

BERNARD M. FEILDEN

CONSERVATION DES MATÉRIAUX
ET APPLICATION DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
À LA RESTAURATION

RAPPORT GENERAL

Ce document représente une revue des problèmes liés à la conservation des matériaux et met en évidence la nécessité de comprendre les techniques traditionnelles avant de les remplacer par des modernes. Il contient également un inventaire des documents présentés par les auteurs spécialisés dans ce domaine.

Les causes de la dégradation sont prises en considération de façon succincte. Le problème de la main-d'oeuvre est également traité, ainsi que les problèmes concernant la pollution atmosphérique en général et le problème universel — mais localisé — des vibrations. Afin de réduire la dégradation et économiser de l'argent, on recommande des inspections régulières et une stratégie d'entretien préventif des bâtiments historiques.

Des études sur l'environnement interne et externe sont recommandées pour diagnostiquer les causes de la dégradation et la situation des recherches sur les bâtiments en pierre, bois et terre est relatée. Nous adressons les six suggestions suivantes:

1) Chaque pays devrait enregistrer l'état de son artisanat traditionnel et faire des efforts pour conserver la connaissance vivante des qualifications et technologies anciennes.

2) Des histoires de la technologie des Amériques précolombiennes et d'Asie Orientale sont demandées par l'UNESCO pour l'assistance aux études sur la conservation dans ces régions.

3) Les Comités Nationaux de l'ICOMOS sont priés de fournir plus d'informations sur les causes typiques de dégradation des bâtiments dans

leurs pays respectifs surtout en ce qui concerne, par exemple, l'entomologie, la pollution atmosphérique et l'acidité de la pluie.

4) Des recherches sur la réduction de la pollution atmosphérique due aux petits et moyens systèmes de chauffage devraient être acheminées par un programme de l'UNESCO.

5) Des recherches sur les problèmes des bâtiments historiques et des dommages globaux dus aux vibrations de la circulation pour établir des normes adéquates sont demandées aux gouvernements sous la coordination de l'UNESCO.

6) Les Comités Nationaux de l'ICOMOS devraient effectuer des recherches sur l'efficacité de techniques anciennes de préservation des pierres et du bois.

INTRODUCTION

Sont à prendre en considération aussi bien les matériaux pour la conservation que la conservation des matériaux. Le document *Matériaux traditionnels et constante de l'environnement* par Mme Tatiana Kirova montre l'importance vitale des matériaux indigènes pour les politiques de planification et conservation. Le système économique actuel basé sur l'énergie économique et, par conséquent, sur des transports économiques a rendu l'esthétique de l'environnement architectural bien plus difficile, raison pour laquelle les architectes doivent faire des efforts conscients pour atteindre une harmonie qui était obtenue presque automatiquement dans le passé. Le coût des pierres de carrière au moyen âge était un quart du total des pierres fournies; maintenant il correspond aux trois quarts à cause des transports économiques. A ces problèmes de production des matériaux traditionnels sont liés à ceux de l'artisanat traditionnel. En Scandinavie on retrouve des exemples des deux problèmes. Le suédois Kristen Tolister a présenté un document considérable sur *Bardeaux et toits de bardeaux*, tandis que Panu Kaila de Finlande a décrit l'histoire et la production du goudron de bois et d'un renouveau de cette technique dans *La production de goudron brûlé à la fosse*.

C'est un cas intéressant. Les techniques originales étaient sans doute destructrices des ressources naturelles. Les forêts étaient usées tout comme les Grecs et Romains usaient leur ressources naturelles plus vite de ce que la nature pouvaient les récupérer et comme les arbres disparaissaient au Moyen Orient à la suite de la consommation de bois (même si Tamerlan a été justement condamné parce qu'il les avait tous coupés) et tout comme

nous sommes actuellement en train de consommer les forêts équatoriales en détruisant tous les ans environ trois mille espèces de plantes. Comme cela ne peut pas continuer ainsi, la conservation doit s'occuper des ressources énergétiques et naturelles. La science représente notre espoir principal pour la solution de ce problème mais des ressources tout à fait insuffisantes ont été destinées à la recherche des raisons pour lesquelles les matériaux et techniques traditionnels sont souvent plus aptes que les modernes. C'est le cas du goudron brûlé à la fosse qui présente des qualités meilleures pour la préservation du bois que le goudron de bois distillé et bien meilleures que le goudron distillé à partir du charbon. Pourquoi est-il ainsi?

