que certaines taches de moisissures (foxing...) ne furent pas totalement éliminées. On note une amélioration très nette de la résistance à la pliure avec la même solution. L'augmentation de la résistance à la pliure est proportionnelle à la durée du traitement. Ce phénomène ne s'observe jamais avec les traitements oxydants. Pour le papier de chiffons, il subsiste un risque de «blistering» en immersion. Il faut cependant insister sur la nécessité de rincer soigneusement à l'eau après le traitement, pendant trois à quatre heures avant la désacidification. Pour les papiers de chiffons seul le traitement par application au pinceau peut être retenu.

V. LUMIERE [4-5-11-24-25-33]

Par exposition à la lumière, les groupes chromophores responsables de la couleur jaune du papier absorbent un photon qui les excitent. Ils peuvent alors intervenir dans différentes réactions qui ne se seraient normalement pas produites et qui ont pour résultat leur destruction. La longueur d'onde du photon doit, pour être efficace, être comprise entre 400 et 550 nm (radiations bleues dans le visible).

KEYES note que le blanchiment ne devrait pas être réalisé pour des papiers postérieurs à 1850 contenant un certain pourcentage de pâte de bois. Aucun test n'a été effectué avec ce type de papier [33]. Le blanchiment par la lumière naturelle ou artificielle est généralement réalisé par immersion dans une solution alcaline : l'eau fournit l'oxygène indispensable pour l'oxydation, l'alcali favorise l'élimination des substances colorées et oxydées, neutralise les acides présents et fournit une légère réserve alcaline [24]. On utilise une solution d'hydroxyde de calcium ou de bicarbonate de magnésium.

La durée du traitement dépend de plusieurs facteurs : le type de tache, de papier, la saison, l'heure où se fait le blanchiment. Elle varie de 2 à 5 heures pour la lumière naturelle et de 8 à 12 heures pour la lumière artificielle. Il faut éliminer les radiations ultraviolettes [5-24-25].

Le blanchiment n'est pas efficace pour certaines taches : colles à base de protéines, moisissures, foxing, taches de rouille [24].

Avec une longueur d'onde inférieure à 500 nm, il y aurait dégradation des fibres par raccourcissement des chaînes moléculaires et formation d'oxycellulose [48]. La longueur d'onde limite se situe à 400 nm [24]. BRANCHICK élimine les radiations ultraviolettes pour cette raison. L'effet sur la résistance mécanique des papiers est principalement lié à leur composition [11].

Tests. Nous avons réalisé des essais de blanchiment à la *lumière naturelle*. Seuls les papiers de chiffons et chimiques ont blanchi de manière sensible. Le papier bois a jauni. Ce sont les méthodes en immersion ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ pH 8) qui fonctionnent le mieux, les rayons ultraviolets étant éliminés. Au minimum, le papier doit être humidifié. Le blanchiment du papier chimique n'est pas stable et il y a un retour du jaunissement général après vieillissement sec. De ce fait, les tests de résistance mécanique n'ont été réalisés que pour le papier de chiffons. Ces résultats sont très mauvais. Il y a, malgré l'élimination des

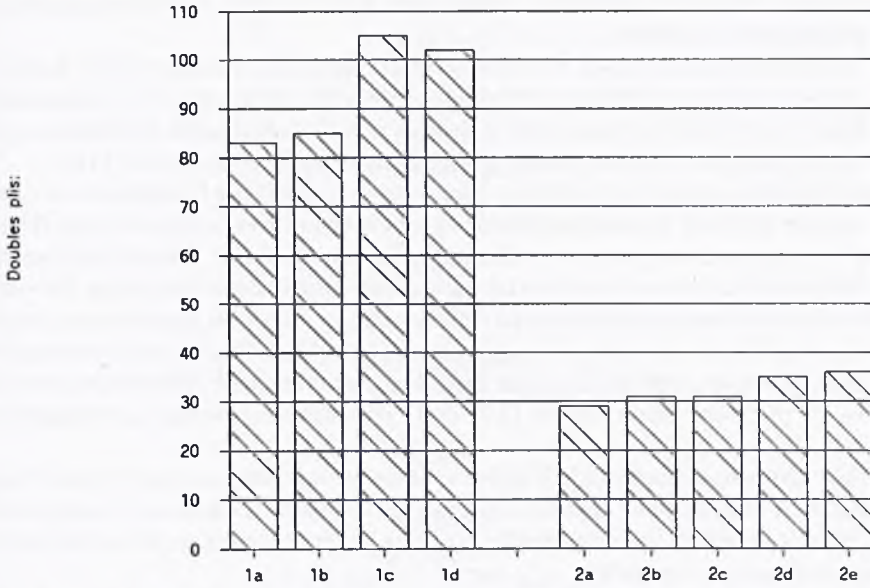


Fig. 80. Résistance au double pli après blanchiment avec NaBH_4 de papier de chiffons (1) et bois (2) pour différentes durées de traitement témoin (a) 1 heure (b) 2 heures (c) 4 heures (d) 16 heures (e).

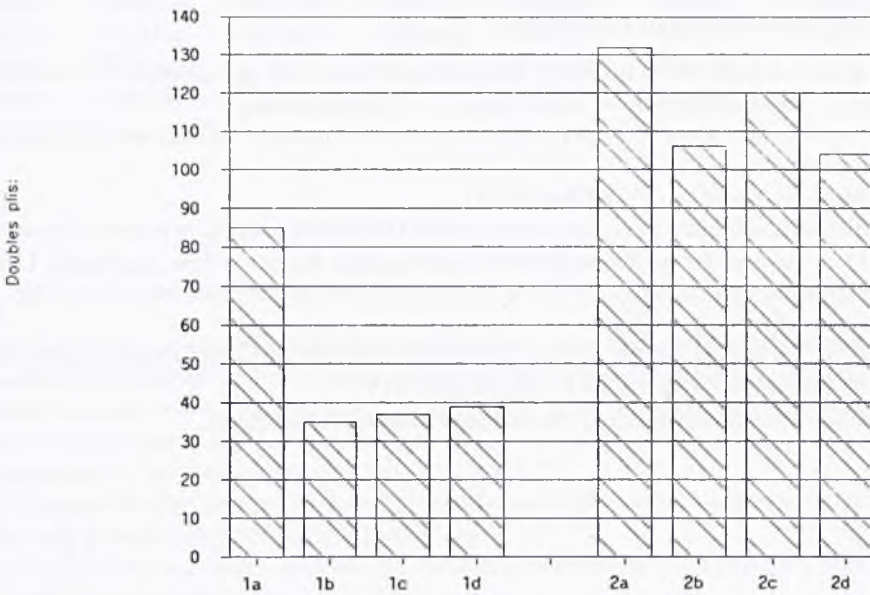


Fig. 81. Résistance au double pli après blanchiment avec la lumière naturelle (1) et artificielle (2) de papier de chiffons. Témoin (a) immersion $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (b) humide sans UV (c) humide avec UV (d).

ultraviolets, une forte dégradation : en moyenne 40 % de perte de la résistance mécanique par rapport au témoin.

Le blanchiment par le soleil n'est malheureusement pas, comme on peut souvent le lire, un bon traitement. Même en éliminant les rayons ultraviolets, il y a dégradation des fibres et perte de résistance. Les seuls tests mentionnés dans la littérature concernant des papiers anciens non vieillis artificiellement après blanchiment [11].

Après nos tests, nous ne recommandons aucune méthode de blanchiment au soleil.

En *lumière artificielle* les meilleurs résultats sont obtenus avec la solution $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pH 8 pour les papiers chimique et de chiffons. Au-delà de 16 heures, l'apport de blancheur est négligeable. Le papier bois blanchit faiblement et après désacidification, les valeurs de blancheur deviennent inférieures à celles de départ. Les tests de résistance mécanique n'ont été réalisés que pour le papier de chiffons. Ces résultats sont très mauvais. Après vieillissement accéléré, il y a une forte dégradation malgré l'élimination des ultraviolets, en moyenne une perte de 15 % de la résistance mécanique par rapport aux témoins.

Le blanchiment du papier à la lumière artificielle est inefficace pour le papier bois et le résultat est instable pour le papier chimique et le papier de chiffons. Comme pour le blanchiment au soleil, les seuls résultats connus ont été obtenus après traitement sans aucun vieillissement artificiel.

Nous ne recommandons aucune méthode de blanchiment à la lumière artificielle.

VI. MODES OPERATOIRES DES METHODES CONSEILLEES

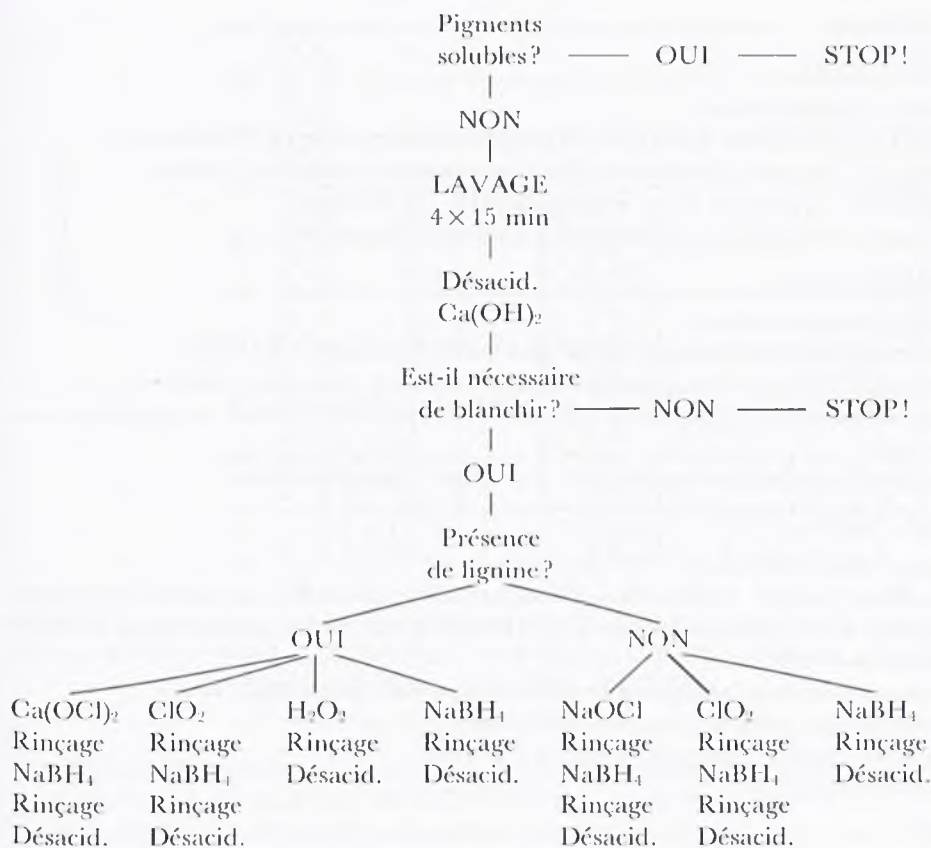
1. Quel traitement pour quel papier?

Rappelons que le blanchiment s'intègre dans une série d'opérations de restauration : lavage — désacidification — blanchiment — désacidification.

Avant de commencer les opérations de restauration, il est indispensable de tester les documents :

- * Mesurer l'acidité (Voir Chapitre 1)
- * Tester la solubilité des encres et des couleurs : Si les encres ou les pigments sont solubles, aucune des méthodes testées ne peut jusqu'à présent être appliquée. L'utilisation de fixatifs temporaires ou définitifs pourrait résoudre cette difficulté. Les recherches sont en cours.
- * Détecter la présence de lignine avec le réactif à base de phloroglucine ou du réactif de Herzberg (Voir Partie I, Chapitre 1, § IV).

Selon les résultats obtenus, on choisira la méthode adéquate :



Le borohydrure de sodium appliqué au pinceau est recommandable pour tous les types de papier. Lorsque cela est nécessaire, ce traitement peut être précédé d'une immersion rapide dans une solution très diluée d'hypochlorite de sodium (papier de chiffons) ou de calcium (papier bois). Le blanchiment avec le bioxyde de chlore gazeux suivi du borohydrure en application locale peut également être retenu.

L'immersion dans le borohydrure a une efficacité inférieure à l'application au pinceau mais peut être utilisée pour le papier bois.

Le traitement avec l'eau oxygénée est aussi recommandable pour le papier bois mais son efficacité est moindre.

Rappelons qu'aucune méthode de blanchiment par la lumière naturelle ou artificielle n'a pu être retenue.

2. Méthodes

NaOCl + NaBH₄

Lavage, désacidification.

NaOCl à 0,5 % chlore actif (1,6° chl) en immersion pendant 2 à 5 minutes.

Rinçage à l'eau avec changements fréquents pendant minimum 1 heure.

Application au pinceau d'une solution NaBH₄ 1 % Séchage

Rinçage à l'eau pendant minimum 3 à 4 heures. Désacidifier

Ca(OCl)₂ + NaBH₄

Lavage, désacidification.

Immersion dans une solution Ca(OCl)₂ à 0,085 % Cl actif, 0,27° Cl₂.

Rinçage à l'eau avec changements fréquents pendant minimum 1 heure.

Immersion dans une solution à 1 % de NaBH₄ pendant 1 heure ou application au pinceau.

Rinçage à l'eau pendant minimum 3 à 4 heures. Désacidification.

ClO₂ + NaBH₄

Lavage, désacidification.

Exposition pendant 15 minutes aux émanations d'une solution de chlorite de sodium (NaClO₂) à 2 % + formaldéhyde 37 % (H₂CO) à 2,5 %. La concentration en ClO₂ gazeux est de 4 % v/v.

Rinçage à l'eau avec changements fréquents pendant minimum 1 heure.

Application au pinceau d'une solution NaBH₄ 1 %, Séchage.

Rinçage à l'eau pendant minimum 3 à 4 heures.

Désacidification.

H₂O₂

Lavage, désacidification.

Immersion dans une solution à 2 % (6 volumes) pendant 1 heure.

Rinçage à l'eau pendant minimum 1 heure.

Désacidification.

NaBH₄

Lavage, désacidification.

Immersion dans une solution à 1 % pendant minimum 1 heure ou application au pinceau.

Rinçage à l'eau pendant minimum 3 à 4 heures.

Désacidification.

3. Annexes

NaOCl

On exprime la concentration de NaOCl de différentes façons dans la littérature :

* en % chlore actif(Cl*) ou poids de Cl₂, nombre de g/100g de solution

* en ° degré chlorométrique ou nombre de litres de gaz Cl₂ obtenus à partir d'un kg de solution

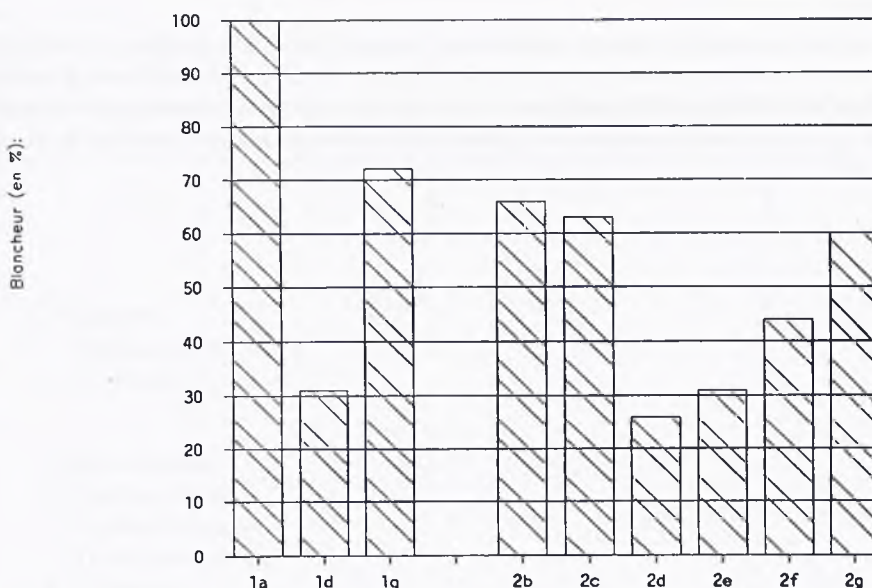


Fig. 82. Comparaison de l'efficacité des méthodes sélectionnées pour le papier de chiffons (1) et bois (2): NaOCl + NaBH₄imm (a) Ca(OCl)₂ + NaBH₄imm (b) Ca(OCl)₂ + NaBH₄local (c) ClO₂gaz + NaBH₄local (d) H₂O₂imm (e) NaBH₄imm (f) NaBH₄local (g).

* en C(Cl₂) concentration en môles de Cl₂ par litre de solution (molarité).

La relation entre ces unités est : 10 % Cl* - 32° chl. - 1,33 M de Cl₂.

Les concentrations d'eaux de javel commerciales ont été mesurées : LODA 10° : 10,6° chl., LACROIX 15° : 18° chl. et YPLON 15° : 16,2° chl.

% chlore actif	Degré chl.	C(Cl ₂) en M
0,5	1,6	0,07
2	6,4	0,27
4	12,8	0,53
5	16,0	0,66
10	32,0	1,33

Pour obtenir 500 ml de solution à 0,5 % chlore actif (soit 1,6° chl.), on prend 53 ml d'eau de javel commerciale à 15° chl. et on étend à 500 ml. ($v = 500 \text{ ml} \cdot 1,6^\circ / 15^\circ = 53 \text{ ml}$)

H₂O₂

La concentration des solutions d'eau oxygénée est exprimée en volumes ou en %. Une solution à 100 volumes équivaut à peu près à 30 % d'H₂O₂. Pour obtenir une solution à 1 % (0,3 volumes) à partir d'H₂O₂ 30 %, on prend 33 ml de cette dernière et on porte à 1000 ml. L'eau oxygénée vendue dans le commerce est généralement stabilisée avec H₂SO₄. On basifie la solution diluée avec de l'ammoniaque jusqu'au pH désiré. ($v = 1000 \text{ ml} \cdot 1\% / 30\% = 33 \text{ ml}$)

NaBH₄

Il semble préférable d'ajouter rapidement l'eau ou l'alcool à la poudre de NaBH₄ plutôt que de verser la poudre dans le liquide. Dans ce cas, il y a formation de grumeaux avec une forte élévation de température locale qui décompose très rapidement le borohydrure. La température ambiante n'a pas d'influence majeure sur la réaction de décomposition.

CHAPITRE III : COLLES

- I. Procédure
 1. Inventaire des colles
 2. Évaluation

- II. Colles végétales
 1. Colles de farine
 2. Colles d'amidon
 3. Colle de dextrine
 4. Gommés

- III. Colles animales
 1. Colles de peau
 2. Colles de poisson
 3. Colle de parchemin
 4. Gélatine

- IV. Colles cellulósiques
 1. Nitrate de cellulose
 2. Acétate de cellulose
 3. Méthylcellulose
 4. Carboxyméthylcellulose sodique
 5. Éthylcellulose
 6. Hydroxyéthylcellulose
 7. Hydroxypropylcellulose
 8. Méthylhydroxyéthylcellulose
 9. Éthylhydroxyéthylcellulose

- V. Colles vinyliques
 1. Acétate de polyvinyle
 2. Alcool de polyvinyle
 3. Acétal de polyvinyle
 4. Polyvinyle éthylène / acétate

- VI. Résines acryliques
 - 1. Méthacrylate de méthyle
 - 2. Méthacrylate d'éthyle
 - 3. Méthacrylate de butyle
 - 4. Acrylate de méthyle / Méthacrylate d'éthyle
 - 5. Acrylate d'éthyle / Méthacrylate de méthyle

- VII. Hydrocarbures
 - 1. Paraffine
 - 2. Caoutchouc
 - 3. Parylène

- VIII. Résines diverses
 - 1. Polyamides
 - 2. Polyuréthane aliphatique

- IX. Conclusion : colles conseillées
 - 1. Quelles colles ?
 - 2. Préparation
 - 3. Annexes

I. PROCEDURE

1. Inventaire des colles

Par le terme colle, on désigne les colles naturelles ou synthétiques utilisées pour la restauration des lacunes ou des déchirures. On y inclut également les consolidants appliqués pour renforcer un document après un lavage et les fixatifs de tracés pulvérulents (pastels, fusains et autres). Enfin, on y ajoute aussi parfois les films employés pour la lamination à chaud ou à froid ou le doublage des documents.

Pour faciliter la présentation de ce chapitre, nous avons classé les nombreux produits cités selon leur composition. Tout d'abord les colles naturelles regroupent les colles végétales, de farine et d'amidon et les colles animales de peaux, d'os, de poisson, gélatine... Parmi les colles synthétiques, on distingue les colles cellulosiques, vinyliques, acryliques, polyamides et les hydrocarbures.

Pour tous ces produits, nous présentons une synthèse des caractéristiques relevées dans la littérature. Nous précisons également leur application en restauration. Les recettes sont très nombreuses et ne seront pas énumérées car l'exposé des multiples concentrations présente peu d'intérêts. Les produits à tester ont été sélectionnés après dépouillement bibliographique selon les règles précédemment adoptées: les colles unanimement critiquées ou déjà abandonnées n'ont pas été retenues. La liste est la suivante: farine de blé (FAB), farine de riz (FAR), amidon de blé (AMB), amidon de riz (AMR), méthylcellulose (MCE), carboxyméthylcellulose de sodium (CMC), éthylcellulose (ECE), hydroxyéthylcellulose (HEC), hydroxypropylcellulose (HPC), méthylhydroxyéthylcellulose (MHE), acétate de polyvinyle (PVA), alcool de polyvinyle (PVO), acrylate de méthyle / méthacrylate d'éthyle (Paraloid) (M/E), gélatine (GEL).

2. Evaluation

Pour ce troisième sujet de recherche, il s'agissait de tester des produits plutôt qu'une méthode de restauration. Du point de vue expérimental, nous nous sommes limités aux adhésifs et aux consolidants. Après les opérations de lavage, de désacidification et éventuellement de blanchiment, il est indispensable de ré-encoller le document surtout s'il n'est pas doublé.

Les critères d'évaluation des colles sont particulièrement nombreux et diversifiés: adhérence, flexibilité, neutralité, stabilité, résistance biologique, réversibilité, facilité d'emploi et innocuité.

Plusieurs séries de tests ont été réalisées: mesure du pH, de la blancheur, de la résistance à la traction, de la résistance aux doubles plis. Les colles ont également été soumises à des vieillissements artificiels secs et humides. Les produits qui ont donné de mauvais résultats ont été éliminés progressivement.

Provenance des produits testés:

Farine de blé: commerce

Farine de riz: commerce

Amidon de blé: Belgolabo

Amidon de riz: Belgolabo

Gélatine: USP 250 Vel

Méthylcellulose 400, 1500 et 4000: Vel
 Carboxyméthylcellulose: Tylose C 300 P Hoechst
 Ethylcellulose: Ethocel 7 et 45 Vel
 Hydroxyéthylcellulose: Tylose 300 P Hoechst
 Hydroxypropylcellulose: PM 1000000 Janssen Chimica
 Méthylhydroxyéthylcellulose: Tylose MH 300 P Hoechst
 PVacétate: Mowiol 60 et DHL Hoechst
 PValcool: Mowiol 4-98 et 28-99 Hoechst
 Paraloid B 72 DLO Chemicals

II. COLLES VEGETALES

1. Colles de Farine [3-8-9-22-29-35-46-55-59-62-72-75]

Les farines contiennent des carbohydrates (amidon) et des protéines (gluten). Ces deux composants assurent des propriétés adhésives différentes de celles des colles d'amidon pur [59]. Les colles de farine ont une meilleure adhésion pendant l'application et un étalement plus aisé que les colles d'amidon mais la présence de gluten les rend également plus fragiles [43]. Elles sont légèrement jaunes et granulaires [46].

Ces colles sont utilisées pour les doublages ou comme adhésif en restauration manuelle pour le comblement de lacunes. Les farines de blé et de riz sont les plus communes.

Leurs principales caractéristiques sont : une bonne adhésion et un emploi facile [35-72]. La réversibilité à l'eau est généralement aisée [62]. On a observé des déformations du support [35-72] ainsi que des pertes de souplesse [35-46-72]. La résistance mécanique au pliage est bonne [46-62]. Cette colle jaunit en vieillissement artificiel [46]. Elle est sensible aux micro-organismes [35-72].

Tests. Nous avons testé les colles de farine de blé et de riz. Nous les avons rapidement éliminées : elles jaunissent énormément et même brunissent. Les pH mesurés après vieillissements artificiels sont acides. Nous ne sélectionnons pas les colles de farine.

2. Colles d'amidon

[1-2-3-9-10-11-14-22-29-31-35-43-46-47-48-49-51-52-54-57-59-62-64-75-78-79-83-84]

L'amidon est constitué de deux *polymères* naturels : l'amylose et l'amylopectine [11]. Il est insoluble dans l'eau froide et en chauffant, il forme un gel qui peut être utilisé comme adhésif (T° de gélatisation : 55-80 °C) [43]. La colle d'amidon demande une cuisson plus longue que la colle de farine mais elle est plus facile à travailler et forme en séchant un film légèrement plus flexible [59]. Cette colle a une couleur blanche laiteuse [11].

Ces colles sont utilisées principalement comme adhésif en restauration manuelle [3-10-29-46-48-53-59-62-75-83-84]. Les amidons les plus communs sont les amidons de blé, de riz, de maïs et de pomme de terre [50] mais ils sont parfois mélangés entre eux [1-22-52] ou avec d'autres colles : animales [46-62], vinyliques [31-84] ou cellulosiques [3-54-59-83].

Leurs principales caractéristiques sont une bonne adhérence et une flexibilité satisfaisante [62-75]. La réversibilité est aisée à l'eau [46-62]. On a observé des déformations

du support [10]. La résistance mécanique au pliage est bonne [10-46-62]. Les amidons employés sans additifs ne jauniraient pas [11-46-62].

Tests. Nous avons obtenu de bons résultats pour les amidons de blé et de riz. Un papier encollé à l'amidon a une résistance mécanique supérieure après vieillissement. Les pH sont satisfaisants. Les papiers encollés avec les amidons jaunissent peu.

3. Colle de dextrine [8-31-32-35-50-72]

Les dextrines sont des produits de dégradation de l'amidon obtenus en chauffant celui-ci en présence ou en l'absence d'agents d'hydrolyse. C'est une colle facile à préparer et à utiliser en restauration manuelle. On mentionne une bonne adhésion et une stabilité satisfaisante de la couleur. Cette colle est sensible aux micro-organismes. Sous forme de film, elle est rigide [35-72].

4. Gommess [35-50-72-73]

La gomme arabique est un polysaccharide. Elle provient d'arbres du genre *Acacia*. Elle est soluble dans l'eau à température ambiante et est hygroscopique [73]. Elle est utilisée comme adhésif [35-72] ou comme fixatif définitif [73]. Elle résiste aux attaques des micro-organismes et offre une bonne adhérence. Elle est stable du point de vue de la couleur mais un film de cette colle est très raide [35-72].

La gomme laque provient d'arbres du genre *Sumac* et est utilisée comme fixatif définitif de tracés pulvérulents. Elle n'est pas réversible après vieillissement et jaunit [73].

III. COLLES ANIMALES

Dans les tissus cellulaires, les protéines, dont le collagène est la principale, sont liées entre elles par des liaisons covalentes et de nombreux liens hydrogène. En chauffant, les molécules sont hydrolysées et donnent un produit soluble [43]. Les colles animales prennent rapidement par gélification mais elles sont sensibles à l'humidité et ne résistent pas à la pression.

1. Colles de peau [8-30-37-39-50-62-79]

Ces colles sont obtenues par extraction du collagène des peaux de lapin [30]. Elles étaient les adhésifs les plus forts avant l'apparition des colles synthétiques [43]. Elles sont insolubles à froid et relativement solubles à chaud [30-62]. Elles sont essentiellement employées comme adhésif en reliure ou pour certains collages forts [62]. On les utilise également comme consolidants du papier [30]. Ces colles vieillissent mal : elles jaunissent et deviennent cassantes [8-62]. Elles sont également très sensibles aux micro-organismes [30].

2. Colles de poisson [30-35-72-79]

Ces colles proviennent de la cuisson à l'eau légèrement acide de peaux et autres déchets de poisson [30]. On les utilise principalement comme adhésif [30-72] ou pour encoller

le papier [63]. Elles offrent une bonne adhérence mais sont peu flexibles [35-72]. La colle de poisson est très sensible aux micro-organismes [30-35-72]. Sa couleur est assez marquée [35-72]. Elle est hydrophile, théoriquement réversible à l'eau chaude [30].

3. Colle de parchemin [35-72]

La colle de parchemin est parfois utilisée comme adhésif. Elle offre une bonne adhérence et une flexibilité satisfaisante. Elle est assez résistante aux micro-organismes mais comme les autres colles animales, elle déforme beaucoup le support [72].

4. Gélatine [17-18-20-21-30-39-42-43-50-52-67-68-76-80]

La gélatine est obtenue par la purification du matériel protéinique de la colle animale [11]. Elle gonfle dans l'eau froide et forme un gel. En chauffant, elle se dissout. La solution est appliquée à chaud. La gélatine prend en refroidissant, formant un gel et ensuite elle sèche par évaporation de l'eau. Le rétrécissement du film est important [30-43].

Elle est principalement utilisée pour encoller le papier [17-20-39-42-52-67-68-80] ou comme fixatif [21-31].

La gélatine n'est pas très efficace comme fixatif car elle gonfle dans l'eau [21]. Elle est sensible aux micro-organismes [21-31]. Elle est difficilement réversible [31-39]. La résistance mécanique du papier consolidé avec la gélatine est bonne, mais inférieure à celle qui a été mesurée sur du papier consolidé avec l'alcool de polyvinyle [42-67-68-80]. Après vieillissement, le pH de la gélatine augmenterait [82].

Tests. Nos papiers anciens encollés avec de la gélatine ont jauni après les vieillissements accélérés et leur résistance mécanique a diminué. Le pH a également diminué (acidification). Nous n'avons pas retenu cette colle.

IV. COLLES CELLULOSIQUES

Les colles cellulosiques sont obtenues par modification chimique de la cellulose. On distingue les *esters* cellulosiques : acétate et nitrate de cellulose et les *éthers* cellulosiques : méthylcellulose, carboxyméthylcellulose de sodium, hydroxyéthylcellulose, hydroxypropylcellulose, méthylhydroxyéthylcellulose, éthylcellulose, éthylhydroxyéthylcellulose [43]. Les colles cellulosiques ont en moyenne une bonne solubilité dans l'eau et les solvants organiques, cela dépend de leur degré de substitution (DS), c'est-à-dire du nombre moyen de *groupes alkyles* ajouté à chaque unité de glucose de la chaîne [10].

1. Nitrate de cellulose [34-35-43-72]

Le nitrate de cellulose est obtenu en traitant la cellulose avec un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique. Le DS est compris entre 2,0 et 2,2. Le nitrate de cellulose a été utilisé comme fixatif et adhésif [35-72]. Il est moins stable que l'acétate de cellulose [43]. Il jaunit à la lumière [35-43-72] et déforme le support [35-72].

2. Acétate de cellulose [21-32-35-43-72-73-82]

L'acétate de cellulose s'obtient par l'action, à chaud, de l'anhydride acétique sur la cellulose. Le DS est compris entre 2,4 et 3. A température ambiante, il y a dégradation de l'acétate de cellulose par oxydation, le film devient cassant. Cette dégradation s'accélère avec l'acidité [43].

L'acétate de cellulose est ou a été principalement utilisé pour la lamination à chaud sous pression des documents ou encore pour la lamination à froid avec de l'acétone.

Tests. Nous n'avons pas testé l'acétate de cellulose mais des papiers laminés avec ce produit. Il n'y a pas de jaunissement mais la résistance mécanique diminue après vieillissement surtout pour le papier de chiffons. Le pH de tous les papiers laminés a chuté. Nous déconseillons ce procédé de renforcement.

3. Méthylcellulose [2-3-9-10-11-12-15-17-21-28-43-46-54-59-62-67-68-76-81-82-83-84]

La méthylcellulose provient de cellulose alcaline attaquée avec du chlorure de méthyle. Le DS est compris entre 1,3 et 2,6 [10]. Elle est insoluble dans l'eau chaude, soluble dans l'éthanol et l'acétone [9-10]. Elle résiste aux micro-organismes [10-11-59]. Elle ne jaunit pas [12-15-62]. Elle contient plus de 95 % d'eau et peut entraîner des déformations du support [59].

Elle a de nombreuses applications : agent de renforcement [10-11-12-15-56-82], colle en restauration manuelle [9-10-11-21-43-54-59-62-81-83-84] et fixatif [9-76]. Elle est parfois mélangée avec du PVA [3-6-62-83-84], des colles végétales [3-54-59-83] ou avec de la carboxyméthylcellulose de sodium [10].

La résistance mécanique est satisfaisante [10-12-15-43-62]. Cette colle est réversible à l'eau [10-43-59-62-81]. Après VA, le pH mesuré est supérieur à 5,6 [81].

Tests. Plusieurs viscosités de méthylcellulose ont été testées (400, 1500 et 4000). Toutes ces préparations ont donné de bons résultats de pH et de résistance mécanique. Nous n'avons pas mesuré un jaunissement excessif. MC 4000 en solution dans un mélange de chlorure de méthyle et de méthanol (80:20) a aussi donné des résultats satisfaisants.

4. Carboxyméthylcellulose de sodium [9-10-11-14-17-20-28-42-46-51-59]

La carboxyméthylcellulose provient de cellulose alcaline attaquée avec du chloroacétate de sodium. Le DS est compris entre 0,4 et 1,4. Elle est soluble dans l'eau chaude ou froide ainsi que dans l'éthanol et l'acétone [9]. La CMC résiste peu aux micro-organismes [43].

La carboxyméthylcellulose de sodium a de nombreuses applications : agent de renforcement [9-10-11-15-20-42] et colle en restauration manuelle [9-10-11-43-54]. Seule, c'est un adhésif assez faible et on peut la mélanger avec de la méthylcellulose mais ce mélange jaunit [10].

La résistance des papiers est jugée satisfaisante après traitement [17], après vieillissement [10-42-43] ou parfois insuffisante [15-20]. La couleur est stable en vieillissement artificiel [20-42-51]. Pour BAKER, il y a jaunissement après vieillissement accéléré humide [10]. Le pH est bon après vieillissement [43-51]. La réversibilité à l'eau est bonne [43-54].

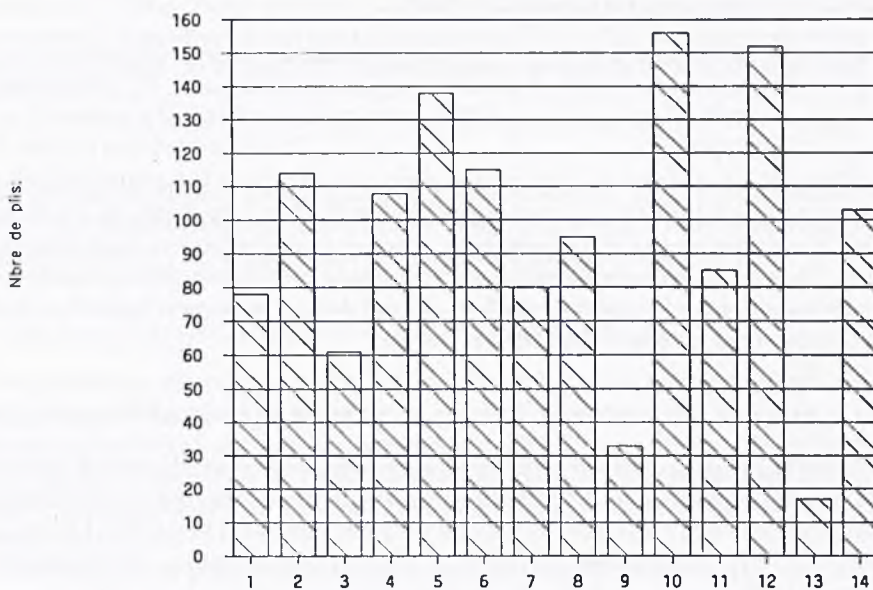


Fig. 83. Résistance au double pli des papiers de chiffons collés : AMB (1) AMR (2) GEL (3) MCE (4) 400 MCE 1500 (5) MCE 4000 (6) MCE (7) 4000/solv CMC (8) ECE (9) HEC (10) HPC (11) MHE (12) PVA (13) E/M (14).

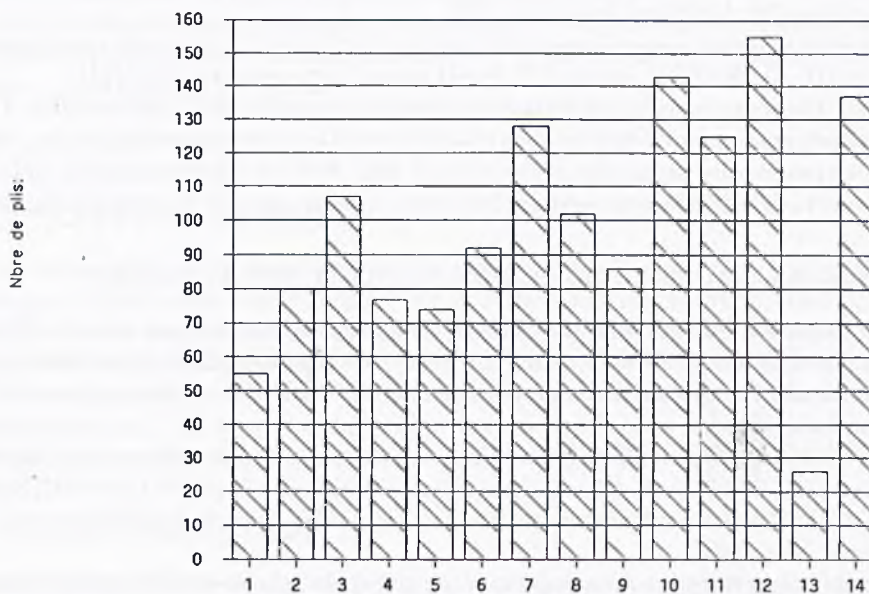


Fig. 84. Résistance au double pli des papiers bois collés: AMB (1) AMR (2) GEL (3) MCE 400 (4) MCE 1500 (5) MCE 4000 (6) MCE 4000/solv (7) CMC (8) ECE (9) HEC (10) HPC (11) MHE (12) PVA (13) E/M (14).

Tests. Nous avons obtenu de très bons résultats avec la CMC 300 pour les mesures de pH, de résistance mécanique et de blancheur (celle-ci pour le papier bois seulement). Le papier de chiffons encollé jaunit après vieillissement sec et encore beaucoup plus après vieillissement humide. L'utilisation de CMC est suspecte.

5. Ethylcellulose [28-43-82]

L'éthylcellulose est obtenue par l'action de chlorure d'éthyle sur de la cellulose alcaline en autoclave. Elle forme un film souple et résistant [28-82]. Elle est dégradée par la lumière et l'acidité. Pour cette raison, on l'utilise peu en conservation [28].

Tests. Nous avons mesuré une perte de résistance mécanique après vieillissement et avons vérifié l'instabilité du pH pour ECE 7 et 45 cps. Ces produits sont donc à rejeter.

6. Hydroxyéthylcellulose [28-37-39-43-56-67-68-80]

Cette colle est soluble dans l'eau chaude ou froide et insoluble dans les solvants organiques [28]. Elle est sensible aux micro-organismes [43] mais plus résistante que les colles animales, les colles de farine et l'acétate de polyvinyle [37-39].

Elle est utilisée comme agent de renforcement [39-56-67-68-80].

Les résultats de tests de résistance mécanique, de blancheur et de réversibilité sont très bons [67-68-80].

Tests. HEC 300 P a donné de très bons résultats aux tests de résistance mécanique, de blancheur et de pH. Nous retenons cette colle.

7. Hydroxypropylcellulose [28-42-43-55-69-73]

L'hydroxypropylcellulose provient de cellulose alcaline attaquée avec de l'oxyde de propylène. Elle est soluble dans l'eau jusque 40 °C, dans l'éthanol, le méthanol, l'isopropanol ainsi que des mélanges de solvants [42]. Elle est insoluble dans l'eau chaude [28-42]. Elle se mélange avec d'autres types de colle [42]. Par exposition aux rayons ultraviolets en conditions acides, elle pourrait devenir insoluble [28]. Elle serait sensible aux micro-organismes [42].

Elle peut être utilisée comme agent de renforcement dans du méthanol [42-55] et comme fixatif dans un mélange de méthanol et de chlorure de méthyle [73] ou dans de l'éthanol [42].

Les tests de résistance mécanique cités, de blancheur et de réversibilité ont donné de très bons résultats [42-73].

Tests. HPC (PM 1 000 000) a donné de très bons résultats à nos tests de résistance mécanique, blancheur et pH. Nous retenons donc ce produit.