Le goudron brûlé à la fosse est un matériel essentiel pour la conservation du bois, surtout des toits en bois. L'entretien est une science négligée, mais j'ose affirmer que l'entretien préventif est la forme la plus élevée de conservation parce qu'il implique un minimum d'intervention. Un conflit se présente: nous avons besoin de goudron brûlé à la fosse, mais nous regrettons la destruction des arbres et des forêts. La science peut-elle résoudre ce problème? Ou bien les économistes diront-ils que l'échelle est aussi petite que l'importance commerciale en est exclue? Mais il y a certainement des problèmes analogues à une échelle plus grande qui comptent davantage.

MÉTIERS ET TECHNOLOGIE

A l'utilisation des matériaux traditionnels pour la conservation sont liés les problèmes des métiers, certainement aigus dans les pays industrialisés et discutés récemment à Fulda sous les auspices du Conseil d'Europe. Le Conseil a organisé une école à Venise pour la formation avancée d'artisans ayant déjà des capacités de base et les personnes intéressées devraient prendre contact avec l'Arch. Wolf Elbert à l'Isola San Servolo, Venise.

Des problèmes importants concernant la main-d'oeuvre et ses effets sur la durabilité de la pierre sont discutés par G. Tampone et ses collègues.

Certains pays heureux possèdent bien des artisans connaissant les techniques traditionnelles, et un pays sage, le Japon, a inclus dans sa législation déjà en 1929 la conservation des métiers. Malheureusement aucun document n'a été présenté sur ce problème spécifique, bien que la conservation des briques soit inséparable du problème des ouvriers, celle de la maçonnerie des maçons et celle de la charpenterie des charpentiers. Chaque métier tire son nom du matériel employé. Aujourd'hui nous ne pouvons pas nous attendre à la spécialisation extrême dans les techniques artisanales existant dans la période pré-industrielle, raison pour laquelle il faudra élargir

la base de connaissance des artisans pour les rendre plus flexibles et adaptables. Il faut respecter sa capacité et lui apprendre les principes de la conservation et lui transmettre l'orgueil de l'histoire de sa branche, mais surtout il doit aimer et respecter les bâtiments historiques et ne pas détruire l'évidence documentaire ni éliminer la patine par le désir de les remettre à neuf. L'artisan de la construction doit être transformé en artisan de la conservation.

Un artisan spécialisé peut-il endommager un bâtiment historique? Je crains que la réponse est affirmative s'il ne comprend pas les principes de la conservation.

Les anciens artisans étaient les technologistes de l'époque pré-industrielle et apprenaient beaucoup après des siècles d'essais et d'erreurs, en utilisant un sens aigu de l'observation pour analyser les causes et organiser l'action corrective. Nous avons beaucoup à apprendre des anciens métiers et technologies. Toutefois les artisans sont méfiants vis-à-vis des scientifiques inquisiteurs et ne veulent pas révéler leurs secrets par peur d'être supplantés. Cependant les secrets des techniques anciennes doivent être analysés et compris même si l'on désire les remplacer par des techniques modernes.

Avant qu'il ne soit trop tard, chaque pays devrait enregistrer ses métiers traditionnels comme Hans Vulef l'a fait pour l'Iran. Ce document est la base de l'histoire de la technologie qui représente la vraie histoire significative du monde. Nous avons une « Oxford History of the Technology of the Western World » et une « Cambridge History of Chinese Technology », mais nous avons également besoin de l'histoire technologique des Amériques précolombiennes et des pays de l'Orient. Il y a beaucoup de sagesse ancienne qui doit être réapprise.

LES CAUSES DE LA DÉGRADATION

Quant aux matériaux eux-mêmes, ils sont sujets à bien des causes de dégradation, indiquées dans le diagramme attaché. Les causes sont dues à l'environnement externe et interne du bâtiment, certaines dépendent de la manière dont il a été construit, d'autres des matériaux employés. Le fait de comprendre les phases de la construction et la capacité de juger la qualité du travail original sont des facteurs essentiels pour une évaluation professionnelle des conditions d'un bâtiment.

On peut considérer l'architecture comme la modification du climat permettant à l'homme de poursuivre ses activités domestiques, sociales, spi-

rituelles, culturelles et économiques. En effet, l'architecture permet à l'homme de devenir humain. Les matériaux de construction jouent un rôle essentiel pour obtenir cette fonction de l'architecture, par exemple dans des climats arides avec des températures extrêmes les bâtiments sont réalisés avec des matériaux lourds ayant une capacité thermique élevée qui compense les températures extrêmes. De l'autre côté, dans des climats très humides on trouve des structures légères ouvertes pour favoriser le mouvement de l'air. L'architecture indigène nous apprend que les techniques de construction et l'utilisation des matériaux correspondent au climat. En général les données climatiques disponibles pour les architectes modernes sont plutôt insuffisantes, raison pour laquelle — au lieu d'utiliser les matériaux de leurs structures pour les aider à résoudre les problèmes de l'environnement — ils ont passé le problème aux ingénieurs des services qui emploient des systèmes mécaniques et l'énergie pour rectifier les problèmes causés par le manque de compréhension de la contribution offerte par les matériaux au « système spatial de l'environnement » qu'un bâtiment représente. Les projets des musées mettent bien en évidence ces problèmes.