TABLEAU 9

Solubilité des éthers cellulósiques

	<i>Eau froide</i>	<i>Eau chaude</i>	<i>Solvants</i>
MCE	+	→ 80 °C	éthanol acétone
CMC	+	+	éthanol, acétone
ECE	-	-	acétate d'éthyle, chlorure d'éthylène
HEC	+	+	—
HPC	+	→ 40 °C	éthanol, méthanol ou iso-propanol
MHE	+	-	mélanges d'hydrocarb. chlorés et alcools
EHE	-	-	hydrocarb. chlorés et solvants aromatiques

8. Méthylhydroxyéthylcellulose [31-42-43-56-58-63-81]

La méthylhydroxyéthylcellulose est soluble dans l'eau froide, la solution est fluide et transparente. Elle est insoluble dans l'eau chaude [87]. Les mélanges d'hydrocarbures chlorés et d'alcools (par exemple chlorure de méthyle et éthanol 80:20) dissolvent la méthylhydroxyéthylcellulose [58-Hoechst].

Elle est utilisée pour des doublages [31-56-58-81], comme agent de renforcement [31-42-56-81] et en restauration manuelle de lacunes [56].

Elle résiste assez bien aux micro-organismes [58]. Sa réversibilité est bonne [58-81]. Elle est stable et sa résistance mécanique est bonne [31-81].

Tests. MHE 300 P a donné d'excellents résultats à nos tests de résistance mécanique, de blancheur et de pH. Nous recommandons l'usage de cette colle.

9. Ethylhydroxyéthylcellulose [28-43-82]

Cette collé est insoluble dans l'eau, mais soluble dans les solvants aromatiques et hydrocarbures halogénés. Sa stabilité est comparable à celle de l'éthylcellulose. Elle est sensible à la lumière et aux acides [28]. Elle résiste aux micro-organismes [43].

V. COLLES VINYLIQUES

1. Acétate de polyvinyle

[3-6-7-11-12-13-15-17-26-33-34-37-43-54-56-61-62-65-82-83-84]

Ce polymère est obtenu par réaction d'acide acétique sur l'acétylène, en présence d'oxyde de mercure comme catalyseur. Le film d'acétate de polyvinyle est transparent [65]. L'acétate de polyvinyle est soluble dans l'alcool, les cétones, les hydrocarbures aromatiques [82]. La réversibilité est très limitée dans l'eau [6-7-62-82], elle est meilleure dans des solvants: cétones, hydrocarbures aromatiques [13-65].

Il est utilisé comme adhésif en restauration manuelle ; la dispersion peut être employée pure [6-7-11-13-26-62] ou diluée avec de l'eau [15-17-54]. Il a été également testé comme fixatif [82] et comme agent de renforcement [65].

Le pH des dispersions est acide [17-62]. Après VA, les pH mesurés sur papier sont acides [6-7-13-15-62]. Le PVA jaunit rapidement [13-15-43-65]. La résistance mécanique au pliage est bonne après VS [7-15] ainsi que la résistance aux micro-organismes [37].

Tests. Le PVA en suspension (Mowilith DHL) ou en solution (Mowilith 60) jaunit. La résistance mécanique de nos papiers a chuté considérablement après vieillissement. Nous déconseillons son utilisation en restauration.

2. Alcool de polyvinyle [4-17-24-28-31-39-51-62-67-68-72-80]

L'alcool de polyvinyle est obtenu par hydrolyse des groupements acétates de l'acétate de polyvinyle, en groupements hydroxydes. Le pourcentage de groupements hydroxydes peut varier de 70 à 100 %. Plus ce % est élevé, plus l'alcool de polyvinyle est soluble dans l'eau mais il pénètre moins bien le papier [24-40-43]. Il est soluble dans quelques solvants organiques [24-43]. Le PVO se dégrade à haute température et à l'humidité [24-43]. Le plus souvent, les traitements à base d'alcool de polyvinyle sont irréversibles [43] surtout après vieillissement accéléré [62-80].

L'alcool de polyvinyle est utilisé comme adhésif [4] et comme agent de renforcement [39-67-68-80].

La résistance mécanique au pliage est bonne [4-62-80] ainsi que la résistance aux micro-organismes [80]. Sur papier, on a observé une bonne stabilité de la couleur [62-80] mais aussi un jaunissement [4]. Son pH vaut entre 4,5 et 7 [43] et chute après vieillissement [80].

Tests. Nos tests avec PVO (Mowiol 4-98 et 28-99) ont été rapidement abandonnés à cause du jaunissement après vieillissement accéléré.

3. Acétal de polyvinyle [4-5-62-76]

L'acétal de polyvinyle (Regnal) est obtenu par réaction de l'alcool de polyvinyle avec un *aldéhyde*, l'éthanal. Il est dégradé par des acides et la chaleur (*cross-linking*) [43]. L'acétal de polyvinyle est mentionné comme consolidant [16-62-76] ou comme fixatif [76]. Après VA, la résistance mécanique est mauvaise [5-62]. Il jaunit [4-5]. Ce produit n'a finalement pas été retenu comme agent de consolidation [5].

4. Polyvinyle éthylène / acétate [7-33-73]

Ce copolymère a été testé comme adhésif [7] et comme fixatif de tracés pulvérisés [33-73]. Les colles ont donné de bons résultats aux tests mécaniques. Elles ne jaunissent pas. Le pH des papiers traités est légèrement acide. Après VA, la réversibilité n'est totale ni dans l'eau ni dans le toluène [7]. Pour les fixatifs, on a observé une perte d'élasticité de tous les papiers et un jaunissement du papier bois [33-73]. Nous avons rejeté cette colle.

VI. RESINES ACRYLIQUES

1. Méthacrylate de méthyle [82]

C'est un polymère thermoplastique qui possède une transparence et une brillance excellentes. Il a une bonne résistance à la lumière, au vieillissement, aux acides dilués. Il est soluble dans des hydrocarbures chlorés, aromatiques, dans les alcools, les *aldéhydes* et les cétones. Il peut être appliqué comme agent de consolidation et de fixation. Mais le papier perd de sa souplesse et l'aspect esthétique est mauvais [82].

2. Méthacrylate d'éthyle [33-73]

La seule résine mentionnée comme fixatif a été éliminée à cause de sa mauvaise réversibilité [73].

3. Méthacrylate de butyle [15-33-69-73-76-77]

Le méthacrylate de butyle est utilisé comme fixatif de tracés pulvérulents [33-69-73]. La résistance mécanique est bonne ainsi que le pH et la réversibilité [33]. Il est cependant éliminé comme fixatif des pastels car on a observé des migrations de pigments rouges [69].

4. Acrylate de méthyle / Méthacrylate d'éthyle [15-16-21-31-33-38-40-56-58-65-66-70-71-73-80]

La plus connue de ces résines est le Paraloid B 72, utilisée comme fixatif et comme consolidant. Elle peut être dissoute dans différents solvants: acétone [21], toluol (ou toluène) [31-65-71-80], acétate d'éthyle [33-73], xylène [15] ou trichloréthylène [56].

Comme fixatif, les résultats sont satisfaisants et la réversibilité est bonne [21-56-71]. Comme consolidant, la résistance à la traction est bonne mais la résistance aux plis diminue [15-65]. On a aussi noté un jaunissement lors du vieillissement artificiel [15-65] ainsi qu'un pH acide [15]. La réversibilité est bonne après vieillissement artificiel [15-56-71-80].

Tests. Une solution de Paraloid à 5 % dans du toluène a été testée. Les résultats des tests mécaniques de pH et de blancheur après vieillissement sont bons. Nous retenons ce produit comme fixatif.

5. Acrylate d'éthyle / Méthacrylate de méthyle [16-31-33-54-55-56-73-77]

La résine la plus connue commercialement est le Primal AC, dispersion de couleur blanche opaque [54]. Sur le papier, elle donne un effet brillant [54-73]. Elle est soluble dans l'alcool, le toluène, l'acétone [16].

Le Primal est essentiellement utilisé pour le doublage d'oeuvres en système non aqueux. Du papier japon est imprégné de Primal et l'adhésion se fait à une température peu élevée sous une faible pression. Il ne s'agit donc pas d'une véritable lamination.

La dispersion est utilisée pure ou diluée [31-54]. Elle est aussi employée comme fixatif [16-56-73] mais les essais de réversibilité sont très mauvais [73]. Avec du papier japon, la réversibilité est meilleure [16-56]. On utilise de l'acétone ou de l'éthanol [31].

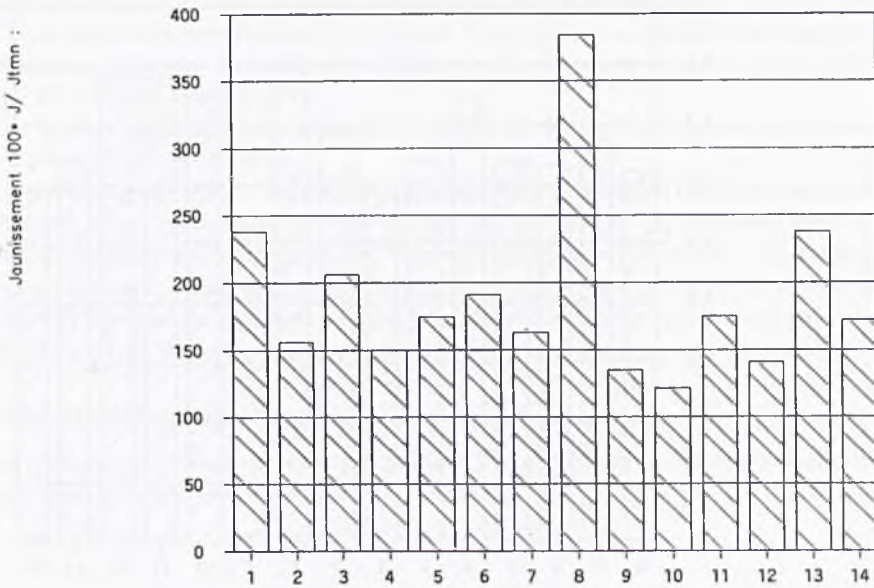


Fig. 85. Blancheur des papiers de chiffons collés : AMB (1) AMR (2) GEL (3) MCE 400 (4) MCE 1500 (5) MCE 4000 (6) MCE 4000/solv (7) CMC (8) ECE (9) HEC (10) HPC (11) MHE (12) PVA (13) E/M (14).

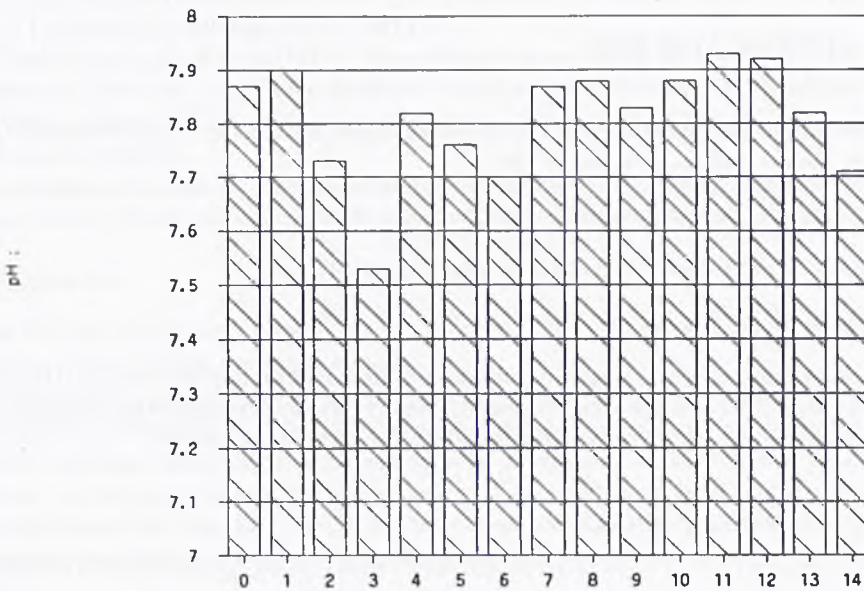


Fig. 86. pH des papiers de chiffons collés : témoin (0) AMB (1) AMR (2) GEL (3) MCE 400 (4) MCE 1500 (5) MCE 4000 (6) MCE 4000/solv (7) CMC (8) ECE (9) HEC (10) HPC (11) MHE (12) PVA (13) E/M (14).

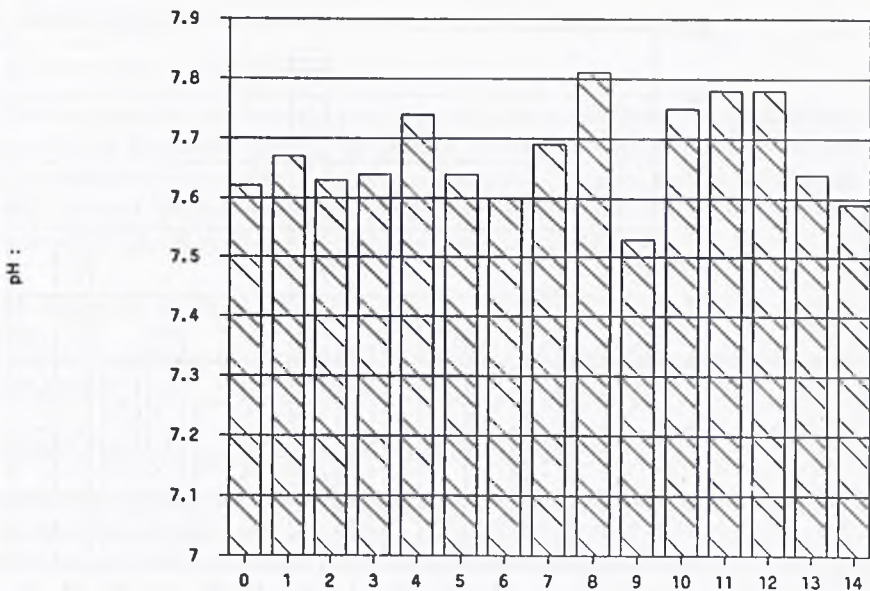


Fig. 87. pH des papiers bois collés: témoin (0) AMB (1) AMR (2) GEL (3) MCE 400 (4) MCE 1500 (5) MCE 4000 (6) MCE 4000/solv (7) CMC (8) ECE (9) HEC (10) HPC (11) MHE (12) PVA (13) E/M (14).

VII. HYDROCARBURES

1. Paraffine [21]

Une solution de paraffine dans des hydrocarbures a été testée comme fixatif de pigments. La réversibilité est bonne [21].

2. Caoutchouc [8-35-50-72]

Une colle de ce type expérimentée a été rejetée [8].

3. Parylène [44-45-60]

Le parylène a été testé comme agent de renforcement de papiers fragiles. Il y a une amélioration de la résistance mécanique des papiers traités par rapport aux témoins. Ces résultats semblent prometteurs. Cette méthode est encore à l'étude.

VIII. RESINES DIVERSES

1. Polyamides [4-15-17-19-20-23-31-33-38-39-40-43-58-62-65-66-69-70-71-73-80]

Le nylon soluble se présente comme un polymère irrégulier ou comme nylon soluble substitué: n-méthoxyméthyl nylon 6/6 (Calaton, Maranyl). Les nylons sont sensibles à l'oxydation photolytiques [43]. Le n-méthoxy nylon est soluble dans les solvants à

chaud. En séchant, il forme un film mais se rétracte. En milieu acide, il devient insoluble. Il est également sensible aux ultraviolets. Les nylons non modifiés, polymères irréguliers, sont différents. Ils forment un film blanc opaque qui devient transparent à 80 °C (Zytel 61, Elvamide 8061) [43].

Les nylons sont employés comme fixatif [31-33-69-71-73] ou comme consolidant [4-15-20-38-39-62-65-66-80].

La résistance mécanique des papiers traités est très bonne après vieillissement artificiel [20-62-80], pour certains auteurs toutefois elle est mauvaise [4-15]. Le nylon soluble augmente la résistance du papier aux micro-organismes [78] moins cependant que l'hydroxyéthylcellulose [38]. Le pH chute après VA [15-80]. Il n'y a pas de jaunissement [65-66-80]. Les traitements avec résines *polyamides* deviennent rapidement irréversibles [4-26-65-70-71-73-80] même si certains parlent de réversibilité avec des solvants [31-62-80].

2. Polyuréthane aliphatique [33-73]

La résine polyuréthane a été testée comme fixatif définitif de tracés pulvérulents. Le papier perd sa souplesse.

IX. CONCLUSION : COLLES CONSEILLÉES

1. Quelles colles ?

Les colles les plus satisfaisantes sont donc la méthylhydroxyéthylcellulose (MHE 300 P) et l'hydroxyéthylcellulose (HEC 300 P).

L'hydroxypropylcellulose (HPC), la méthylcellulose (MCE 400, 1500 et 4000), les amidons de blé et de riz et le Paraloid ont donné de bons résultats.

L'éthylcellulose (ECE 7 et 45) et la carboxyméthylcellulose (Na CMC 300 P) ont donné de mauvais résultats.

La gélatine et l'acétate de polyvinyle opèrent une dégradation plus importante du papier.

Les farines et les alcools de polyvinyle jaunissent et sont déconseillés (voir tableau p. 206).

2. Préparation

Colles d'amidon de blé ou de riz

50g/litre d'eau distillée ou déminéralisée

Peser l'amidon et ajouter l'eau, délayer à froid, chauffer à feu lent (10-15 minutes), porter à ébullition en remuant : la préparation devient grisâtre et s'épaissit, continuer jusqu'à l'obtention d'une pâte épaisse et transparente (2-3 minutes), laisser refroidir, passer la colle par un fin tamis plusieurs fois en s'aidant d'une spatule en bois. Cette colle peut être diluée avec de l'eau jusqu'à la consistance voulue. Cette préparation se conserve quelques jours dans un récipient hermétique à température ambiante.

MHE 300 P

30g/litre d'eau distillée

Verser la poudre lentement dans l'eau sous agitation, laisser reposer 24 heures.

TABLEAU 10
Synthèse des résultats

	<i>Plis</i>	<i>Blanch.</i>	<i>pH</i>
FARINE BLE FARINE RIZ		--- ---	
AMIDON BLE AMIDON RIZ	- +	+ +	
GELATINE	-	-	-
MC 400 MC 1500 MC 4000/H ₂ O MC 4000/solv	+ +++ +++ +	+ +	+
CMC ECE HEC HPC MHE	+ - +++ + +++	- + + + +	+ - + + +
PVA PVO	-	--- ---	
PARALOID	+	+	+

+++ : très bon ; + : bon ; - : mauvais ; --- : très mauvais.

HEC 300 P

10g/litre d'eau distillée
même préparation que MHE

MCE 400

40g/litre d'eau distillée
même préparation que MHE

MCE 1500

30g/litre d'eau distillée
même préparation que MHE

MCE 4000

30g/litre d'eau distillée (ou dans un mélange chlorure de méthyle / méthanol 80 : 20 pour la fixation)

Paraloid (fixatif)

Acrylate de méthyle/méthacrylate d'éthyle
5% dans du toluène purum

BIBLIOGRAPHIE

- I. Désacidification
- II. Blanchiment
- III. Colles

I. DESACIDIFICATION

1. * AGRAWAL, O.P., *Conservation of Manuscripts and Paintings of South Asia*, Londres, 1984, p. 171-178.
Techniques de désacidification aqueuses (à deux bains et avec $Mg(HCO_3)_2$) et non aqueuses (méthoxyde de Mg, carbonate de méthyle magnésium et $Ba(OH)_2$).
2. ARNEY, J.S., A.J. JACOBS et R. NEWMAN, *The influence of deacidification on the deterioration of paper*, dans *The Journal of the American Institute for Conservation*, 19(1980), p. 34-41.
Effet positif de la désacidification sur le jaunissement et l'affaiblissement du papier pendant le vieillissement artificiel.
3. * BAYNES-COPE, A.D., *The non-aqueous deacidification of documents*, dans *Restaurator*, 1(1969), p. 2-9.
Hydroxyde de baryum dans du méthanol.
4. * BOUSTEAD, W.M., *The Surface pH measurement and deacidification of prints and drawings in tropical climates*, dans *Studies in Conservation*, 9(1964), p. 50-58.
Comparaison des mesures de pH par électrode de contact et par extraction à froid.
5. * CLAPP, Anne, *Curatorial Care of Works of Art on Paper*, Oberlin, 1974, p. 19-20.
Mesures de pH avec papier indicateur.
6. COOK, Jan et Heather MANSELL., *The effects of conservation treatments on watercolours*, dans *Bulletin of the Institute for the Conservation of Cultural Material*, 7(1981), p. 73-103.
Les effets de six méthodes (trois aqueuses et trois non aqueuses) sont décrits: dépôts en surface, mobilité des pigments en fonction des solvants et réactions chimiques qui altèrent les pigments.
7. COUCH, Randall, *Notes on a pressurized system for producing magnesium bicarbonate solutions*, dans *Journal of the American Institute for Conservation*, 21(1981), p. 43-48.
Description d'un appareil pour préparer des solutions de bicarbonate de magnésium à partir d'hydroxyde de magnésium.
8. CUNHA, George M., *Mass deacidification system available to librarians*, dans *New Directions in Paper Conservation*, Preprints, Oxford, 1986, D. 66-67.
Diéthyl de zinc et carbonate de méthyle magnésium.
9. * DANIELS, Vincent, *Colour changes of watercolour pigments during deacidification*, dans *Science and Technology in the Science of Conservation*, IIC, Londres, 1982, p. 66-70.
Hydroxydes de calcium et de baryum produisent les changements de couleur les plus importants.

10. * DANIELS, Vincent, *Aqueous deacidification of paper*, dans *The Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*, Londres, 1987, p. 109-115.
Hydroxyde de calcium et bicarbonate de magnésium.
11. * DUPUIS, R.N., J.E. KUSTERER et R.C. SPROULL, *Evaluation of Langwell's vapour phase deacidification process*, dans *Restaurator*, 1(1970), p. 149-164.
Carbonate de cyclohexylamine.
12. * FEDERICI, C. et M. HEY, *Problems involved in the restoration of a Mercator atlas*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Venise, 1975, 75/15/11, 19 p.
Acétate de calcium.
13. * FLIEDER, Fr., Fr. LECLERC et S. BONNASSIES, *La désacidification des papiers*, dans *Bulletin de l'Institut royal du Patrimoine artistique*, XV(1975), p. 151-162.
Bicarbonate de magnésium et borax comme méthodes aqueuses, hydroxyde de baryum comme non aqueuse.
14. * FLIEDER, Fr., Fr. LECLERC et Ch. GARNIER, *La sauvegarde des documents imprimés à la Bibliothèque Nationale*, dans *Les documents graphiques et photographiques : Analyse et conservation*, C.N.R.S., Paris, 1981, p. 11-30.
Solution aqueuse de borax, hydroxyde de baryum ou carbonate de méthyle magnésium.
15. HEY, M., *Kitchen chemistry. The reasons why not*, dans *Abbey Newsletter*, 11(1977), p. 1-2.
Le borax et autres dérivés du sodium ne devraient jamais être utilisés dans des traitements de restauration.
16. * HEY, M., (*Answer*), dans *Paper Conservation News*, 7(1978), p. 4.
Quelques réflexions au sujet de l'acétate de magnésium résumant pourquoi cette méthode doit être rejetée.
17. * HEY, M., *The washing and aqueous deacidification of paper*, dans *The Paper Conservator*, 4(1979), p. 66-80.
Questions pratiques sur la désacidification avec des solutions d'hydroxyde de calcium et de bicarbonate de magnésium.
18. * HEY, M., *Deacidification and stabilisation of iron-gall inks*, dans *Restaurator*, 5(1981), p. 24-44.
Borax, hydroxyde de calcium, bicarbonate de magnésium et carbonate de méthyle magnésium.
19. * KELLY, G. B. Jr., *Practical aspects of deacidification*, dans *Journal of the American Institute for Conservation*, 13(1972), p. 16-28 et dans *Etudes concernant la restauration d'archives, de livres et de manuscrits*, numéro spécial de *Archives et Bibliothèques de Belgique*, 12(1974), p. 91-105.
Aperçu des techniques de désacidification aqueuse, non aqueuse et gazeuse.
20. * KELLY, G. B. Jr., L. TANG et M. K. KRASNOV, *Methyl magnesium carbonate. An improved nonaqueous deacidification agent*, dans *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 62-71.
Etude comparative entre le méthoxyde de magnésium et le carbonate de méthyle magnésium.
21. * KING, A., A. PELIKAN et W. FALCONER, *The use of archivist's pen and universal pH solution for estimating the surface pH of paper*, dans *Studies in Conservation*, 15(1970), p. 63-64.
Etude comparative des mesures de l'acidité avec l'archivist's pen, les indicateurs colorés et l'électrode de surface.
22. * KOURA, A., *Konservierung und Restaurierung von Papier mit konzentrierter Natronlauge: Bedingungen und praktische Erfahrungen*, dans *Maltechnik-Restaurator*, 4(1983), p. 288-292.
Système de désacidification avec différents bains : soude caustique, acide sulfurique, carbonate de magnésium.
23. LANGWELL, W.H., *The vapour phase deacidification of books and documents*, dans *Journal of the Society of Archivists*, 3(1966), p. 137-138.
24. * MIHRAM, Danielle, *Paper deacidification: A bibliographic survey*, dans *Restaurator*, 7(1986), p. 81-118.

Cette bibliographie reprend uniquement les livres et articles parus en anglais. Les sujets sont les suivants : la nécessité de désacidifier, les méthodes aqueuses, non aqueuses, à base de vapeur, la désacidification de masse.

25. NORTH, N.A., *Nonaqueous deacidification*, dans *Bulletin of the Institute for the Conservation of Cultural Property*, V(1979), p. 41-42.

Préparation du carbonate de méthyle magnésium.

26. PIDEK, Jan, *Mass deacidification : operational experience at the Public Archives and the National Library of Canada*, dans *New Directions in Paper Conservation*, Preprints, Oxford, 1986, D. 69.

Carbonate de méthyle magnésium au Canada.

27. PRAVILOVA, T.A. et T.V. ISTRUBISINA, *Preservation of paper documents by the buffering methods*, dans *Preservation of Documents and Papers*, Program for scientific translations, Jérusalem, (1968), p. 72-82.

Solutions tampons pour neutraliser l'acidité de papier impression.

28. * ROSSI, Luciana, *Studio della deacidificazione non acquosa con acetato e formiato di calcio in soluzioni alcooliche*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, 37(1981) p. 41-54.

Comparaison de techniques d'application : immersion, pinceau, vaporisation et différentes concentrations dans deux solvants.

29. * SANTUCCI, Ludovico, *Paper deacidification procedures and their effects*, dans *Les techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits*, Colloque du C.N.R.S. n° 584, Paris, (1972), p. 197-212.

Bicarbonate de magnésium et hydroxyde de calcium, acétate de magnésium, hydroxyde de baryum, méthoxyde de magnésium.

30. * SANTUCCI, Ludovico, *Degradazione della cellulosa in presenza di composti inorganici : I. Influenza dell'umidità sul comportamento di cellulosa contenente carbonati di calcio e magnesio. II. Conseguenze del trattamento con bicarbonati di magnesio e di calcio ai fini della deacidificazione*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXII(1973-74), p. 57-87.

Mise en doute de la validité de la désacidification au bicarbonate de magnésium.

31. * SANTUCCI, Ludovico, G. VENTURA et Maria Grazia ZAPPALÀ PLOSSI, *An evaluation of some nonaqueous deacidification methods for paper documents*, dans *Etudes concernant la restauration des archives, des livres et des manuscrits*, numéro spécial de *Archives et Bibliothèques de Belgique*, 12(1974), p. 131-154.

Hydroxyde de baryum, acétate de magnésium et méthoxyde de magnésium.

32. * SANTUCCI, Ludovico, *Il ruolo della chimica nella conservazione del Patrimonio librario*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVIII(1982-83), p. 121-148.

Les résultats après vieillissement humide ont montré la dépolymérisation de la cellulose traitée avec du borax et l'impossibilité de recommander un tel traitement.

33. * SCIMIA, Amelio, *Sperimentazione per una soluzione idroalcolica deacidificante. Parte I*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVII(1981), p. 67-72.

Solution d'acétate de calcium dans un mélange eau - alcool.

34. * SEBERA, Donald, *Mass deacidification of paper at the Library of Congress*, dans *New Directions in Paper Conservation*, Preprints, Oxford, 1986, D.68.

Désacidification en masse avec le diéthyl de zinc.

35. * SEELEY, Nigel J., *Aspetti chimici del deterioramento e della conservazione della carta*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 251-261 et dans *PACT*, 12(1985), p. 193-199 [en anglais].

Description de quelques méthodes : Barrow à deux bains, hydroxyde de baryum, procédé de Langwell, quelques méthodes de masse : méthoxyde de magnésium, diéthyl de zinc et carbonate de méthyle magnésium.

36. * SMITH, Richard D., *New approaches to preservation*, dans *Deterioration and Preservation of Library Materials*, éd. H. WINGER, Chicago, 1970, p. 139-171.

Méthoxyde de magnésium et carbonate de méthyle magnésium.

37. * SMITH, Richard D., *Design of a liquified gas mass deacidification system for paper and books*, dans *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 149-158.

Carbonate de méthyle magnésium.

38. SMITH, Richard D., *Non aqueous deacidification: its origin, development, status and philosophies*, dans *New Directions in Paper Conservation*, Preprints, Oxford, 1986, D. 67.

Carbonate de méthyle magnésium, diéthyl de zinc et système double qui renforce en même temps le papier.

39. * SMITH, Richard D., *Progress in mass deacidification at the Public Archives*, dans *Canadian Library Journal*, 36(1979), p. 325-332 et dans *Conservation of Library and Archives Materials and the Graphic Arts*, Londres, 1987, p. 125-137.

Carbonate de méthyle magnésium.

40. TANG, Lucia C., *Washing and deacidifying paper in the same operation*, dans *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 193, Washington, 1981, p. 63-85.

Hydroxyde de calcium.

41. * WACHTER, Otto, *Restaurierung und Erhaltung von Büchern, Archivalien und Graphiken*, Vienne-Cologne-Graz, 1975, p. 60-69.

Bicarbonates de calcium, de magnésium et borax.

42. * WALKER, Bernard, *Morpholine deacidification of whole books*, dans *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 72-87.

Technique de masse avec un mélange de vapeur d'eau et de vapeur de morpholine.

43. * WILLIAMS, John C., *Paper permanence, a step in addition to alkalization*, dans *Restaurator*, 3(1979), p. 81-90.

Carbonates de calcium ou de magnésium.

44. WILLIAMS, John C., *A review of paper quality and paper chemistry*, dans *Library Trends*, 30-2(1981), p. 203-224.

Méthodes de désacidification aqueuse, non aqueuse et de masse.

45. WILSON, William K., M.C. Mac KIEL, J.L. GEAR et R.H. Mac LAREN, *Preparation of solutions of magnesium bicarbonate for deacidification*, dans *American Archivist*, 41(1978), p. 67-70.

Bicarbonate de magnésium à partir de l'hydroxyde ou du carbonate basique de magnésium.

46. WILSON, William K., Ruth A. GOLDING, R.H. Mac LAREN et J.L. GEAR, *The effect of magnesium bicarbonate solutions on various papers*, dans *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 193, Washington, 1981, p. 86-107.

Bicarbonate de magnésium: propriétés physico-chimiques améliorées.

47. * ZAPPALA-PLOSSI, Maria Grazia, *Effetto sulla cellulosa di soluzioni acquose di idrossido di calcio*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVII(1981), p. 29-40.

Désacidification avec l'hydroxyde de calcium.

48. * ARNOULT, Jean-Marie, *Mass deacidification in France*, dans *Restaurator*, 8(1987), p. 100-105.

Système de masse opérationnel en France, à Sablé, à base de carbonate de méthyle magnésium.

49. BANIK, Gerhard, *Problems of mass conservation of Newsprint in libraries*, dans *International Symposium on Newspaper Preservation and Access*, Vienne, 1987, 7p.

Méthode viennoise à base de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et MC 40 pour désacidifier et renforcer les journaux en une seule opération.

50. * BANSAL, Helmut, *Conservation treatment of rare books*, dans *Restaurator*, 8(1987), p. 140-150.

Discussion générale sur les traitements de conservation dont la désacidification de masse.

51. *Book Preservation Technologies*, Rapport établi pour The Congress of The United States par The Office of Technology Assessment, Washington, (1987), 118 p.

Diéthyl de zinc, Wei T'o, Vapor phase deacidification, Bookkeeper Process.

52. * CLEMENTS, D.W.G., *Emerging technologies. Paper strengthening*, dans *Restaurator*, 8(1987), p. 124-128.
Imprégnation de monomères acryliques et irradiations.
53. CUNHA, George M., *Mass deacidification for libraries*, dans *Library Technology Reports*, 23(1987), p. 361-472.
Diéthyl de zinc, Wei T'o, vapeurs d'ammonium, Carbonate de cyclohexylamine, morpholine, carbonate de méthyle magnésium, méthode viennoise.
54. * NORDSTRAND, Ove K., *Conservation treatments*, dans *Restaurator*, 8(1987), p. 133-139.
Diéthyl de zinc et méthoxyde de magnésium.
55. * SCOTT, Marianne, *Mass deacidification at the National Library of Canada*, dans *Restaurator*, 8(1987), p. 94-99.
Méthoxyde de magnésium et Wei T'o.
56. * SMITH, Richard D., *Deacidifying library collections: Myths and realities*, dans *Restaurator*, 8(1987), p. 69-93.
Diéthyl de zinc et Wei T'o.
57. * SPARKS, Peter G., *Technology in support of preservation*, dans *Restaurator*, 8(1987), p. 65-68.
Renforcement chimique du papier.
58. * SPARKS, Peter G., *Mass deacidification at the Library of Congress*, dans *Restaurator*, 8(1987), p. 106-110.
Diéthyl de zinc.
59. * WACHTER, Otto, *Paper strengthening. Mass conservation of unbound and bound newspapers*, dans *Restaurator*, 8(1987), p. 111-123.
Désacidification et renforcement en une seule opération: MC 40, Mg(HCO₃)₂ et Planatol.
60. * WACHTER, Wolfgang, *Mechanizing restoration work. The Deutsche Bücherei in Leipzig and its role as a regional center for IFLA*, dans *Restaurator*, 8(1987), p. 129-132.
Reféte du papier et introduction d'un nouveau support.
61. * RUGGHERO, Daniele, *La misura del pH*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XI, 1986, p. 145-155.
Exposé didactique sur la manière de mesurer le pH de surface.

II. BLANCHIMENT

1. ABADIE-MAUMERT, F.A. et V. LORAS, *Comparaison de la réduction de la blancheur et de la modification de couleur des pâtes mécaniques au cours du vieillissement artificiel accéléré et du vieillissement naturel*, dans *Revue de l'association technique de l'industrie papetière*, 31(1977), p. 334-342.
Dithionite de sodium et eau oxygénée.
2. ABADIE-MAUMERT, F.A., E. BOHMER et V. LORAS, *Pâte mécanique: blancheur et stabilité de la blancheur*, dans *Revue de l'association technique de l'industrie papetière*, 28(1978), p. 117-127.
Blanchiment industriel.
3. * AGRAWAL, O.P., *Conservation of Manuscripts and Paintings of South East Asia*, London, 1984, p. 165-171.
NaOCl, ClO₂, KMnO₄, chloramine T.
4. * ANNIS, Z.K. et B.M. REAGAN, *Evaluation of selected bleaching treatments suitable for historic white cottons*, dans *Studies in Conservation*, 24(1979), p. 171-178.
Comparaison entre blanchiment naturel et chimique, H₂O₂, de cotons anciens.
5. BAKER, Cathleen, *Practical methods for sun and artificial light bleaching paper*, dans *American Institute for Conservation*, Postprints, Milwaukee, 1984, p. 14-15.
Lumière naturelle ou artificielle avec une solution alcaline Mg(HCO₃)₂ ou Ca(OH)₂.

6. * BANKS, Paul N., *Dry cleaning methods*, dans *Restaurator*, 1(1969), p. 52-66.
Chloramine T, NaOCl, ClO₂, KMnO₄.
7. * BAYNE-COPE, A.D., *The effect of residues of manganese compounds in paper on the bleaching of prints*, dans *The Paper Conservator*, 2(1977), p. 3.
Brunissement d'un papier préalablement blanchi avec du permanganate et traité avec de l'hypochlorite.
8. * BHOWMIK, S., *A non aqueous method for the restoration of an Indian miniature painting*, dans *Studies in Conservation*, 12(1967), p. 116-123.
Chloramine T en solution alcoolique.
9. * BLANK, Margarita G., Svetlana A. DOBRUSINA et Natalia B. LEBEDEVA, *A search for procedures for restoration and stabilization of 16th and 17th century Netherlands atlases damaged by green paint*, dans *Restaurator*, 6(1984), p. 127-138.
Chloramine B, H₂O₂ en solution alcoolique.
10. BOUSTEAD, William, *Strengthening bleached and oxydised papers by resizing and deacidification*, dans *Conservation of Paintings and the Graphic Arts*, Londres, (1972) p. 907-914.
NaOCl, KMnO₄, Chloramine T, métabisulfite de potassium, perborate de sodium.
11. BRANCHICK, T., K. KEYES et C. FAHK, *A study of the bleaching of naturally aged paper by artificial and natural light*, dans *American Institute for Conservation*, Preprints, Milwaukee, 1984, p. 29-39.
Lumière naturelle ou artificielle.
12. * BRANNHAL, Günter et Wilhelm WILLEMER, *Die restauratorische Nassbehandlung alter Hadern-papiere*, dans *Maltechnik Restaura*, 91(1985), p. 52-55.
Bioxyde de chlore.
13. BURGESS, Helen et James F. HANLAN, *Degradation of cellulose in conservation bleaching treatments*, dans *Journal of the International Institute for Conservation*, Canadian group, 4(1979), p. 15-22.
NaOCl, H₂O₂ et ClO₂ gazeux.
14. * BURGESS, Helen D., *The elimination of chloramine T residues through the use of reducing agent antichlors*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/12, 15 p.
Six traitements antichlores après la chloramine T.
15. * BURGESS, Helen D., *The use of gel permeation chromatography, investigating the degradation of cellulose during bleaching*, dans *Science and Technology in the Service of Conservation*, HC, Londres, 1982, p. 85-88.
H₂O₂.
16. BURGESS, Helen D. *The bleaching efficiency and colour reversion of three borohydrate derivatives*, dans *American Institute for Conservation*, Preprints, Milwaukee, 1984, p. 40-48.
Trois borohydrures.
17. BURGESS, Helen D., *Relationships between colour production in cellulose and the chemical changes brought by bleaching*, dans *American Institute for Conservation*, Postprints, Milwaukee, 1984, p.20-30.
NaOCl, H₂O₂, ClO₂, chloramine T.
18. * BURGESS, Helen, *The colour reversion of paper after bleaching*, dans *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Art*, Londres, 1987, p. 57-70.
NaOCl (à trois pH différents), H₂O₂ stabilisé, ClO₂ (gazeux et par immersion) et chloramine T.
19. * CLEMENT, Daniel, *The blistering of paper during hydrogen peroxide bleaching*, dans *Journal of the American Institute for Conservation*, 23(1983), p. 47-62.
Blanchiment avec H₂O₂.
20. * CUNHA, M.J., *Conservation of Library Materials*, Metuchen, 1971, p.154-158 et 274-275.
NaOCl, ClO₂, H₂O₂, Chloramine T, KMnO₄.
21. * DANIELS, Vincent, *The elimination of bleaching agents from paper*, dans *The Paper Conservator*, 1(1976), p. 9-11.
Elimination des résidus de blanchiment avec chloramine T, ClO₂, NaOCl, Ca(ClO)₂, H₂O₂.

22. * DE FULVIO, Silvano et Luigi LONGO, *Applicazione dell'ozono per l'imbiacamento delle carte imbrunite nel campo del restauro librario*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIX(1960), p. 136-140.

Ozone dissous dans de l'eau.

23. * DONNITHORNE, Alan, *Chlorine dioxide: observations on its use in paper bleaching*, dans *The Paper Conservator*, 4(1979), p. 20-29.

ClO₂ gazeux (chlorite de sodium + formaldéhyde): facteurs qui influencent la réaction.

24. * DUHL, Susan et Cathleen BAKER, *Considerations in light bleaching art on paper*, dans *Paper Conservation News*, 40(1986), p. 4-6.

Banc de tubes fluorescents pour des blanchiments de documents graphiques.

25. ELDRIGE, Betsy Palmer, *A sun bleaching project*, dans *American Institute for Conservation*, Post-prints, Milwaukee, 1984, p. 52-55.

Exposition au soleil après mouillage et lavage à froid et à chaud.

26. FEDERICI, Carlo et Libero ROSSI, *Manuale di conservazione e restauro del libro*, Rome, 1983, p. 73-77.

La préparation de la solution d'H₂O₂ et l'exécution du traitement sont clairement exposées.