Le document de la Renwich Gallery de Washington D.C. illustre les sollicitations climatiques de l'environnement auxquels un bâtiment particulier est sujet et affirme qu'il y a des gradients considérables et variables d'humidité et température entre la chemise interne et externe du bâtiment et que le matériel extérieur de pierres et briques subit des variations substantielles de température et humidité qui causent la dégradation des revêtements décoratifs en grès.

Selon le climat extérieur il y a des causes biologiques, botaniques et entomologiques à considérer. Malheureusement nous sommes informés de façon plutôt insuffisante sur l'impact relatif de ces causes dans différents climats, surtout à propos des causes entomologiques. En tout cas il paraît que les termites deviennent de plus en plus agressifs. Malheureusement aucun document n'a été présenté à ce sujet.

En utilisant les ressources de ses Comités Nationaux, l'ICOMOS se trouve dans une position unique pour étudier les données climatiques et la conservation des matériaux.

POLLUTION

Aucun document n'a été présenté sur les causes humaines de la dégradation, surtout la pollution atmosphérique et les vibrations. Dans le premier cas il s'agit d'une matière que l'ICOMOS devrait surveiller parce qu'il s'agit

essentiellement d'un problème international. Par exemple, un nuage de fumée venant d'Angleterre peut être identifié en Suède. La pollution industrielle a beaucoup d'effets dont nous ne sommes pas conscients. Toutefois les effets sur le saumon de Scandinavie et la croissance des arbres dans la même région sont bien documentés et alarmants. La pollution industrielle fait augmenter le pH de la pluie et chaque degré de l'échelle est dix fois plus fort que le dernier. La pollution est au moins cent fois plus néfaste dans les zones industrielles de l'Est des U.S.A. que dans les Montagnes Rocheuses.

Dans certains tests de laboratoire il a été trouvé que le taux de dégradation des pierres dû à la pollution industrielle augmente dans une proportion égale à un peu plus du carré de la quantité de dioxyde de soufre contenue dans l'air. Cela signifie que même une petite réduction est bénéfique, tandis qu'une légère augmentation est désastreuse. L'ICOMOS doit insister sur une réduction universelle de la pollution atmosphérique, et cela est possible du moment que 98% du dioxyde de soufre causés par une grande installation industrielle peuvent être éliminés. Le vrai problème est représenté par les petits et moyens systèmes de chauffage. Il faut féliciter l'Agence de Protection de l'Environnement des Etats Unis pour avoir établi des normes globales en rendant une réduction de 90% obligatoire. Et encore ces niveaux de pollution sont trop élevés pour la santé des monuments parce que les effets s'accumulent. Il y a encore beaucoup à faire.

VIBRATIONS

Les vibrations représentent une autre cause de dégradation au sujet de laquelle nous n'avons pas reçu de documents. Il est difficile d'évaluer les dommages causés par les vibrations parce que, sauf dans des cas extrêmes, ils sont identiques au processus de vieillissement naturel d'un bâtiment, mais ici aussi les effets s'accumulent. En effet, dans un environnement à vibrations intenses on sera probablement surpris de constater que les bâtiments historiques tombent en ruine plus tôt que prévu. L'environnement de vibrations de la Cathédrale de St. Paul de Londres, dont j'ai eu l'honneur d'être l'agent voyer avant de venir à l'ICCROM, était tel que sa vie aurait été réduite à moitié si la Ville de Londres n'avait pas détourné le trafic lourd de ce monument national en réduisant ainsi le taux de dégradation. Les ingénieurs des transports, la police, les urbanistes et les responsables des bâtiments historiques devraient collaborer pour éviter les dommages causés par les vibrations de la circulation routière, proportionnelles

au nombre des véhicules multiplié par le nombre d'essieux et le cube de la charge sur les essieux. Par conséquent, un poids lourd peut être 1000 fois plus néfaste qu'une voiture privée. Les vibrations représentent un problème local, sauf dans le cas des avions supersoniques qui sont probablement — je suis satisfait de le dire — peu rentables commercialement. Il est prouvé qu'ils endommagent les bâtiments historiques. La tour de Fénélon en France s'est écroulée et on a rapporté que des pierres ont été déplacées de la Cathédrale de St. David au South Wales à la suite d'impacts soniques.