27. * FLIEDER, Françoise, *Etude des blanchiments chimiques de taches de papiers anciens*, dans *Bulletin de l'Association technique de l'Industrie papetière*, 1960, p. 173-182.

KMnO₄, H₂O₂, Ca(ClO)₂, NaOCl, HCl, acide oxalique, acide citrique, chloramine T, ClO₂, alun de fer et ammonium.

28. * FLIEDER, Françoise, *La conservation des documents graphiques. Recherches expérimentales*, Paris, 1969, p. 109-140 et 223-230.

NaOCl, ClO₂ et Ca(ClO)₂.

29. * GETTENS, R.J., *The bleaching of stained and discoloured pictures on paper with sodium chlorite and chlorine dioxide - Blanchiment au chlorite de sodium et bioxyde de chlore de gravures et dessins sur papiers tachés et jaunés*, dans *Museum*, 5(1952), p. 116-130.

Bioxyde de chlore.

30. * GIULIANI, A. et M. LUCIANI, *Imbianchimento e degradazione meccanica della carta nei procedimenti di sbianca*, dans *Quaderni del Gabinetto Nazionale delle Stampe*, 3(1972), p. 73-94.

NaOCl, Ca(OCl)₂, ClO₂, chloramine T, ozone et eau oxygénée.

31. * HEY, Margaret, *Paper bleaching: its simple chemistry and working procedure*, dans *The Paper Conservator*, 2(1977), p. 10-23.

Hypochlorites de calcium et de sodium, chloramine T, ClO₂, acide chloréux, H₂O₂, KMnO₄, et borohydrure de sodium.

32. * HOFENK DE GRAAFF, Judith, *The effect of chloramine T on paper*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Venise, 1975, 75/15/4, 17 p.

Chloramine T, KMnO₄, NaOCl.

33. * KEYES, Keiko Mizushima, *Alternatives to conventional methods of reducing discoloration in works of art on paper*, dans *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*, Londres, 1987, p. 49-55.

Blanchiment au soleil dans une solution de Mg(HCO₃)₂.

34. * LECLERC, Françoise et Suzanne BONNASSIES, *Blanchiment des papiers au moyen de bioxyde de chlore gazeux*, dans *Documents graphiques et photographiques: analyse et conservation*, C.N.R.S., Paris, 1981, p. 31-41.

Bioxyde de chlore gazeux.

35. * LONGO, Luigi, Franca MANGANELLI et J.L. MARTIN, *Sperimenti su un metodo di pulitura di carte manoscritte imbrunite*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XVIII(1959), p. 143-145.

La solution est composée de sel d'oscille, d'hypochlorite de sodium, d'acide chlorhydrique et de soude caustique.

36. * LONGO, Luigi, *Esperimenti ed osservazioni su l'eliminazione elettrolitica dalle carte dell'acido ossalico usato per procedimenti di imbiancamento e di smacchiamento*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXX(1971), p. 89-96.

Blanchiment avec KMnO_4 suivi d'un bain d'acide oxalique.

37. * LUCIANI, Mario et Luciano CORSI, *Effetti dei trattamenti di sbianca da laboratorio su carte invecchiate*, dans *Quaderni del Gabinetto Nazionale delle Stampe*, 3(1972), p. 27-56.

KMnO_4 , NaOCl , perborate de sodium et dithionite de sodium.

38. * LYALL, Jan, *A preliminary study of chemical methods for stabilizing lignin in groundwood paper*, dans *Science and Technology in the Service of Conservation*, IIC, Londres, 1982, p. 79-84.

H_2O_2 , borohydrure.

39. MARMIER, Alex et Jean CHIAVERINA, *Lavage des documents anciens sur papier*, dans *Bulletin philologique et historique*, 1951-52, p. 319-322.

Hypochlorite de sodium.

40. * MEYNELI, Guy, *Notes on foxing, chlorine, dioxide bleaching and pigments*, dans *The Paper Conservator*, 4(1979), p. 30-32.

Blanchiment des piqûres au bioxyde de chlore.

41. * PLENDERLETT, H.J., *La conservation des antiquités et des oeuvres d'art*, traduit de l'anglais par P. PHILIPPOT, Paris, 1966, p. 89-96.

NaOCl , Chloramine T, ClO_2 .

42. * POOT, A.H., *Chemical bleaching of ancient techniques*, dans *Conservation of Ancient Textiles*, IIC, Londres, 1965, p. 53-63.

Blanchiment de textiles anciens avec H_2O_2 , persels et ozone.

43. * SANTUCCI, Ludovico, *Resistenza e stabilità della carta: degradazione per trattamento con ossidanti. Effetto sulla laminazione con acetilcellulosa*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXV(1966), p. 51-72.

Hypochlorite de sodium avec rinçage et chloramine T avec et sans rinçage.

44. * SANTUCCI, Ludovico, *Degradation of paper treated with oxidants, effects of lamination on the ageing of paper*, dans *Problems of Conservation in Museums*, London, 1969, p. 187-207.

Hypochlorite de sodium avec rinçage et chloramine T avec et sans rinçage.

45. * SANTUCCI, Ludovico et V. GROSSO, *Aspetti chimici dello sbiancamento della carta. Effetti secondari di ipoclorito e clorito di sodio, e ossidanti coesistenti o derivati*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXIX(1984-85), p. 165-186.

NaOCl acidifié et ClO_2 .

46. TANG, Lucia, *Stabilization of paper through sodium borohydride treatment*, dans *Historic Textile and Paper materials. Conservation and Characterization*, Advances in chemistry series 212, Washington, 1986, p. 427-442.

Solutions aqueuses de borohydrure de sodium.

47. * WACHTER, Otto, *Fixierungsmöglichkeiten für Eisengallustinten bei chemischen Instandsetzungsarbeiten*, dans *Etudes concernant la restauration d'archives, de livres et de manuscrits*, numéro spécial de *Archives et Bibliothèques de Belgique*, 12(1974), p. 223-233.

Chloramine T, NaOCl et H_2O_2 .

48. * WACHTER, Otto, *Restaurierung und Erhaltung von Büchern, Archivalien und Graphiken*, Vienne-Cologne-Graz, 1975, p. 114-121.

NaOCl , $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, Chloramine T, perborate de sodium, ClO_2 gazeux, H_2O_2 , KMnO_4 .

III. COLLES

1. * Anon., *Amidon, Fiche technique n° 1*, dans *Restauration-Conservation*, n° 2, (1985), p. 20.
Colle d'amidon.

2. * Anon., *Paste for mending paper currently in use by conservation analytical lab, Smithsonian Institution. «Florence paste (modified)»*, dans *Bulletin of the American Institute for Conservation*, 14(1973), p. 23.
Colle d'amidon avec de la méthylcellulose.
3. Anon., *Various paste formulae dans First Annual Seminar. Conservation Materials*, Austin, 1982, p. 142-145.
Recettes de colles de pâte et d'amidon.
4. * BAER, N.S., N. INDICTOR et A. JOEL, *The aging behavior of impregnating agent-paper systems as used in paper conservation*, dans *Restaurator*, 2(1972), p. 5-23.
Trois agents de consolidation.
5. * BAER, N.S., N. INDICTOR, M. SHELLEY et W. ELEY, *An evaluation of a dip-impregnation treatment for the conservation of deteriorated books*, dans *Bulletin of the American Institute for Conservation*, 13(1972), p. 37-47.
Regnal: PVacétal.
6. * BAER, N.S., N. INDICTOR et W.H. PHELAN, *An evaluation of poly(vinylacetate) adhesives for use in paper conservation*, dans *Restaurator*, 2(1975), p. 121-138.
Dix acryliques commerciaux.
7. * BAER, N.S., N. INDICTOR, T.I. SCHWARTZMAN et I.L. ROSENBERG, *Chemical and physical properties of poly(vinylacetate) copolymer emulsions*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Venise, 1975, 75/22/5, 20 p.
Huit colles polyvinyliques dont trois copolymères acétate-éthylène et trois acétates de butyle.
8. * BAER, N.S., N. INDICTOR et A. JOEL, *An evaluation of glues for use in paper conservation*, dans *Conservation and Restoration of Pictorial Art*, Londres, 1976, p. 182-190.
Quatre colles d'origine animale, végétale et hydrocarbonée.
9. * BAKER, C.A., *Methylcellulose and sodium carboxymethylcellulose: uses in paper conservation*, dans *American Institute for Conservation*, Postprints, Milwaukee, 1984, p. 16-19.
Deux méthylcelluloses et une carboxyméthylcellulose de sodium.
10. * BAKER, C.A., *Méthylcellulose et carboxyméthylcellulose sodique: étude par vieillissement accéléré des propriétés pour la conservation du papier*, dans *Adhésifs et consolidants*, HC, Paris, 1984, p. 53-57.
Ethers cellulosiques: MCE et CMC.
11. BAKER, C.A., *Handout on adhesives, sizing agents, fixatives and consolidants and Adhesives. Preparation of solutions*, (s. 1.), 1987, 4 p.
Caractéristiques des colles végétales, animales, synthétiques (cellulosiques, acryliques et vinyliques) et liste des produits commerciaux correspondant à ces catégories.
12. BANIK, G., *Problems of mass conservation of newsprint in libraries*, IFLA working group on newspapers, International Symposium on Newspaper Preservation and Access, Vienne, 1987, 7 p.
Hydroxyde de calcium.
13. * BANSÁ, H., *Weissleim in der Papierrestaurierung*, dans *Maltechnik-Restaurator*, 83(1977), p. 179-182.
Étude comparative de cinq colles «blanches»: acétate de polyvinyle.
14. * BANSÁ, H. et G. BARGENDA, *Papieranfaseren. Bericht über eine handwerkliche Technik. 1. Teil: Anfasenstrasse, Fehlstellen, Fasern, Färben*, dans *Maltechnik-Restaurator*, 85(1979), p. 320-325. 2. Teil: *Anfasern, Verstärken und Trocknen*, dans *Maltechnik-Restaurator*, 86(1980), p. 67-72.
Mélange d'amidon cationique (solvitose) et de carboxyméthylcellulose sodique pour restauration mécanique.
15. * BASS, S.C., *An experiment to determine the suitability of six synthetic resins as protective coatings for archival papers*, Kingston Report, 1976, 42p.
Six résines synthétiques: méthylcellulose, nylon soluble, Jade 403, Elvacite 2044, Acryloid B 72 et carboxyméthylcellulose sodique utilisées comme consolidants.

16. * BICCHIERI, M., *Protezione temporanea di frammenti, pigmenti, inchiostri solubili in acqua mediante applicazione di velo precollato con Primal AC 33*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXVIII(1982-83), p. 27-32.

Caractéristiques de la résine synthétique Primal AC 33.

17. * BLANK, M.G., *The effect of polymer additives on the strength of paper of different compositions*, dans *Restaurator*, 2(1978), p. 155-162.

Six consolidants: PValcool, méthylcellulose, carboxyméthylcellulose sodique, PVacétate, gélatine et nylon soluble.

18. * BLUNN, D. et G. PETHERBRIDGE, *Leaf-casting. The mechanical repair of paper artifacts*, dans *The Paper Conservator*, 1(1976), p. 26-32.

Carboxyméthylcellulose et gélatine.

19. * BOCKHOFF, F., K.M. GUO, G.E. RICHARDS et E. BOCKHOFF, *Etudes à l'infrarouge sur la cinétique de l'insolubilisation du nylon soluble*, dans *Adhésifs et consolidants*, HC, Paris, 1984, p. 83-88.

Le nylon soluble ne peut plus être recommandé à cause de son insolubilisation rapide.

20. * BOUSTEAD, W.M., *Strengthening bleached and oxidised papers by resizing and deacidification*, dans *Conservation of Paintings and the Graphic Arts*, Londres, 1972, p. 902-914.

Blanchiments suivis d'un renforcement avec consolidant.

21. * BURGESS, H.D. et C.L. CHARETTE, *The use of fixatives to protect fugitive colourants during conservation treatments*, dans *American Institute for Conservation*, Preprints, Baltimore, 1983, p. 129-139.

Colles d'origine animale ou synthétique appliquées comme fixatifs: Paraloid B 72, acétate de cellulose et cire de paraffine.

22. CLARKSON, C., *Recipes, Bodleian Library*, Oxford, 1985, 1 p.

Colle végétale: avec amidon de blé ou avec farine.

23. * DE WITTE, E., *Soluble nylon as consolidation agent for stone*, dans *Studies in Conservation*, 20(1975), p. 30-34.

Mise en garde contre le risque d'insolubilisation du nylon soluble utilisé pour la conservation de la pierre.

24. * DE WITTE, E., *Polyvinyl alcohol. Some theoretical and practical informations for restorers*, dans *Bulletin de l'Institut royal du Patrimoine artistique*, XVI(1976-77), p. 120-129.

Caractéristiques physiques et chimiques des alcools de polyvinyle.

25. * DE WITTE, E., M. GOESSENS LANDRIE, E.J. GOETHALS et R. SIMONDS, *The structure of «old» and «new» Paraloid B 72*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Zagreb, 1978, 78/16/3, 9 p.

Analyse du nouveau Paraloid B 72: 2% d'acrylate de méthyle en plus.

26. * DE WITTE, E. et M. COEN BOGAERTS, *Vergelijkend onderzoek van enkele witte houtlijmen*, dans *Bulletin de l'Institut royal du Patrimoine artistique*, XVIII(1980-81), p. 131-142.

Etude de dix colles blanches à bois commerciales (PVA).

27. * DE WITTE, E., *Resins in conservation: introduction to their properties and applications*, dans *Resins in Conservation*, Edinbourg, 1982, p. 1.1-1.6.

Types de résines synthétiques.

28. * DE WITTE, E., *Der Gebrauch von modernen Bindemitteln und Fixativen*, dans *Internationaler Graphischer Restauratorenkongress*, La Haye, 1983, 9 p.

Ethers de cellulose (MCE, GMC, ECE, HEC, EHEC, HPC), alcools de polyvinyle et résines acryliques.

29. * DOLLOFF, F.W. et R.L. PERKINSON, *How to Care for Works of Art on Paper*, Boston, 1971, p. 29-30.

Colle de pâte avec farine et amidon de blé ou de riz.

30. * DOUAI, A., *Les colles animales*, dans *Restauration - Conservation*, n° 3, (1985), p. 26-27.

Caractéristiques des colles animales.

31. FEDERICI, C. et L. ROSSI, *Conservazione e restauro del libro*, Rome, 1983, p. 58-62, 80-91.
Fixatifs : Calaton, Paraloid, gélatine ; adhésifs : mélange de PVA, MHE, dextrine et amidon ;
doublage : MHE ou Primal.
32. * FLIEDER, F., *Etude de la résistance biologique des procédés de renforcement des documents graphiques*, dans *Recent Advances in Conservation*, IIC, Londres, 1963, p. 65-69.
Dextrine et acétate de cellulose.
33. * FLIEDER, F., R. TALBOT, C. FLIEDER et D. DE REYER, *Etude expérimentale sur les fixatifs des tracés pulvérolents*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/8, 16 p.
2 résines naturelles, 11 synthétiques et 16 fixatifs commerciaux.
34. * FLORQUIN, S., E. DE WHITE et A. TERFVE, *Etude comparative de quelques colles universelles*, dans *Restauration - Conservation*, n° 7-8, (1986), p. 34-37.
Peu de colles universelles semblent fiables. Elles sont sensibles à des changements subits de température.
35. * GAROLA, T.R., *Pastes and adhesives for paper and textiles*, dans *Journal of Indian Museum*, VIII(1952), p. 36-42.
15 colles : végétales, animales, synthétiques. L'auteur recommande la colle d'amidon.
36. * GALLO, F., *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. I. Saggi sulla colla di farina*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XVIII(1959), p. 1-15.
Etude de cinq fongicides incorporés dans de la colle de pâte.
37. * GALLO, F., *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. II. Saggi su alcuni adesivi organici e sintetici e considerazioni sulla regolazione dei fattori termogravimetrici ambientali che inibiscono l'attacco microbico*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XX(1961), p. 6-26.
Résistance biologique de colles naturelles et synthétiques : HEC et PVA sont les plus résistants.
38. * GALLO, F., *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. IV. Saggi sul polivinilpirrolidone, calaton, maranyl e aquapel*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXIII(1964), p. 39-48.
Résistance biologique de quatre produits commerciaux utilisés comme agents de renforcement.
Les résultats sont bons.
39. * GALLO, F., *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. VI. Saggi su collanti puri o addizionati di fungicidi*, dans *Bollettino dell'Istituto centrale per la patologia del libro*, XXVIII(1969), p. 9-47.
Résistance biologique de quatre consolidants. Les résultats sont bons pour PValcool et HEC.
40. * GALLO, F. et C. MARCONI, *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. VII. Saggi su materiali impiegati per la velatura a secco*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVIII(1982-83), p. 49-60.
Résines thermoplastiques utilisées avec un papier japon ou un tissu synthétique : nylon et Paraloid B 72.
41. * HEY, M., *Paper conservation processes hazardous to health*, dans *The Paper Conservator*, 5-6(1980-81), p. 5-13.
Les colles ne présentent pas de danger sauf en cas d'allergie.
42. * HOFENK DE GRAAFF, J., *Hydroxypropyl cellulose. A multipurpose conservation material*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/9, 17 p.
Les résultats sont très bons avec HPC.
43. * HORIE, C.V., *Materials for Conservation: Organic Consolidants, Adhesives and Coatings*, Londres, 1987, 281 p.
Manuel clair et précis qui présente toutes les catégories d'adhésifs et consolidants, naturels et synthétiques.

44. * HUMPHREY, B.J., *The application of parylene conformal coating technology to archival conservation*, dans *Studies in Conservation*, 29(1984), p. 117-123.
 Traitement gazeux pour renforcer les papiers avec du parylène.
45. HUMPHREY, B.J., *Vapor phase consolidation of books with the parylene polymers*, dans *Journal of the American Institute for Conservation*, 25(1986), p. 15-29.
 Traitement gazeux pour renforcer les papiers avec du parylène.
46. * INDICTOR, N., N.S. BAER et W.H. PHELAN, *An evaluation of pastes for use in paper conservation*, dans *Restaurator*, 2(1975), p. 139-150.
 Colles végétales, amidon et farine avec fongicides et colles cellulosiques.
47. * Institut canadien de Conservation, *Notes II/4. Colle d'amidon de blé*, 1986, 2 p.
 Recette de colle d'amidon de blé.
48. * KOHLER, S.A., *Preparation of rice starch paste*, dans *The Abbey Newsletter*, 5(1981), n° 3, p. 41.
 Préparation et cuisson de la colle d'amidon de riz ou de maïs.
49. * KOHLER, S.A., *How to make and use wheat starch paste*, dans *History News*, 36(1981), n° 7, p. 38-39.
 Préparation et cuisson de la colle d'amidon de blé.
50. LANGWELL, W.H., *Adhesives*, dans *Library Conservation. Preservation in Perspective*, édité par J. BAKER et M. SOROKA, Dowden Stroudsburg, 1978, p. 53-68.
 Présentation des catégories de colles.
51. * LECLERC, F., F. FLIEDER et F. BULLE, *Le colmatage mécanique des documents. Effet de l'incorporation d'un adhésif dans la pâte à papier*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Sidney, 1987, vol. II, p. 685-695.
 Amidon, fibres de PValcool, carboxyméthylcellulose sodique.
52. * MAC AUSLAND, J., *Facsimile paper repairs for works of art on paper*, dans *The Paper Conservator*, 3(1978), p. 28-32.
 Colle à base d'amidon pur.
53. * MAC AUSLAND, J. et Ph. STEVENS, *Techniques of lining for the support of fragile works of art on paper*, dans *The Paper Conservator*, 4(1979), p. 33-43.
 Colle d'amidon.
54. * MAC INNIS, K., *Two studies in paper conservation practice*, dans *Bulletin of the Institute for the Conservation of Cultural Material*, 6(1980), n° 2, p. 33-51.
 Méthylcellulose, carboxyméthylcellulose, amidon de riz, PVacétate et une émulsion acrylique.
 CMC semble donner les meilleurs résultats.
55. * MAC MULLEN, O., *Paper repair in older printed books*, dans *The Paper Conservator*, 3(1978), p. 18-27.
 Colle de farine, résines acryliques et hydroxypropylcellulose.
56. * MANGANELLI, F., *Tecnologia di restauro. Atti del convegno. La tutela del patrimonio bibliografico: norme, problemi e prospettive*, dans *Provincia di Padova. Informazioni*, numéro spécial, XIV(1985), n° 14, p. 12-17.
 Tableau des traitements et produits recommandés par l'Istituto Centrale per la Patologia del Libro.
57. * MASUDA, K., *Les adhésifs végétaux utilisés dans l'atelier de Hyogushi, restaurateur et monteur de peintures japonaises*, dans *Adhésifs et consolidants*, IC, Paris, 1984, p. 132-133.
 Colles traditionnelles japonaises à base d'amidon de blé ou fabriquées à partir d'algues.
58. MONTELATICI, C. et L. ROSSI, *Il documento grafico. Tecnica di salvaguardia: la velatura*, dans *Contributi ai problemi della conservazione: alcuni strumenti*, s.l., 1982, p. 129-148.
 Doublage avec méthylhydroxyéthylcellulose dans de l'acétone.
59. * MORRISON, R.C., *Aqueous adhesives for paper conservation*, dans *Bulletin of the Institute for the Conservation of Cultural Material*, 6(1980), n° 2, p. 52-68.
 18 recettes: de colles de farine, d'amidon, de méthylcellulose et de carboxyméthylcellulose.