Les recherches sur les vibrations sont très coûteuses, elles prennent du temps et exigent des équipements sophistiqués. Dans un cas, les vibrations peuvent être ressenties sur tout un bâtiment lors du passage d'un véhicule lourd sur la grille d'un égout défectueuse. Les études nécessaires pour démontrer le dommage auraient coûté 30.000 livres et demandé cinq ans, tandis que la réparation de l'égout et l'élimination de la cause de dégradation coûterait un centième de cette somme. Il faut garder le sens des proportions et surveiller les événements par des inspections régulières.

Toutefois, nous pouvons uniquement exprimer la crainte que les dommages faits aux bâtiments historiques sont bien plus grands que ce que l'on pense. Le phénomène des transports lourds est relativement neuf, raison pour laquelle les effets cumulatifs n'ont pas encore été évalués. L'ICOMOS devrait insister sur la demande de beaucoup plus de recherches dans ce domaine surtout en ce qui concerne les bâtiments historiques. Il existe des normes nationales pour les dommages immédiatement évidents dans des bâtiments modernes typiques et on a également établi des niveaux d'accélération des particules, mais ces normes ne tiennent pas compte de l'état décrépit initial des bâtiments historiques ni des effets des vibrations cumulatives.

RECHERCHE DES CAUSES DE LA DÉGRADATION

Inspections régulières: dans le cadre d'une inspection visuelle d'un bâtiment, qui devrait assurer que ses conditions soient entendues dans leur ensemble par l'enregistrement de tout défaut visible, il faudrait étudier la manière dont le bâtiment a été et la manière dont il a réagi à l'environnement interne et externe. Cette inspection devrait aboutir à un rapport formel qui devrait contenir l'indication des actions nécessaires pour la conservation de l'édifice, classées suivant quatre catégories:

- 1) Immédiates: pour éviter des dangers et prévenir l'écroulement.
- 2) Urgentes: pour arrêter la dégradation active des matériaux.

3) Nécessaires: pour réparer ou remplacer des parties défectueuses dans un terme établi (la grande partie du travail tombe dans cette phase, raison pour laquelle il est possible de le planifier par branches).

4) Souhaitables: améliorations, altérations, remise en état font partie de cette catégorie qui présente une priorité financière moindre.

Ces inspections formelles régulières sont la base d'une stratégie d'entretien préventif d'un bâtiment historique dans le but de garder la patri-moine national de bâtiments dans des conditions telles à résister au vent et à l'eau. Sur la base d'une mesure gouvernementale, en Angleterre, les églises du moyen âge sont inspectées tous les cinq ans, et l'on a trouvé que le coût des réparations a baissé de façon radicale à la suite de la prévention des dommages et de la dégradation. Ces inspections formelles à intervalles considérables doivent être appuyées par des inspections au hasard faite par une personne chargée de vérifier les dommages causés par des tempêtes, l'étanchéité des toits. Ceux qui nettoient les édifices doivent apprendre à relater toute preuve d'attaque d'insectes ou de soupçon d'attaque de champignons qui peuvent causer des dommages remarquables aux boiseries des structures et décoratives à court terme. La personne chargée ne doit pas forcément être un professionnel, mais il devrait avoir reçu des instructions, être fier de son bâtiment et assurer que les dispositifs de drainage des eaux de pluie fonctionnent bien à tout moment. Pour ces raisons il doit être local.

Il est étrange qu'une bureaucratie hautement organisée trouve plus facile d'effectuer une restauration qui coûte des millions que d'assurer que l'herbe, les feuilles mortes ou les corps des oiseaux ne bloquent pas le système de drainage de la pluie, sans parler des arbres qui poussent sur les parois des cathédrales et abbayes — mais j'ai vu même cela. Mon collègue, le Prof. G. Urbani a soumis l'année dernière à Europa Nostra à Bruxelles un document intitulé *De la restauration à l'entretien* qui représente un pas important en avant. Si l'on évite que le drainage de la pluie déborde, les boiseries mouillées ne pourriront pas, le toit ne s'écroulera pas et on aura évité un grand travail de restauration. C'est pour cela que l'on peut dire que l'entretien préventif est la meilleure forme de conservation et d'économie.

ETUDES ULTÉRIEURES

Les inspections visuelles sont également la base pour des études ultérieures sur les causes profondes de la dégradation. Le temps consacré et l'argent dépensé doivent clairement être rapportés au degré de gravité du problème.

En général ces études se rapportent à l'analyse des causes de l'humidité et de la dégradation des matériaux ainsi qu'à l'enregistrement des mouvements structuraux, une matière exorbitant des buts de ce document. L'intuition et le doigté ne sont pas suffisants pour diagnostiquer la nature de la source d'humidité; il faut effectuer des mesurages et trouver les contours de l'humidité dans la zone en question pour retrouver la source si elle n'est pas évidente. En outre, l'environnement interne devrait être examiné pendant au moins un an à l'aide d'un thermohydrographe. Le praticien expert peut apprendre un tas de données par ces lectures, si le calibrage du thermohydrographe a été contrôlé tous les mois à l'aide d'un psychromètre de précision.

Il faut se méfier des simples hydromètres électriques s'il y a du sel hygroscopique dans un mur ou en cas de condensation sur ou sous la surface du matériel.

Comme l'environnement interne varie considérablement à l'intérieur d'un bâtiment, trois ou quatre thermohydrographes sont souhaitables et un devrait être placé à l'extérieur pour mesurer le microclimat du bâtiment. La plupart des phénomènes de dégradation des matériaux sont dûs à l'eau et au climat.

Nous avons un bon exemple de recherche sur un mur par John Stewart et Charles Costain et Keith Blades dans leur *Examen d'un schéidage dû au sel dans le bâtiment du Parlement d'Ottawa*. A la suite de leurs études ils ont identifié les subflorescences comme un sulfate de sodium anhydre et, en prélevant des échantillons à noyau sec, ils ont trouvé que les sels étaient en profondeur dans les murs où ils avaient été transportés par la pluie contaminée auparavant par la pollution atmosphérique. Ils recommandèrent de repointer les joints des murs et de déhumidifier l'intérieur. Deux points s'avèrent importants: premièrement, l'effet de l'environnement interne sur la dégradation des matériaux externes et deuxièmement, si je peux insérer un point, la condition du mortier dans une atmosphère hautement polluée est un facteur essentiel dans un plan d'entretien préventif d'un édifice en maçonnerie.

La réparation des bâtiments demande de l'attention et de la compréhension et le choix du mortier est une question essentielle. Sous la pression d'une industrie hautement organisée pouvant fournir ses produits partout dans le monde, et parce que les produits industriels fournis en sachets sont automatiquement considérés comme meilleurs par rapport aux matériaux traditionnels, nous trouvons des maçons, des constructeurs et même des architectes qui utilisent faussement du ciment Portland pour des rapports.

C'est une pratique si désastreuse, que j'ai appelé le ciment Portland l'ennemi des édifices historiques.

Le ciment Portland, généralement appelé ciment, dans ses différentes spécifications, est un matériel magnifique pour les structures modernes qui nécessitent sa résistance et sa prise rapide. Il peut être utilisé pour le béton armé avec des agrégats adéquats et du fer pour renforcer et consolider une structure, sous le contrôle de professionnels experts. Mais on en abuse aussi souvent en le mélangeant avec du sable pour obtenir du mortier et de l'enduit. Mais le ciment Portland n'est pas fait pour les mortiers et les enduits des structures historiques qui ne demandent pas ses bonnes qualités spécifiques, mais qui souffrent de ses défauts et effets secondaires sur les matériaux traditionnels. Voilà les raisons pour lesquelles il ne faut pas utiliser du ciment Portland pour les édifices historiques:

1) L'utilisation du ciment Portland n'est pas réversible. Si on l'enlève, il endommage les matériaux des bâtiments historiques qui ne peuvent plus être recyclés.

2) Le Portland est trop résistant à la compression, adhésion et tension et de ce fait incompatible avec les matériaux faibles des bâtiments historiques. C'est paradoxal, mais ces matériaux faibles sont plus durables.

3) A cause de sa grande résistance il manque d'élasticité et de plasticité par rapport au mortier de chaux et exerce des charges mécaniques plus fortes sur le matériel adjacent en accélérant la dégradation de celui-ci.

4) Il est imperméable et peu poreux et, par conséquent, il garde la vapeur et l'eau et empêche l'évaporation. Pour cela il n'est pas apte pour soigner des murs humides; le contraire est vrai parce qu'il ne fait qu'envoyer l'humidité vers le haut. Employé en tant que mortier, son imperméabilité accélère les dommages du gel et augmente la condensation interne.

5) Lors de la prise il se rétrécit en formant des crevasses qui laissent entrer l'eau et, comme il est imperméable, cette eau sort difficilement. Pour cela il ne fait qu'augmenter les défauts dus à l'humidité.

6) Il produit des sels solubles lors de la prise, et ceux-ci peuvent se dissoudre en endommageant le matériel poreux et des décorations précieuses.

7) Il a une conductibilité thermique élevée et peut créer des ponts froids lorsqu'il est utilisé pour des injections pour consolider des murs.

8) A cause de son mouvement thermique considérable le béton armé est dangereux en cas de conditions thermiques extrêmes.

9) Sa couleur est un gris « froid » et plutôt foncé. La texture est trop souvent lisse et « aciérée ». Du point de vue esthétique ces qualités sont considérées généralement comme incompatibles avec les matériaux traditionnels.

Pour toutes ces raisons le ciment Portland ne devrait pas être utilisé pour les mortiers et les enduits.