60. * PASCOE, M.W., *Parylene coatings: some considerations on the reversibility of vapour formed coatings*, dans *Studies in Conservation*, 30(1985), p. 100.

A propos de la réversibilité du parylène.

61. * PHELAN, W.H., N.S. BAER et N. INDICTOR, *Adhesives used in paper conservation. A preliminary evaluation*, dans *Bulletin of the American Institute for Conservation*, 11(1970), p. 29-30.

Etude d'adhésifs à base d'acétate de polyvinyle.

62. * PHELAN, W.H., N.S. BAER et N. INDICTOR, *Adhesives used in paper conservation*, dans *Bulletin of the American Institute for Conservation*, 12(1971), p. 58-75.

Trois agents d'imprégnation (regnal, nylon soluble et alcool de polyvinyle), dix acétates de polyvinyle, quatre méthylcelluloses, sept colles à base de farine ou d'amidon, trois colles animales.

63. * PIERANTONELLI, L., D. MATE et F. SCALA, *Il restauro dei documenti d'archivio in seta. Prove di resistenza all'attacco biologico di vari adesivi*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXIX(1984-85), p. 119-136.

Colle végétale, cellulosique et vinylique.

64. * POURTALE, L., F. LEGLERC, F. FLIEDER, F. BULLE et G. BARBIER, *Le colmatage des papiers détériorés*, dans *Documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation 1984-85*, Paris, 1986, p. 11-52.

Amidon cationique.

65. * RESIDORI, L., M. BORTOLANI et P. RONCI, *Indagine comparata sulle caratteristiche del Calaton, del Paraloid e del PVA come agenti di rinforzo dei materiali cartacei*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVIII(1982-83), p. 103-120.

Nylon soluble, résine acrylique et un PVacétate.

66. * ROCHE, A., *Paraloid B 72. Rohm et Haas*, dans *Restauration-Conservation*, n° 7-8, (1986), p. 37-38.

Fiche technique du Paraloid.

67. * SANTUCCI, L., *Resistenza e stabilità della carta. III. Effetto dei collanti con particolare riguardo a gelatina e alcool polivinilico*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XX(1961), p. 145-157.

Gélatine, hydroxyéthylcellulose et PValcool.

68. * SANTUCCI, L. et G. MARTINELLI, *Resistenza e stabilità della carta. IX. Collatura con gelatina, alcool polivinilico e ossitilcellulosa. Venti anni dopo*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVII(1981), p. 55-6.

Gélatine, hydroxyéthylcellulose et PValcool.

69. * SCHWARTZ, C., B. GUINEAU, F. FLIEDER, C. LAROQUE et N. FLIEDER, *Les pastels*, dans *Analyse et conservation des documents graphiques et sonores*, Paris, 1984, p. 151-161.

Deux résines acryliques, une cellulosique et le nylon soluble.

70. * SEASE, C., *The case against using soluble nylon in conservation work*, dans *Studies in Conservation*, 26(1981), p. 102-110.

Etude des propriétés du nylon soluble.

71. * SOTO Y GALVEZ, B., R. DI TRAPANI et L. SANTUCCI, *Effetti protettivi del paraloid sulla carta durante il trattamento con ossidanti*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXVIII(1969), p. 87-96.

Le Paraloid et le nylon soluble ont été testés.

72. * STOUT, G.L. et M.H. HORWITZ, *Experiments with adhesives for paper*, dans *Technical Studies*, III(1934), n° 1, p. 38-46.

Quinze colles de pâte, protéiniques ou synthétiques ont été testées.

73. * TALBOT, R., F. FLIEDER et C. LAROQUE, *Etude sur les méthodes de fixation des tracés pulvéru-lents*, dans *Analyse et conservation des documents graphiques et sonores*, Paris, 1984, p. 65-117.

2 colles végétales, 12 résines synthétiques et 16 fixatifs commerciaux ont été testés.

74. * *Terminologie des adhésifs*, dans *Adhésifs et consolidants*, IIC, Paris, 1984, 30 p.
Glossaire des colles et consolidants avec équivalents en anglais.
75. * VAN STEENE, G. et L. MASSCHELEIN-KLEINER, *Modified starch for conservation purposes*, dans *Studies in Conservation*, 25(1980), p. 64-70.
L'utilisation d'amidon hydrolysé augmente la flexibilité de la colle.
76. * WACHTER, O., *Fixierungsmöglichkeiten für Eisengallustinten bei chemischen Instandsetzungsarbeiten*, dans *Études concernant la restauration d'archives, de livres et de manuscrits*, numéro spécial de *Archives et Bibliothèques de Belgique*, 12(1974), p. 223-233.
Gélatine, méthylcellulose, Regnal et Plexisol.
77. * WENSKY, A., *Erfahrungen mit Plexigum, Plexisol und Plexitol*, dans *Internationaler Graphischer Restauratorenkongress*, Francfort, 1980, p. 158-170.
Trois résines acryliques.
78. * WILLS, P., *La fabrication et l'emploi des colles japonaises à base d'amidon de blé dans le traitement des objets d'art pictural d'Extrême-Orient*, dans *Adhésifs et consolidants*, IIC, Paris, 1984, p. 128-131.
Colle d'amidon au Japon: colle fraîche et colle vieillie.
79. * WINTER, J., *Les adhésifs dans la peinture extrême-orientale*, dans *Adhésifs et consolidants*, IIC, Paris, 1984, p. 122-125.
Colles végétales et animales en Extrême-Orient.
80. * ZAPPALA-PLOSSI, M.G. et L. SANTUCCI, *Resistenza e stabilità della carta. VIII Indagini sulla collatura*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXVIII(1969), p. 97-117.
Étude comparative de cinq consolidants.
81. * ZAPPALA-PLOSSI, M.G., *Indagine su adesivi per il restauro di documenti cartacei*, dans *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXIV(1976-77), p. 35-51.
Étude comparative de colles cellulósiques, de leurs propriétés physico-chimiques, en application sur papier après vieillissement.
82. * ZAPPALA-PLOSSI, M.G. et P. CRISOSTOMI, *Consolidation de la couche picturale des enluminures avec polymères synthétiques purs*, dans *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/7, 15 p.
Étude comparative de cinq colles synthétiques (cellulosiques, vinylique et acrylique) utilisées comme fixatifs.
83. * CLAPP, A., *Curatorial Care of Works of Art on Paper*, Oberlin, 1977, p. 72-76.
Recette d'une colle d'amidon de blé et de deux colles mixtes, amidon + colle cellulosique et colle cellulosique + colle vinylique.
84. CLAPP, A., *Curatorial Care of Works of Art on Paper*, New York, 1987, p. 147-151.
Deux recettes de colle à base d'amidon de blé ou de riz, une colle cellulosique, MCE, ainsi qu'un mélange de cette dernière avec très peu de PVA.

BIBLIOGRAPHIE GENERALE

BAKER, John P. et Marguerite C. SOROKA, *Library Conservation. Preservation in Perspective*, Stroudsburg, (1978), 455 p.

Articles de spécialistes dans le domaine de la conservation des livres : nature des matériaux libraires (papier, encre, colles, microfilms, cuir et parchemin), causes de détérioration des livres, rôle du libraire, du conservateur et du scientifique (recherche de traitements de masse), préservation des microfilms et micro-fiches, désastres et sauvetages et enfin projets nationaux de préservation.

BARROW, W. J., *Manuscripts and Documents, their Deterioration and Restoration*, Charlottesville, 1955, 86 p.

Introduction à l'étude du livre comme objet : fabrication du papier et des encres, agents de dégradation. Deux traitements de restauration sont rapidement abordés : la désacidification et la lamination.

BARROW, W. J., *Deterioration of Book Stocks, Causes and Remedies*, Richmond, 1959, 70 p.

Deux études : papier fabriqué entre 1900 et 1949 et stabilisation du papier moderne.

BARROW RESEARCH LABORATORY, *Permanence, Durability of the Book, I à VII*, Barrow Research Laboratory, Richmond, Virginia, 1963-1974.

Résultats des recherches réalisées par le laboratoire BARROW : désacidification et causes d'acidité dans le papier, influence de la composition et de la préparation des papiers fabriqués entre 1800 et 1899 dans la dégradation du papier, tests colorés pour détecter la lignine, l'alun et la colophane et pour mesurer le pH. Une planche en couleurs illustre les résultats, et les propriétés physiques et chimiques des papiers fabriqués entre 1507 et 1949.

BAYNES-COPE, A. D., *Caring for Books and Documents*, Londres, British Museum, 1981, 32 p.

Conseils à des amateurs dans un langage clair et imagé et mesures pour assurer de bonnes conditions climatiques. Conseils concrets et très pratiques.

* CLAPP, Anne, *Curatorial Care of Works of Art on Paper*, Oberlin, 1977, 135 p.

Conservation des oeuvres d'art sur papier : gravures, dessins, pastels, à l'exclusion du livre. La partie la plus fournie concerne les interventions du restaurateur. Plusieurs traitements sont clairement décrits : enlèvement des taches, de rubans adhésifs, désinfection.

CLAPP, Anne, *Curatorial Care of Works of Art on Paper*, New York, 1987, 191 p.

Nouvelle édition de la publication précédente. Quelques modifications dans les recettes.

COLLERAN, Kate, *The Collector's Guide to Preservation. The Care and Preservation of Prints and Water-colors*, Londres, 1981, 13 p.

Plaquette dans laquelle sont succinctement décrits les agents de détérioration. Quelques conseils de montage de gravures mais finalement pas de mesures préventives concrètes.

* *The Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Art*, éd. Guy PETHERBRIDGE, Londres, 1987, 328 p.

35 communications présentées au congrès de l'Institute of Paper Conservation en 1980 à Cambridge.

* *La conservation des biens culturels*, Musées et Monuments IX, Unesco, Paris, 1969, 360 p. [également en anglais et en espagnol].

Parmi les études réunies dans ce manuel, il faut relever celles consacrées aux matériaux d'archives et celles qui traitent des agents physiques, chimiques et biologiques.

* CUNHA, George Martin et Dorothy GRANT, *Conservation of Library Materials. A Manual and Bibliography on the Care, Repair and Restoration of Library Materials*, 2^e éd., 2 volumes, Metuchen, 1972, 406 p. (I), 428 p. (II).

Dans le premier volume, les auteurs examinent l'étendue du problème, ses causes, la nature des matériaux libraires, les mesures préventives, les procédés de restauration et tests. Plusieurs annexes abordent des sujets pratiques comme l'analyse du papier, de l'encre, des colles, le contrôle de la lumière... Le second volume est consacré entièrement à la bibliographie, selon le même plan que le premier volume (4882 entrées).

CUNHA, Georges M. et Dorothy GRANT, *Library and Archives Conservation, 1980's and beyond*, 2 volumes, Metuchen, 1983, 200 p. (I), 415 p. (II).

Mise à jour du manuel paru en 1972 : principaux programmes de recherches actuels, formation, désastres et prévention, traitements récents de restauration. En annexe, les principes IFLA, la liste de centres nationaux aux Etats-Unis, la liste de points de vente pour les E. U. Le second volume complète les références données en 1972 en ajoutant 5871 entrées.

* DOLLOFF, Francis W. et Roy L. PERKINSON, *How to care of Works of Art on Paper*, 2^e éd., Boston, 1977, 46 p.

Conseils aux amateurs de gravures et de dessins pour protéger leur collection.

DUCHEIN, Michel et Françoise FLIEDER, *Livres et documents d'archives : sauvegarde et conservation*, Unesco, Paris, 1983, 90 p.

Cahier technique proposé dans la série « Musées et Monuments », afin de donner des conseils pratiques aux conservateurs et restaurateurs d'institutions avec des ressources limitées. Introduction sur les matériaux, les agents de détérioration, les bâtiments et leur protection, les traitements d'urgence et les principes de la restauration. Exposés des méthodes curatives réduits aux notions de base. Bibliographie sommaire. Adresses des principaux centres de conservation et de restauration en annexe ainsi que celles des organismes internationaux spécialisés dans ce domaine.

FEDERICI, Carlo et Libero ROSSI, *Manuale di conservazione e restauro del libro*, Rome, 1983. 260 p.

Tous les stades de la restauration depuis le démontage du volume, le lavage, jusqu'au remontage sont passés en revue. Les méthodes sont clairement exposées. Nombreux schémas explicatifs. Glossaire technique des produits, outils...

* FLIEDER, Françoise, *La conservation des documents graphiques. Recherches expérimentales*, Paris, 1969, 288 p.

Synthèse des différents aspects de la conservation et expérimentation physico-chimique des méthodes testées. Résultats de recherches basées sur un dépouillement de la littérature concernant différentes techniques de restauration dont plusieurs sont abandonnées depuis.

GALLO, Alfonso, *Patologia e terapia del libro*, Rome, 1951, 254 p.

Dégradation du papyrus, du parchemin et du papier, agents biologiques, catastrophes naturelles ou accidentelles, procédés de restauration, construction ou aménagement d'une bibliothèque. Un des premiers manuels, mais de nombreuses notions sont aujourd'hui dépassées.

KATHPALIA, Y.P., *Conservation et restauration des matériaux d'archives*, dans *Documentation, librairies et archives. Etudes et recherches*, Unesco, Paris, 1973, 231 p.

Aperçu des méthodes, techniques et matériaux employés dans la conservation et la restauration des archives. Quelques-unes des pratiques envisagées sont discutables.

* LABARRE, E.J., *Dictionary and Encyclopedia of Paper and Papermaking*, 2^e éd revue et augmentée, Amsterdam, 1969, 488 p.

Définitions d'objets et concepts dans le domaine du papier. Commentaires historiques et techniques avec équivalents en français, allemand, néerlandais, italien, espagnol et suédois.

LANGWELL, W.H., *The Conservation of Books and Documents*, Londres, 1957, 114 p.

Manuel aujourd'hui un peu dépassé qui donnait une description des causes de détérioration, de leur prévention. On y trouve aussi la description des matériaux constitutifs des documents graphiques et de ceux utilisés en reliure.

* LOEBER, E.G., *Supplement to the E.J. LABARRE Dictionary and Encyclopedia of Paper and Papermaking*, Amsterdam, 1967, 104 p.

Même présentation des notices que le dictionnaire de Labarre. Précise certaines définitions et ajoute de nouvelles notions.

MORROW, Carolyn Clark, *Conservation Treatment Procedures. A Manual Step by Step Procedures for the Maintenance and Repair of Library Materials*, Littleton, 1982, 191 p.

Description sous forme de reportage photographique de quelques opérations de restauration et de reliure. Cela ne remplacera jamais l'observation directe du spécialiste ou de l'artisan.

* PLENDERLEITH, H.J., *La conservation des estampes, dessins et manuscrits*, dans *Museum*, XXIX-XXX(1935), p. 81-104 et XXXIII-XXXIV(1936), p. 199-227.

Introduction sur les éléments constitutifs des documents graphiques, description du montage des gravures pour leur exposition et leur entreposage. Exposé des dommages et de leur réparation.

* PLENDERLEITH, H.J., *La conservation des antiquités et des oeuvres d'art*, traduit de l'anglais par P. PHILIPPOT, Paris, 1966, 390 p.

Les traitements suggérés (dont quelques-uns ne sont plus acceptables) ne concernent que les dessins, gravures, aquarelles. Sources d'informations sur les matériaux, leur état et leur restauration.

RITZENTHALER, Mary Lynn, *Archives and Manuscripts Conservation. A Manual on Physical Care and Management*, Chicago, 1983, 159 p.

Rôle du conservateur dans l'administration, les interventions, le contrôle de l'environnement.

Description des principes de base, bibliographie, glossaire, liste des fournitures.

* SANDWICH, Hermione et Sheila STAINTON, *The National Trust Manual of Housekeeping*, Harmondsworth-New York, National Trust 1986, 273 p.

Conditions de conservation : lumière et conditions atmosphériques. En annexe, renseignements pratiques : protection contre la lumière, matériaux, adresses de fournisseurs. Les conseils donnés sont judicieux et faciles à suivre. Préservation des livres et des papiers peints.

SWARTSBURG, Susan, *Preserving Library Materials: a Manual*, Metuchen, 1980, 282 p.

Généralités : matériaux, ennemis, facteurs climatiques, reliure et cas particuliers : photographies, enregistrements sonores, vidéo, reproduction par photocopie, microfilms. Abondante bibliographie.

SWARTSBURG, Susan, *Conservation in the Library: a Handbook of Use and Care of Traditional and non Traditional Materials*, Londres, 1983, 225 p.

Introduction sur les conditions de conservation et les causes de détérioration. Supports : papier des manuscrits ou des oeuvres d'art, livres et reliures, photographies, diapositives, microfilms, films, enregistrements sonores et vidéodisques.

* *Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation des Documents graphiques 1980-81, Les documents graphiques et photographiques*, C.N.R.S., Paris, 1981, 148 p.

Sauvegarde des documents imprimés conservés à la Bibliothèque nationale de Paris (désacidification), blanchiment des papiers au moyen du bioxyde de chlore gazeux, détérioration des encres métallo-galliques et régénération chimique, effet de la pollution atmosphérique sur le cuir et le parchemin, influence de l'environnement sur la conservation des documents graphiques modernes, synthèse des travaux recueillis dans la littérature sur la restauration des photographies en noir et blanc.

* *Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation des Documents graphiques 1982-83, Analyse et conservation des documents graphiques et sonores*, C.N.R.S., Paris, 1984, 257 p.

Analyse de reliures anciennes, étude de la stabilité des différents lipides utilisés pour la nourriture des cuirs à relier; étude sur les méthodes de fixation des tracés pulvérulents; pastels: histoire, technologie, analyse et étude de leur comportement à la lumière, à l'oxyde d'éthylène et vis-à-vis des fixatifs; conservation des enregistrements sonores sur bandes magnétiques.

* *Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation des Documents graphiques 1984-85, Les documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation*, Direction des archives générales de France, Paris, 1986, 243 p.

Colmatage des papiers détériorés, étude de la dégradation des *polyamides* utilisés pour la lamination des documents anciens, comportement du cuir et du parchemin en site urbain, étude de la dégradation de l'huile de pied de bœuf utilisée pour la nourriture des cuirs de reliure, nettoyage du parchemin, analyse de quelques pigments orangés: leurs variétés de teintes et leur emploi dans les pastels, l'instabilité relative des jaunes de chrome, négatifs sur plaque de verre: conservation et restauration.

* WILLIAMS, J.C., *Preservation of Paper of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, 404 p.

Préservation des livres par les bibliothécaires, développement d'un papier permanent, dégradation chimique du papier, désacidification avec carbonate de méthyle magnésium, morpholine, utilisation de pulpe pour réparer les oeuvres graphiques, séchage en masse et micro-organismes, fumigation et stérilisation des livres.

WILLIAMS, J.C., *Preservation of Paper of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 193, Washington, 1981, 403 p.

Préservation des archives, lavage et désacidification du papier, jaunissement des papiers, dégradation chimique, vieillissement accéléré, alcalinité, résistance mécanique et humidité relative.

GLOSSAIRE

Acide abiétique: principal constituant de la colophane.

Aldéhyde: composé organique résultant de l'oxydation d'un alcool primaire.

Alfa: plante herbacée cultivée en Afrique du Nord et en Espagne, dont on fait du papier, des cordes, des tapis, etc.

Aréole: Partie de la membrane des trachéides de conifères où les couches cellulosiques, percées d'un orifice, se sont écartées et forment entre elles une cavité lenticulaire.

Bisulfite: sel acide de l'acide sulfureux.

Bourres: fibres très courtes, restant fixées sur les graines de certains cotonniers après l'égrenage.

Cambium: assise génératrice annulaire des tiges et des racines qui donne naissance au bois et au liber secondaires et au liège.