Que faut-il donc employer dans des bâtiments anciens? Simplement de la chaux. Jusqu'en 1930 dans tout le monde la chaux était utilisée généralement et les édifices sont encore debout et en bon état. Les exemples du Panthéon à Rome (construit en 27 av. J.C.) ou bien les Thermes de Caracalla (212 après J.C.) sont significatifs, mais les méthodes traditionnelles de calcination et extinction de la chaux se sont perdues dans bien des pays. Traditionnellement on utilisait des mortiers de chaux avec 1 part de chaux et 3 parts de sable gros. Le sable était mieux si ses particules étaient plus aiguës et variées en tant que forme. Sa couleur détermine la couleur définitive du mortier. Sa texture peut être améliorée par une pulvérisation légère pour éliminer la « lactescence ».

L'ENVIRONNEMENT INTERNE

Nous avons déjà mentionné la souhaitabilité de mesurer l'environnement interne d'un édifice, mais il reste à insister sur le fait qu'un bâtiment est « un système spatial d'environnement » et que, par conséquent, tout changement causera une variation de l'équilibre du système.

La forme la plus commune de changement est l'introduction de valeur de chauffage plus élevée; ensuite il y a la climatisation et humidification de l'air ou bien des altérations structurales. Le document intéressant de Kerston Alexanderson, Elmar Brydolf et Ingmar Holmstrom intitulé *Conservation de l'énergie dans les églises* montre comment le chauffage, en réduisant l'humidité relative et en causant le rétrécissement des matériaux organiques et la dilatation des matériaux inorganiques — tels que les pierres —, peut entraîner des déformations graves de la structure. Par exemple, dans le château de Meissen en R.D.A., l'introduction du chauffage a causé la rupture d'une colonne mince en marbre à la suite de l'augmentation de la charge qui la grevait. Nous connaissons tous la contraction et la cassure du bois, mais ce document nous informe que les effets des changements sur les matériaux vont plus loin: la peinture s'écaille, les surfaces des murs internes se noircissent et l'humidité, s'évaporant sous forme de vapeur d'eau, passe à travers les murs et, s'il fait assez froid, elle se condensera et pourra geler en causant des dommages de gel. En même temps le coefficient d'érosion des sels dans les enduits et dans la maçonnerie augmente inévitablement. Dans les églises, les sculptures polychromes, les panneaux peints, les orgues, les pupitres et les bancs sont endommagés et, si l'on y introduit

l'humidification artificielle pour corriger ces inconvénients, un surplus d'humidité passe à travers les murs. En Angleterre on a trouvé que l'introduction du chauffage dans des bâtiments historiques a eu comme effet la dégradation de certains matériaux traditionnels, tels que notamment les toits, à cause d'une plus grande condensation au-dessous du revêtement en plomb ou cuivre. La condensation a lieu également dans des espaces non chauffés. Une fois de plus, le mesurage de l'environnement interne permet de faire des diagnostics corrects.

INVENTAIRE DES MÉTHODES TRADITIONNELLES ET DES PRODUITS CHIMIQUES UTILISÉS POUR LA CONSERVATION

Souvent le restaurateur précédent peut être considéré comme le pire ennemi de l'édifice. C'est arrivé si souvent et aussi dans des bâtiments d'importance internationale. Les faillites sont généralement dues au manque de compréhension de la nature du matériel et aux effets à long terme du climat et des sollicitations de l'environnement. M.e Collette Di Matteo a fait l'inventaire de l'utilisation des *Produits de préservation des pierres à base de silicates et fluosilicates* en France au 19^{ème} siècle. Ces inventaires sont utiles et dépendent de la documentation précise des produits chimiques et processus utilisés et montrent leur efficacité à long terme.

Il serait très utile que l'ICOMOS, à travers ses Comités Nationaux, fasse l'inventaire de la valeur des pratiques du passé. Si elles ont retardé la dégradation, elles ont été utiles, mais comme elles tendent à être considérées comme démodées, elles sont souvent ignorées. Or, il faut dire qu'une recette démodée de préservation dans les mains d'un homme qui sait comment l'appliquer, est bien meilleure qu'une recette scientifiquement supérieure si celui qui l'applique ne sait pas bien comment s'y prendre.

Un problème constant du conservateur architectural est la disponibilité continue des produits chimiques sûrs. Parfois il est obligé d'utiliser un produit désigné uniquement par la marque et le producteur, craignant la compétition commerciale, se refuse de donner la composition. Un moyen de sortir de cette impasse pour le producteur est de déposer un échantillon du produit chimique dans un endroit sûr (comme une banque) avec la composition relative. Ensuite, en cas de nécessité, l'échantillon peut être récupéré plus tard. Un autre aspect des marques commerciales est que le producteur peut changer les formulations sans avertissement, mais avec des résultats désastreux pour le conservateur. Une « liste blanche des produits chimiques »

connus que les producteurs s'engagent à ne pas altérer, serait très utile pour les conservateurs.

Les tests sur le terrain des matériaux sont très souhaitables, mais il faut faire attention à ne pas publier les résultats de façon telle à induire les commerçants à entreprendre des actions légales contre les personnes qui font des commentaires défavorables sur les produits. C'est la raison pour laquelle bien des rapports semblent être sans conclusions.

Un test effectué sur douze produits de préservation des pierres pourvus de marques commerciales a montré que deux accélèrent la dégradation, deux changeaient la couleur des pierres et huit n'avaient pas d'effet du tout. Ces produits sont toujours utilisés parce que peu de gens ont lu le rapport.

MATÉRIEAUX NOUVEAUX ET RISQUES POUR LA SÉCURITÉ

Les producteurs devraient indiquer clairement toutes les conditions dans lesquelles les produits chimiques peuvent être utilisés. Personne ne devrait avoir honte de porter un casque, des bottes avec les semelles en acier, des lunettes, des masques, des respirateurs ou des habits protectifs si le producteur recommande ces précautions.

RECHERCHE: PIERRES ET MORTIERS

Le document sur la restauration de la façade de la Renwick Gallery of Art, *Materials Investigation and Architectural Analysis* par Holles J. Stevens, S.Z. Lewin et A.E. Charola est intéressant parce qu'il est basé sur l'analyse scientifique des propriétés physiques de la pierre de construction de la Renwick Gallery. L'incompatibilité des propriétés thermiques de la pierre et des ajouts en résine est un avertissement pour nous tous et il faut se rappeler du fait que la pierre et la maçonnerie en briques se dilatent et se contractent à la suite des variations de l'humidité.

Souvent en cas d'incompatibilité entre les matériaux, c'est le joint de mortier qui agit en tant que coussin. Donc, les qualités élastiques et plastiques du mortier ainsi que la largeur du joint en mortier sont des facteurs à étudier. Une petite équipe de recherche est en train d'étudier ces questions à l'ICCROM sous la direction de G. Torraca. Elle est en train d'examiner différents mélanges de mortier de chaux pour en définir les propriétés. Les mortiers de chaux pure ont une prise lente, et cela a été critiqué dans certains cas. Toutefois l'ajout de pouzzolane change radicalement ses caractéristiques.

Les Romains ont découvert que l'ajout d'une terre naturelle de pouzzolane d'origine volcanique, trouvée à l'origine à Pozzuoli, augmentait considérablement la résistance de leur béton de chaux et des mélanges de mortier. Ces matériaux se sont avérés très flexibles au cours des tests effectués. C'est peut-être là le secret de la durabilité des ruines romaines qui ont résisté pendant des siècles aux sollicitations de l'environnement. Si l'on ne dispose pas de pouzzolane naturelle, il est possible d'utiliser des briques concassées en tant que matériel de pouzzolane artificiel. D'autres matières — telles que la cendre de bois, la sève des arbres, le sang de boeuf — ont été utilisées pour améliorer les mortiers de chaux. La technologie ancienne est remplie de pareilles recettes bizarres. Des additifs modernes ayant un effet pareil à celui de la pouzzolane, sont le fraïsil, un produit secondaire des stations à combustion de charbon, et le coke fluide, un produit secondaire du processus de raffinage du pétrole que l'on trouve aux U.S.A. (Réf. 1). Le coke fluide peut être employé de différentes façons lorsqu'il s'agit de remplir des fissures, parce qu'il développe des gaz au cours de la prise et fait dilater le mortier. A l'ICCROM nous espérons pouvoir examiner toutes ces alternatives, mais il faut du temps. Pour cet automne un séminaire est prévu sur les mortiers et les mortiers liquides.

Le document de M.e Simonetta Peroni sur l'analyse des mortiers dans la petite église protochrétienne de San Benedetto à Rome est intéressant parce qu'il est utile pour diagnostiquer les phases de la construction en combinaison avec des études historiques et documentaires.

Les contributions du Comité ICOMOS/RILEM sur les Pierres sont plus importantes et aux personnes particulièrement intéressées je recommande les extraits préliminaires de la Conférence RILEM/UNESCO de Paris en 1978 au cours de laquelle bien des documents significatifs ont été présentés. Le Comité ICOMOS/RILEM, un groupe multidisciplinaire, sous la direction de M. Mamillan, a mis au point un programme de 35 tests pour la pierre et effectuée un travail considérable de coordination des recherches. Les résultats des recherches en cours sont transmises au fur et à mesure par les experts aux cours UNESCO/ICCROM tenus à Venise.