Campêche: arbre de l'Amérique tropicale qui fournit un bois dur et compact renfermant une matière colorante, l'hématoxyline.

Caséine: substance protéique tirée du lait, utilisée comme agent de collage.

Cellulotypue: champignons qui se nourrissent de cellulose.

Cinabre: sulfure rouge naturel de mercure.

Codicologie: partie de la paléographie qui étudie les manuscrits pour eux-mêmes et non pour leur contenu.

Coiffe: en reliure, extrémité supérieure ou inférieure du dos de la couverture d'un volume.

Cologarithme: logarithme de l'inverse d'un nombre.

Conidie: spore assurant la reproduction asexuée des champignons.

Couchage: dépôt sur une feuille de papier ou de carton d'un enduit à base d'amidon, de caséine ou d'une résine synthétique pour lui donner un aspect et des propriétés particulières.

Cristallite: organisation de chaînes moléculaires entre elles par exemple parallèlement les unes aux autres et à des distances déterminées.

Cross-linking: réticulation, formation de liaisons covalentes entre les chaînes d'atomes de plusieurs macromolécules, qui provoque un durcissement de la substance.

Dimère: molécule résultant de la combinaison de deux molécules identiques, appelées *monomères*.

Dividivi: cosses séchées d'un arbre sud-américain contenant beaucoup de tanin et utilisé en teinture et en tannerie.

Enzyme: macromolécule produite par des cellules vivantes qui agit comme catalyseur dans des réactions chimiques spécifiques.

Epithélium: tissu formé de cellules juxtaposées qui recouvre la surface du corps.

Ester de cellulose: résulte de la combinaison de certaines fonctions alcool de la cellulose avec un acide avec élimination d'eau. Exemple: acétate de cellulose.

Ether de cellulose: résulte de la combinaison de certaines fonctions alcool de la cellulose avec un alcool avec élimination d'eau. Exemple: méthylcellulose.

Garance: plante herbacée des régions chaudes et tempérées dont la racine rougeâtre fournit une matière colorante rouge.

Groupe alkyle : radical organique composé d'hydrocarbures aliphatiques.

Hétérotrophe : se dit d'un être vivant qui se nourrit de substances organiques.

Hydrolyse : réaction de dédoublement d'une molécule par action de l'eau.

Hydroxyle : radical univalent OH qui figure dans l'eau, les hydroxydes, les alcools.

Inactinique : qui n'a pratiquement pas d'action chimique, notamment sur une surface sensible.

Kraft : pâte à papier au sulfate non blanchie qui produit un papier d'emballage brun très résistant.

Liber : tissu végétal constitué de vaisseaux généralement accompagné de *parenchyme* et par lequel circule la sève élaborée.

Linters : voir *bourres*.

Médullaires : rayons ou cellules, lames parenchymateuses dont les plans passent par l'axe de la tige ou de la racine séparant les faisceaux primaires.

Micellaire : propre aux particules (entre 1 nm et 1 μ) en suspension dans des solutions colloïdales.

Miroir dichroïque : qui réfléchit la lumière et diffuse moins de chaleur en diminuant considérablement le rayonnement infrarouge.

Monomère : constitué de molécules simples.

Mucilage : substance visqueuse à base d'hydrates de carbone contenue dans de nombreux végétaux.

Mutagène : susceptible de provoquer des mutations chez les êtres vivants.

Mycosique : qui résulte d'une affection par des champignons parasitaires.

Oxycellulose : cellulose oxydée.

Parenchyme : tissu cellulaire spongieux et mou des feuilles, tiges et racines de végétaux.

Phénolique : qui se rapporte au phénol, un dérivé du benzène.

Polyamide : polymère résultant de la polycondensation de diacides avec des diamines ou d'amino-acides.

Polymère : molécule constituée par l'association de plusieurs molécules identiques appelées *monomères*.

Polymérisation : formation de *polymères*.

Pontuseaux : fils métalliques perpendiculaires aux *vergeures* avec lesquelles ils forment la toile métallique utilisée pour la fabrication du papier. Marques qu'ils laissent dans la feuille.

Québracho : arbre d'Amérique du Sud dont le bois est très riche en tannin.

Ramie : plante de l'Asie tropicale, sorte d'ortie dont les longues fibres fournissent un textile résistant.

Réducteur : substance capable de diminuer le degré d'oxydation.

Résinate de soude : savon de résine obtenu par réaction de la colophane sur la soude.

Sparte : voir *Alfa*.

Spore : corpuscule reproducteur de nombreuses espèces végétales et de certains protozoaires.

Sumac : plante cultivée en Sicile, Grèce, Espagne et aux États-Unis dont les feuilles sont riches en tannin. Elle fournit également une gomme résine du même nom.

Tampon : nom donné à une solution dont la concentration en ions hydrogène n'est pas sensiblement modifiée par l'introduction en petite quantité d'une base ou d'un acide.

Température de couleur : terme désignant la couleur spectrale d'une lumière, exprimée en degrés Kelvin.

Terminalia : genre renfermant plus de cent cinquante espèces d'arbres des pays tropicaux.

Terpènes (terpénique) : se dit des produits qui se rencontrent dans les essences naturelles et que l'on extrait de diverses parties de végétaux.

Thalle : Appareil végétatif des plantes inférieures sans feuille, tige ni racine.

Tranche-fil : petit bourrelet entouré de fils, qui garnit et renforce le haut et le bas du dos d'une reliure.

Vergeures : fils métalliques perpendiculaires aux *pontuseaux* avec lesquels ils forment la toile métallique utilisée pour la fabrication du papier. Marques qu'ils laissent dans la feuille.

FOURNITURES

Amidon de blé		Belgolabo
Amidon de riz		Belgolabo
Bicarbonate de magnésium	$Mg(HCO_3)_2$	voir Produits chimiques
Boîtes à archives		Atlantis France
		Conservation Resources
		Coutts
		Gemeente Archief
		Stouls
Borax	$Na_2B_4O_7$	voir Produits chimiques
Borohydrure de sodium	$NaBH_4$	voir Produits chimiques
Cartons neutres		Art moderne
		Cami
		Grafox
		Stouls
		Schleiper
		Technogrammes
Chlorite de sodium	$NaClO_2$	voir Produits chimiques
Cuir		Jullien
		Wilberz
Déshumidificateurs		Climaco
		Notec
		Novelair
		Ryssaert
		Van der Heyden
Dioxyde de carbone	CO_2	L'air liquide
Eau de javel		voir Hypochlorite de sodium
Eau oxygénée		voir Peroxyde d'hydrogène
Electrode		voir pH-mètre
Films adhésifs		Aslan
		Archival Aids
		Atlantis France
		Conservation Resources
		Wilberz
Films UV		Bonwyke
		Bulckens
		Chamberlain
		Coenraets
		Ecofilm

<i>Films UV (suite)</i>		Sun X VT Plastics
Formaldéhyde	H_2CO	voir Produits chimiques
Humidificateurs		Clinaco Notec Novelair Ryssaert Van der Heyden
Hydroxyde de baryum	$Ba(OH)_2$	voir Produits chimiques
Hydroxyde de calcium	$Ca(OH)_2$	voir Produits chimiques
Hydroxyéthylcellulose		Hoechst Roland
Hydroxypropylcellulose		Janssen Chimica
Hygromètres		Frank Joel Instrulab Rauwers Sobete Van der Heyden
Hypochlorite de calcium	$Ca(OCl)_2$	voir Produits chimiques
Hypochlorite de sodium	$NaOCl$	Drogueries Grandes surfaces
Luxmètre		Cotubex Frank Joel Instrulab Van der Heyden
Méthanol		voir Produits chimiques
Méthylcellulose		Vel
Méthylhydroxyéthylcellulose		Hoechst Roland
Paper Treatment Spray		Archival Aids Atlantis France Janssen Wijsmuller
Papier indicateur		Belgolabo
Papier japon		Art moderne Canson Drissler Japico Grafox Schleiper Vangerow Wilberz
Papiers neutres		voir Cartons neutres
Paraloid		DLO Chemicals
Peroxyde d'hydrogène	H_2O_2	voir Produits chimiques
		Drogueries Grandes surfaces
pH-mètre		Analys Ankersmit Conservation Resources Instrulab

Fournitures

pH-mètre (suite)

Produits chimiques

Silicagel

Thermohygrographes

Thermohygrographes

Thermohygrographes électroniques

Thermomètres

Toluène

Trichlorotrifluoréthane

Tubes fluorescents

Tubes jackets

UV-mètre

Vernis UV

Pleuger

Polylab

Belgolabo

Janssen Chimica

Roland

Vel

Belgolabo

Caldic

Janssen Chimica

Le Lion

Instrulab

Rauwers

Sobete

Van der Heyden

Instrulab

Rauwers

Sobete

Van der Heyden

Conservation Resources

Instrulab

Van der Heyden

Instrulab

Manutan

Rauwers

Sobete

Van der Heyden

voir Produits chimiques

voir Produits chimiques

Osram

Philips

Sylvania

Conservation Resources

Frank Joel

Modern Company

Schott Belgilux

Conservation Resources

Frank Joel

Littlemore

Lourmat

Protec solar vitre

Solar X Sun reflect

ADRESSES

Analys
Rue Dewez, 14
B-5000 Namur 081/22 50 85
Leeuwerikstraat, 28
B-9000 Gent 091/22 58 66

Ankersmit
Chaussée de Saint-Job, 506
B-1180 Bruxelles 02/374 91 10

Archival Aids
P.O. Box 5 Spondon
GB-Derby DE2 7BP 44/332 66 64 00

Art Moderne
Rue de l'Arbre Bénit, 12
B-1050 Bruxelles 02/511 30 87

Aslan
Saulx-les Chartreux
F-91160 Longjumeau 33/1 64 48 62 70

Atlantis France
26, Rue des Petits Champs
F-75002 Paris 33/1 42 96 53 85

Belgolabo
Chaussée de Bruxelles, 288
B-1900 Overijse 02/689 07 11

Bonwyke
41, Redlands Lane, Farcham
GB-Hampshire PO14 1HL 44/329 28 96 21

Bulckens
Aarschotsesteenweg, 67
B-3010 Wilsele 016/44 64 74

- Caldie
Terlochtsteenweg, 1
B-2620 Hemiksem 03/887 90 01
- Cami
Kerkstraat, 43
B-8400 Oostende 059/70 86 66
- Chamberlain J.
88, Wensley Rd, Woodthorpe
GB-Nottingham NG54JU 44/602 26 94 24
- Climaco
Avenue du Père Damien, 80
B-1150 Bruxelles 02/425 04 47
- Cocraets J.-P.
Rue G.J. Martin, 11 b1
B-1150 Bruxelles 02/771 14 56
- Conservation Resources
Littleworth Industrial Estate Weathley
GB-Oxon OX9 1TZ 44/86 77 22 44
- Cotubex
Rue de Cureghem, 43
B-1000 Bruxelles 02/513 76 40
- Coutts
Violet Road
GB-London Z3 3QL 44/1 515 61 71
- DLO Chemicals
Chaussée de Tubize, 214
B-1420 Braine-l'Alleud 02/384 40 15
- Drissler & co
Insterburger Strasse, 16
Postfach 930180
D-6000 Frankfurt 93 43/69 79 320
- Ecofilm
Generaal Belliardstraat, 17
B-2000 Antwerpen 03/225 13 78
- Frank Joel
5, Olmedow Road, King's Lynn
GB-Norfolk PE30 4HL 44/553 76 08 51

Gemeente Archief Amsteddijk, 67 NL-1074 HZ Amsterdam	31/20 64 69 16
Grafox Place Rouppe, 15 B-1000 Bruxelles	02/512 39 50
Hoechst Chaussée de Charleroi, 111-113 B-1060 Bruxelles	02/536 46 25
Instrulab Chaussée de Charleroi, 51b b6 B-1060 Bruxelles	02/538 62 60
Janssen Chimica Turnhoutseweg, 30 B-2340 Beerse	014/60 21 11
Jansen Wijsmuller & Beuns B.V. Bruynvisweg, 2 pb 166 NL-1530 AD Wormer	31/75 21 10 01
Jullien 42, Rue Saint-Jacques F-75006 Paris	33/1 43 53 52 56
L'Air Liquide Rue des Vennes, 374 B-4020 Liège	041/42 30 70
Le Lion Rue de Laeken, 55 B-1000 Bruxelles	02/217 42 02
Littlemore Engeneering Railway Lane Littlemore GB-Oxford OX4 4P2	44/865 77 85 63
Lourmat BP 66 Torcy ZI Sud F-77202 Marne-la-Vallée	33/60 06 07 71
Manutan Rue de Douvres, 19 b7 B-1070 Bruxelles	02/524 01 18

Modern Company 7, Lytham Road, Heald Green GB-Cheshire SK8 3RQ	44/61 437 43 79
Notec Rue de Neck, 24 B-1080 Bruxelles	02/428 40 35
Novelair Rue de Bonne, 59 B-1070 Bruxelles	02/520 72 50
Osram Mercuriusstraat, 28 B-1930 Zaventem	02/720 80 10
Philips Place de Brouckère, 2 B-1000 Bruxelles	02/219 18 00
Pleuger Turnhoutsebaan, 511 B-2110 Wijnegem	03/350 02 11
Polylab Groenendaallaan, 78 b116 B-2060 Antwerpen	03/646 55 11
Protec Solaire Vitre 5, Avenue de la Remise F-91390 Morsang-sur-Orge	33/69 04 21 69
Rauwers, Rue Navez, 78-86 B-1210 Bruxelles	02/216 20 40
Roland Rue de la Petite Ile, 4 b7 B-1070 Bruxelles	02/525 05 11
Ryssaert Gentsesteenweg, 14 B-8749 Waregem-Beveren	056/71 26 80
Schleiper Chaussée de Charleroi, 149 B-1060 Bruxelles	02/538 60 50

Schott Belgilux Avenue du Castel, 2 b1 B-1200 Bruxelles	02/736 10 45
Sobete Rue Masui, 128 B-1210 Bruxelles	02/215 04 21
Solar X Sun Reflect Zwijnaardsesteenweg, 597 B-9000 Gent	091/22 71 19
Stouls Rue des Petits Ruisseaux F-93170 Verrières-le-Buisson	33/69 20 44 35
Sun X Hook Lane, Aldingbourne GB-West Sussex PO20 6TB	44/243 68 26 57
Sylvania Avenue de Cortenbergh, 118-128 B-1040 Bruxelles	02/735 60 98
Technogrammes Rue Louis Maseré, 17 B-1070 Bruxelles	02/525 01 35
Van Der Heyden Rue du Marais, 49-55 B-1000 Bruxelles	02/212 06 11
Vangerow Daimlerstrasse, 2 D-8012 Munchen Postfach 83 09 56 D-8000 Munchen 83	
Vel Geldenaaksebaan, 464 B-3030 Leuven	016/28 18 11
Rue E. Lenoir, 8 B-1348 Louvain-la-Neuve	010/45 20 10
Avenue de l'Observatoire, 215 b2 B-4000 Liège	041/ 52 00 96
VT Plastics Belgium Schockaertstraat, 55 B-1600 St-Pieters-Leeuw	02/377 50 73

Wilberz, P.
Avenue Ducpétiaux, 72
B-1060 Bruxelles

02/537 83 55

INDEX DES AUTEURS

- Abadie Maumert, F.A., 106, 211
Adams, R.G., 111
Addario (d'), A., 148
Agrawal, O.P., 106, 207, 211
Ambler, H.R., 108
Annis, Z.K., 211
Arai, H., 83, 108
Archer, J., 150
Arney, J.S., 207
Arnoult, J.M., 210
Baer, N.S., 214, 215, 217, 218
Baker, C.A., 197, 211, 212, 215
Baker, J., 54, 57, 221
Banik, G., 210, 215
Banks, P.N., 144, 146-148, 211
Bansa, H., 210, 215
Barbier, G., 219
Bargenda, G., 215
Barker, J., 67, 106
Barlow, J.R., 56
Barrow, W.J., 54, 57, 221
Basanoff, A., 54
Bass, S.C., 215
Bataille, J., 54
Baynes-Cope, A.D., 108, 207, 211, 221
Beaumont-Maillet, L., 111, 148
Beaune, J., 54
Beckwith, T.D., 83, 109
Berard, J., 56
Bevan, E.J., 55
Bhowmik, S., 211
Bicchieri, M., 215
Blank, M.G., 211, 215
Block, H.T., 145, 146, 149
Blum, A., 54
Blunn, D., 215
Bockhoff, E., 216
Bogaard, J., 107
Bohmer, E., 211
Bonmassies, S., 208, 213
Bortolani, M., 219
Boustead, W.M., 180, 207, 212, 216
Branchick, T., 184, 212
Brannhal, G., 212
Bravi, L., 108
Briggs, J.R., 106, 144
Browning, B.L., 29, 54
Buck, R.D., 144, 147
Bulle, F., 218, 219
Burgess, H.D., 177, 178, 212, 216
Cain, E.C., 109
Calabro, G., 54
Chahine, C., 56, 106
Champour (de), 57
Chapman, J., 145, 146, 149
Charette, C.L., 216
Chiaverina, J., 55, 213
Chinery, M., 109
Clapp, A., 207, 220, 221
Clapp, W., 106
Clapperton, G., 55
Clarkson, C., 216
Clement, D., 181, 212
Clements, D.W., 210
Coen-Bogaerts, M., 216
Colleran, K., 221
Cook, J., 207
Corsi, L., 213
Costantini, A., 148
Cote, W.A., 30, 55
Couch, R., 207
Crescenzi, V., 149
Crespo Nogueira, C., 149
Crisostomi, P., 220
Cross, C.F., 55
Cunha, G.M., 52, 180, 207, 210, 212, 221, 222

- Daniels, V.A., 207, 212
 David, J., 146
 De Candido, R., 144, 146
 Defrise, P., 144
 De Fulvio, S., 212
 de Guichen, G., 144
 De Keghel, M., 57
 Del Greco, M., 146, 149
 De Pas, M., 57
 De Reyer, D., 216
 De Ridder, A., 144
 De Witte, E., 216
 Dobrusina, S.A., 211
 Dolloff, F.W., 216, 222
 Donnithorne, A., 212
 Douai, A., 216
 Duchein, M., 146, 222
 Duhl, S., 212
 Dupuis, R.N., 207
 Dvoriachina, Z.P., 109
 Eldridge, B.P., 212
 Eley, W., 214
 Escourrou, R., 55
 Falconer, W.E., 150, 208
 Fallotin, P., 149
 Federici, C., 207, 213, 216, 222
 Feller, R.L., 70, 106, 107
 Finney, C.F., 108
 Flieder, C., 216
 Flieder, F., 109, 163, 164, 166, 180, 183,
 208, 213, 216, 218, 219, 222
 Flieder, N., 219
 Florquin, S., 216
 Forbes, R.J., 42, 56, 57
 Gairola, T.R., 217
 Gallo, A., 111, 222
 Gallo, F., 79, 107, 109, 147, 148, 217
 Gallo, M., 144, 146, 147, 149
 Gallo, P., 148
 Garnier, Ch., 208
 Gear, J.L., 210
 Germain, A., 110
 Gettens, R.J., 213
 Giuliani, A., 213
 Gobillard, J., 56
 Goessens-Landric, M., 216
 Goethals, E.J., 216
 Golding, R.A., 210
 Grant, D., 221, 222
 Grant, J., 55
 Guineau, B., 219
 Guo, K.M., 216
 Haines, B.M., 56
 Hanlan, J.F., 212
 Heim, R., 109
 Henderson, J.W., 149
 Henis, Y., 110
 Hey, M., 83, 109, 163, 164, 180, 207, 208,
 213, 217
 Hofenk de Graaff, J., 213, 217
 Hon, D.N., 70, 107
 Horie, C.V., 217
 Horwitz, M.H., 219
 Houlbert, C., 85, 109, 148
 Howatt-Krahan, A., 111
 Humphrey, B.J., 217
 Hunter, D., 55
 Iams, T.M., 83, 109
 Indictor, N., 214, 215, 217, 218
 Istrubtsina, T.V., 209
 Jacobs, A.J., 207
 Jayot, F., 144
 Joel, A., 214, 215
 Kathpalia, Y.P., 222
 Keck, C.K., 145, 146, 149
 Kelly, G.B., 167, 208
 Kemp Weidner, M., 111, 150
 Kenneth, R.G., 110
 Keyes, K., 184, 212, 213
 King, A., 150, 208
 Kohler, S.A., 217, 218
 Koura, A., 208
 Kowalik, R., 79, 82, 110
 Krupp, R.G., 149
 Kusterer, J.E., 207
 Labarre, A., 150
 Labarre, E.J., 222, 223
 Lafontaine, R.L., 128, 145-147
 Lallande, (de), J.J., 55
 Lambin, S., 110
 Langwell, W.H., 208, 218, 222
 Laroque, C., 219
 Launer, H.F., 64, 70, 107
 Lawton, J.B., 145, 146, 149
 Lebedeva, N.B., 211
 Leclerc, F., 208, 213, 218, 219
 Lee, H.N., 55, 56
 Lee, S.B., 107

- Lepesme, P., 85, 110, 148
 Leroy, M., 106
 Lewis, H.F., 111
 Loeber, E.G., 223
 Longo, L., 212, 213
 Loras, V., 106, 211
 Luciani, M., 181, 183, 213
 Lurran, M., 107
 Lusk, C.B., 147
 Lyall, J., 213
 Lydenberg, H.M., 150
 Mac Ausland, J., 218
 Mac Innis, K., 218
 Mac Kiel, M.C., 218
 Mac Laren, R.H., 210
 MacLeod, K.J., 145, 147
 Mac Mullen, O., 218
 Malepeyre, F., 57
 Manganelli, F., 111, 213, 218
 Mansell, H., 207
 Marconi, C., 107, 148, 217
 Margival, F., 58
 Marmier, A., 213
 Martin, G., 56
 Martin, J.L., 213
 Martinelli, G., 219
 Masschelein-Kleiner, L., 219
 Masuda, K., 218
 Mate, D., 218
 Melocchi, M., 111
 Metcalf, K.D., 150
 Meynell, G.G., 83, 84, 110, 214
 Middleton, B.C., 145, 147, 148, 150
 Miller, B.A., 109
 Mirham, D., 208
 Montanari, M., 107, 110, 148
 Montelatici, C., 218
 Morrison, R.C., 218
 Morrow, C.C., 223
 Nair, S.N., 110
 Navacelle, (de), C., 145
 Neirynek, M., 150
 Nesheim, K., 148
 Newman, R., 207
 Newsam, R.J., 83, 84, 110
 Nicot, J., 109
 Nol, L., 83, 110
 Nordstrand, O.K., 210
 North, N.A., 208
 Nyuksha, Y.P., 110, 148, 150
 Ormanni, E., 150
 Padfield, T., 108
 Parrini, P., 111
 Pascoe, M.W., 218
 Pelikan, A., 208
 Perkinson, R.L., 147, 216, 222
 Petherbridge, P., 215
 Pierantonelli, L., 218
 Phelan, W., 150, 215, 217, 218
 Philips, D.C., 150
 Pidek, J., 208
 Plenderleith, H.J., 214, 223
 Ponot, R., 54
 Poole, F.G., 150
 Poot, A.H., 214
 Pourtale, L., 219
 Pravilova, T.A., 209
 Press, R.E., 110
 Rance, H.F., 56
 Reagan, B.M., 211
 Reed, D., 57
 Residori, L., 219
 Richards, G.E., 216
 Righi, G., 111
 Ritzenthaler, M.L., 223
 Roche, A., 219
 Ronci, P., 219
 Rosenberg, I.L., 215
 Rossi, L., 209, 213, 218, 222
 Ruggiero, D., 211
 Ryder, M., 57
 Sandwith, H., 150, 223
 Santucci, L., 163, 166, 209, 214, 219, 220
 Saxl, H., 57
 Scala, F., 218
 Schwartz, C., 219
 Schwartzman, T.I., 215
 Schwarz, D., 145
 Scimia, A., 209
 Scott, M., 210
 Sease, C., 219
 Sebera, D., 209
 Sec, P., 111
 Seeley, N.J., 108, 209
 Simonds, R., 216
 Shelley, M., 214
 Smith, R.D., 108, 167, 209, 211
 Soroka, C., 54, 57, 221

- Soto y Galvez, B., 219
Sparks, P.G., 211
Sproull, R.C., 207
Stambolov, T., 57
Stainton, S., 223
Stanforth, N., 147
Stevens, Ph., 218
Stolow, N., 145, 146, 149
Stout, G.L., 219
Swartsburg, S., 223
Szent-Ivany, J.J., 111, 148
Tahk, C., 212
Talbot, R., 216, 219
Tang, L.C., 208, 210, 214
Terfve, A., 216
Thomson, G., 107, 108, 145
Trapani, (di), R., 219
Urso, T., 111
Van Steene, G., 219
Ventura, G., 209
Vergne, M., 150
Vidal, L., 29, 30, 56
Wachter, O., 210, 211, 214, 219
Wachter, W., 211
Walker, B., 210
Waterer, J.W., 57
Wensky, A., 219
Wessel, C.J., 108
Willemer, W., 212
Williams, J.C., 108, 164, 210, 224
Wills, P., 220
Wilson, W.K., 64, 70, 107, 210
Winter, J., 220
Zappalà-Plossi, M.G., 108, 209, 210, 220
Zerdoun Bat-Ychouda, M., 58

INDEX DES SUJETS

- α -cellulose, 18
- Acétal de polyvinyle, 201
- Acétate de calcium, 186, 171
- Acétate de cellulose, 101-104
 - Tests, 197
- Acétate de magnésium, 166
- Acétate de polyvinyle
 - Tests, 200, 201
- Acide chloroux, 180
- Acide chlorhydrique, 183
- Acide citrique, 183
- Acide nitreux, 74
- Acide nitrique, 74
- Acide oxalique, 183
- Acide sulhydrique, 73
- Acide sulfurique, 74
- Acidité
 - Dégradation par, 20, 62, 63, 72-74
 - Élimination, 156-172
 - Mesure, 155, 156
 - Notion, 62, 63, 155, 156
 - des encres, 76
 - du cuir, 44, 45, 66
- Acrylate d'éthyle, 202
- Acrylate d'éthyle-méthacrylate de méthyle, 170, 202
- Acrylate de méthyle-méthacrylate d'éthyle, 202, 206
- Adhésifs
 - Dégradation, 101
 - Préparation, 205, 206
 - Tests, 194-202
- Agent de renforcement
 - voir Consolidant
- Alcool de polyvinyle
 - Tests, 201
- Aluminate de sodium, 20
- Alun, 19, 20, 43, 70-72
- Amidon, 19, 143
 - Préparation, 205
- Amidon (suite)*
 - Tests
 - de blé, 193, 194
 - de riz, 193, 194
- Ammoniac, 168
- Antichlore
 - voir Blanchiment : oxydants chlorés
- Archivist's pen
 - voir Acidité : mesure
- Aslan, 143
- Bactéries
 - Dégâts, 78, 79
 - Identification, 78
 - Prévention, 132-134
- Bicarbonate de calcium, 72
 - Tests, 161, 171
- Bicarbonate de magnésium, 72, 170, 184
 - Préparation, 173
 - Tests, 163, 171
- Bicarbonate de sodium, 163
- Bioxyde de chlore
 - Préparation, 188
 - Tests, 178
- Blanchiment
 - Acides, 183
 - Lumière, 184-186
 - Oxydants chlorés, 26, 73, 177-180
 - Oxydants non chlorés, 26, 180, 181
 - Réducteurs, 26, 183, 184
- Blistering
 - voir Cloquage
- Borax
 - Préparation, 173
 - Tests, 163, 170, 171
- Boroxydure de sodium
 - Préparation, 188, 190
 - Tests, 183, 184
- Calaton
 - voir Polyamide
- Caoutchouc, 204

- Carbonate d'ammonium, 164
- Carbonate de calcium, 43, 72, 143, 159
- Carbonate de cyclohexylamine, 168
- Carbonate de magnésium, 72, 163
- Carbonate de méthyle magnésium
 - Préparation, 173
 - Tests, 167, 168, 171
- Carboxyméthylcellulose de sodium
 - Tests, 197-199
- Carton neutre, 138-143
- Cellulose, 16, 17, 72
- Champignons
 - Dégâts, 79-82
 - Identification, 79
 - Prévention, 130, 132-134
- Charges, 20
- Chiffons, 14, 15, 20, 29
- Chloramine, 178-180
- Chlore, 26
- Chloriodure de zinc, 29, 30, 186
- Chlorure de calcium, 164
- Climatisation
 - voir Humidité
- Cloquage, 181, 183, 184
- Colle
 - Agents de collage, 19, 20, 23
 - Aluminate de sodium, 20
 - Alun-colophane, 20
 - Liants pour encres, 51
- Colle de parchemin, 196
- Colle de peau, 195
- Colle de poisson, 195
- Colle vinylique, 101, 200, 201
- Colophane, 20, 70, 72
- Comblement des lacunes, 197, 200
- Consolidant, 197, 199, 200, 202
- Cuir
 - Acidité, 44, 62
 - Conservation, 125, 143, 146
 - Dégradation, 66, 67
 - Fabrication, 44-46
 - Histoire, 43, 44
 - Identification, 47, 48
 - Prévention, 143
- Désacidification
 - voir Acidité
- Dextrine, 195
- Diapositives
 - Conservation, 116
- Diéthyl de zinc, 168
- Dioxyde d'azote, 72, 74
- Dioxyde de soufre, 72, 73
- Dithionite de sodium
 - voir Hydrosulfite de sodium
- Encollage
 - voir Colle
- Encre
 - Acidité, 51
 - Dégradation, 76, 126
 - Fabrication, 50-53
 - Solubilité, 170, 171
- Ethylcellulose
 - Tests, 199
- Ethylhydroxyéthylcellulose, 200
- Farine
 - Tests, 194
 - de blé, 193, 194
 - de riz, 193, 194
- Feu
 - Dégradation, 97
 - Prévention, 136
- Fibres
 - de bois, 15, 31, 32
 - conifères, 15, 29-32, 35
 - feuillus, 15, 29-32, 37
 - de plantes annuelles
 - de chanvre, 14, 15, 29-31, 37
 - de coton, 15, 29, 30, 34
 - de jute, 15, 29-31, 36
 - de lin, 15, 29-31, 34
 - de ramie, 29-31, 34
 - de pailles, 15, 29-31, 36
 - de blé, 15, 29-31, 36
 - d'orge, 15, 29-31
 - de seigle, 15, 29-31
 - d'avoine, 15, 29-31
- Filmoplast P, 143
- Films
 - Conservation, 116
- Fixatifs, 193, 197, 199, 202
- Fongicide
 - voir Champignons : prévention
- Formiate de calcium, 166
- Foxing, 83, 84
- Galerie
 - voir Insectes : dégâts
- Gélatine, 19, 72
 - Tests, 196
- Gommes
 - Arabique, 195

Gommes (suite)

- Laque, 50, 195
- Gritting, 161, 163, 170
- Hémicellulose, 15, 18, 72
- Herzberg
 - voir chloriodure de zinc
- Humidité
 - Contrôle, 119-122
 - Dégradation par, 66, 67, 74-76, 96
 - Mesure, 65, 117, 118
 - Normes, 116, 117
 - Prévention, 119-122, 130
- Hydrosulfite de sodium, 26
 - Tests, 183
- Hydroxyde de baryum
 - Préparation, 173
 - Tests, 161, 166, 171
- Hydroxyde de calcium, 170, 176, 184
 - Préparation, 172
 - Tests, 158, 161, 171
- Hydroxyde de sodium, 161
- Hydroxyéthylcellulose, 199, 206
 - Tests, 199
- Hydroxypropylcellulose
 - Tests, 199
- Hygrographe
 - voir Humidité: contrôle
- Hygromètre
 - voir Humidité: contrôle
- Hypochlorite de calcium, 26
 - Préparation, 188
 - Tests, 178
- Hypochlorite de sodium, 26
 - Préparation, 188
 - Tests, 177
- Infrarouge
 - Contrôle, 126, 127
 - Définition, 68
 - Dégradation, 70, 126, 127
 - Mesure, 69
 - Source, 68, 69
- Indicateur coloré
 - voir Acidité: mesure
- Inondation
 - voir Humidité: dégradation
- Insectes
 - Dégâts, 85-92
 - Identification, 85-92, 94
 - Prévention, 132-134, 137
- Insecticides

Insecticides (suite)

- voir Insectes: prévention
- Lamination, 193
- Larve
 - voir Insecte: dégradation
- Lavage, 157, 158, 172, 176, 177
- Lignine, 15, 18, 26, 29, 64, 70, 72, 73, 104, 126, 171, 186
- Lumière
 - Blanchiment par
 - Tests, 184-186
 - Contrôle, 125-128
 - Définition, 68, 69
 - Dégradation, 18, 64, 69, 70, 72, 126
 - Normes, 124
 - Sources, 68, 69, 128
- Maranyl
 - voir Polyamide
- Métabisulfite de potassium, 183
- Méthacrylate d'éthyle, 202
- Méthacrylate de méthyle, 202
- Méthylcellulose, 170
 - Préparation, 206
 - Tests, 197
- Méthylhydroxyéthylcellulose
 - Préparation, 205
 - Tests, 200
- Méthoxyde de magnésium, 167, 168
- Microfilm
 - Conservation, 116
- Micro-organismes
 - voir Champignons: bactéries
- Morpholine, 168
- Mowilith
 - voir Acéate de polyvinyle
- Mowiol
 - voir Alcool de polyvinyle
- Nitrate de cellulose, 196
- Nylon soluble
 - voir polyamide
- Ozone, 73, 74
 - Tests, 181
- Papier
 - Composition, 15-18
 - Dégradation, 62-64, 79-82, 85-92
 - Fabrication, 20-26
 - Histoire, 14, 15, 20-28
 - Identification, 28-32
 - Origine, 14, 15
- Papier neutre, 138-143

- Paraffine, 204
- Paraloïd
voir Acrylate de méthyle/méthacrylate d'éthyle
- Parchemin
Acidité, 47
Conservation, 116
Dégradation, 66, 67
Fabrication, 42, 43
Histoire, 42
- Particules métalliques, 73, 75, 80, 83
- Parylène, 204
- Pâte
- de bois, 15, 24-26, 30-32, 72, 73, 126, 171
- chimique, 26, 30-32
- mécanique, 25, 30-32
- Perborate de sodium
Tests, 181
- Permanganate de potassium, 180
- Peroxyde d'hydrogène, 26
Préparation, 188-189
Tests, 181
- pH, 62, 63, 155, 156
- pH-mètre
voir Acidité: mesure
- Phloroglucinol, 29, 30, 171, 186
- Photocopie
Dégradation, 103
Prévention, 142
- Photographie
Conservation, 116
- Pile hollandaise, 23
- Piqûre
voir Foxing
- Pollution
Dégradation, 73
Prévention, 130, 141
- Polyamide, 204, 205
- Polyuréthane aliphatique, 205
- Polyvinyle éthylène/acétate, 201
- Poussière
Dégradation, 75
Prévention, 130
- Primal
voir Acrylate d'éthyle/méthacrylate de méthyle
- Psychromètre
voir Humidité: contrôle
- Rangement
Dégradation, 100
Prévention, 137-142
- Rangement (suite)*
d'œuvres d'art sur papier, 137, 141, 142
- de documents d'archives, 137, 138
- de grands formats, 137-140
- de livres précieux, 137-138
- Regnal
voir Acétal de polyvinyle
- Regnal 7^P, 166
- Regnal 7^P, 166
- Réserve alcaline
voir Acidité: élimination
- Ruban adhésif
Dégradation, 101
Prévention, 143
- Sels alcalins, 164
- Solubilité des encres, 170, 171, 186
- Solubilité des pigments, 170, 171, 186
- Spray Wei T'o
voir Méthoxyde de magnésium
- Sulfoxylate de formaldéhyde, 183
- Taches de champignons
voir Champignons: dégâts
- Tanins, 45, 46, 51
- Température
Contrôle, 119-122
Dégradation, 66, 70
Mesure, 117, 118
Normes, 116, 117
- Thermohygrographe
Voir Température: contrôle
- Tracés pulvérulents
voir Fixatifs
- Trioxyle de soufre, 73
- Tubes fluorescents, 128
- Tylose, 143
voir Carboxyméthyl-, Hydroxyéthyl-, hydroxypropyl-, méthylhydroxyéthylcellulose
- Ultraviolet
Contrôle, 124-128
Définition, 68, 69
Dégradation, 69, 70, 74
Mesure, 124
Source, 68, 69, 128
- Vol
Dégradation, 103
Prévention, 136
- Wei T'o
voir Méthoxyde de magnésium

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET DES TABLEAUX

Partie I Travail du papier lorsque les feuilles se forment, se couchent et se mettent en presse

1. Paroi de la cellule végétale
2. Molécule de glucose
3. Molécule de cellobiose
4. Molécule de cellulose
5. Liaisons hydrogène entre deux chaînes de cellulose
6. Molécules de cellulose et molécules d'hémicellulose
7. Fibre végétale
8. Collage du papier
9. Intérieur du moulin à pilons
10. Formes ou moules avec lesquels on puise les feuilles de papier
11. Machine de N.L. Robert
12. Machine à fabriquer le papier en continu
13. Fibres de coton
14. Fibres de lin
15. Fibres de ramie
16. Trachée de sapin
17. Trachée de pin
18. Fibres de jute
19. Paille de riz
20. Paille de blé
21. Fibre de chanvre
22. Fibre et vaisseau de peuplier
23. Coupe de la peau
24. Crouponnage de la peau
25. Orientation des fibres
26. Agencement des follicules pileux des bovidés
27. Agencement des follicules pileux des moutons
28. Agencement des follicules pileux des chèvres
29. Agencement des follicules pileux des pores

Partie II Livres endommagés

30. Hydrolyse acide de la cellulose
31. Exemples d'oxydation de la cellulose
32. Parchemin conservé dans un environnement trop sec
33. Composition spectrale de la lumière
34. Jaunissement provoqué par la lumière

35. Réaction acide de l'encre qui a perforé le papier
36. Dégradation causée par la migration des pigments
37. Taches causées par des micro-organismes
38. Taches avec duvet causées par des micro-organismes
39. Taches connues sous le nom de foxing
40. Poisson d'argent
41. Trous de vers
42. Blatte
43. Poux des livres
44. Vrillotte domestique
45. Lycte
46. Galeries creusées par des vrillottes
47. Dermeste du lard
48. Termites, Fourmis blanches
49. Mouche
50. Dégâts vraisemblablement causés par des rongeurs
51. Dégâts causés par une inondation ou une fuite d'eau
52. Traces de brûlures
53. Lacérations causées par une balle perdue
54. Emplacement peu esthétique pour un cachet
55. Mauvais rangement de documents
56. Restauration de fortune
57. Plat postérieur et dos détachés
58. Marques au crayon
59. Mutilations
60. Restauration intempestive

Partie III Réserve d'une bibliothèque

61. Thermohygraphe
62. UV mètre et luxmètre
63. Conservation des livres précieux
64. Conservation des livres de grand format
65. Exemple de support pour exposer les livres

Partie IV Restauration (avant/après)

66. Effet du lavage avant désacidification sur la résistance au double pli
67. pH d'extraction après désacidification aqueuse
68. Réserve alcaline après désacidification aqueuse
69. Résistance au double pli après désacidification aqueuse
70. Blanchéur après désacidification aqueuse
71. pH d'extraction après désacidification non aqueuse
72. Réserve alcaline après désacidification non aqueuse
73. Résistance au double pli après désacidification non aqueuse
74. Blanchéur après désacidification non aqueuse
75. Effet de la concentration en iso-propanol
76. Résistance au double pli après blanchiment du papier de chiffons
77. Résistance au double pli après blanchiment du papier bois

- 78. Résistance au double pli après blanchiment du papier de chiffons
- 79. Résistance au double pli après blanchiment du papier bois
- 80. Résistance au double pli après blanchiment avec NaBH_4 pour différentes durées de traitement
- 81. Résistance au double pli après blanchiment avec la lumière
- 82. Comparaison de l'efficacité des méthodes de blanchiment sélectionnées
- 83. Résistance au double pli du papier de chiffons collé
- 84. Résistance au double pli du papier bois collé
- 85. Blanchéur du papier de chiffons collé
- 86. pH du papier de chiffons collé
- 87. pH du papier bois collé

Tableau 1 : Résultats des colorations

Tableau 2 : Pâtes de bois

Tableau 3 : Végétaux annuels

Tableau 4 : Températures et degrés d'humidité conseillés

Tableau 5 : Données techniques de quelques sources lumineuses

Tableau 6 : Procédés de désinfection

Tableau 7 : Indicateurs colorés

Tableau 8 : Dissolution des encres et pigments

Tableau 9 : Solubilité des éthers cellulosiques

Tableau 10 : Synthèse des résultats

Les photographies qui ont servi à l'illustration de ce volume (sauf spécification particulière) ont été réalisées par le personnel du Service photographique de l'Institut royal du Patrimoine artistique.

D/1989/0613/1