RECHERCHE: ARCHITECTURE DES MATÉRIAUX TERREUX

Une conscience toujours plus grande de l'utilisation passée, présente et future des terres en tant que matériel de construction dirige notre attention vers les efforts principaux effectués pour la conservation du patrimoine architectural construit avec la terre.

Les réunions ICOMOS tenues à Yazd, Santa Fé et Ankara sont probablement les activités qui illustrent le mieux l'intérêt croissant à identifier et classer les développements nationaux et internationaux de la conservation de l'architecture et des structures en terre.

Je voudrais me rapporter brièvement aux recommandations de la dernière de ces séances internationales (Ankara, 1980). Au cours de cette réunion, les suivantes considérations importantes ont été enregistrées:

— une identification et attribution initiale de la signification de l'expression « architecture de terre » contre les limitations des noms autrement utilisés;

— les caractéristiques distinctives des processus de détérioration naturelle et de ceux introduits par l'homme;

— le caractère culturel représentatif de l'architecture locale et la nécessité de réaliser des politiques pour considérer sa préservation;

— l'utilisation de méthodes et de matériaux traditionnels pour la préservation de l'architecture de terre a été encouragée parce que ceux-ci sont souvent très bien compatibles avec les caractéristiques des matériaux de construction terreux et surtout à cause des contributions importantes de ces matériaux et méthodes à la qualité organique de l'architecture de terre, en particulier en ce qui concerne ses habitants.

Différentes catégories pour la préservation adéquate des ressources archéologiques de terre ont été également considérées pour:

— donner une protection provisoire immédiate au matériel en briques de boue récemment excavé avant d'établir un plan de conservation définitif pour les structures en question;

— fournir une protection adéquate contre l'érosion directe par la pluie ou la fonte des neiges ainsi qu'un isolement thermique suffisant pour éviter la condensation ou l'effet « serre »;

— inclure des mesures pour le drainage de la pluie et pour éviter l'érosion à la base des murs; et

— considérer:

a) le remplissage immédiat, l'entretien périodique;

b) la consolidation et le remplissage d'émergence;

c) la consolidation d'émergence et la protection provisoire;

d) la conservation complète des sites exposés à l'environnement en tant qu'alternatives de préservation.

Les recherches ont été considérées comme prioritaires dans les domaines suivants:

— techniques adéquates de préservation surtout par des méthodes et à l'aide de matériaux traditionnels;

— projets de systèmes à modules pour la construction d'abris pour les structures en terre;

— standardisation des méthodes de test; et

— projets pilotes multidisciplinaires sur le terrain.

Il s'agit là seulement de peu de considérations parmi celles exprimées lors de la dernière réunion internationale. Toutefois elles donnent une idée des nécessités spécifiques à envisager *maintenant* dans la préservation de l'architecture de terre.

RECHERCHE: BOIS

De nos jours la plupart du travail de recherche sur la conservation du bois a été effectuée au Japon, et les documents du Symposium sur la Conservation du Patrimoine Culturel 1978, *Conservation du bois*, publiés par le Tokyo National Research Institute of Cultural Properties sous la direction de notre Président, le Directeur Général Dr. Nobuo Ito, représentent une contribution extrêmement précieuse.

Nous sommes très reconnaissants de ce document intitulé *Le bois en tant que matériel des constructions japonaises* qui donne un aperçu intéressant des différents bois utilisés et de l'histoire de la technologie du bois japonaise qui fournit au monde la construction en bois la plus ancienne, une pagode de l'année 670 et la construction en bois la plus grande, du 13^{ème} siècle. Le danger le plus grand pour ces édifices est le feu, suivi par les termites et les champignons. Seulement une vigilance constante peut les sauver. Vitruve écrivait en 31 av. J.C. en se plaignant des risques d'incendie découlant des cloisons en pisé. Or le risque existe toujours.

Une autre conférence est prévue pour 1982 et sera tenue sous les auspices de l'UNESCO qui pense aussi organiser des cours sur les mêmes sujets que les cours de Venise pour la pierre. Cela va encourager les recherches et les documents d'information dans ce vaste domaine.

CONCLUSIONS

Nous envisageons une tâche considérable en traitant la conservation des matériaux et les matériaux de la conservation. Les architectes, ingénieurs et planificateurs travaillant sur le terrain doivent apprendre comment communiquer avec les scientifiques, et les scientifiques doivent être persuadés de quitter leurs laboratoires et à apprendre comment regarder les bâtiments.

En analysant les documents visuels avec un oeil expert ils seront capables d'éliminer quelques facteurs variables intrigants et d'appliquer leur capacités de recherche aux questions essentielles, mais il est impossible de poser ces questions sans comprendre l'environnement interne et externe d'un bâtiment, en évaluant les sollicitations de l'environnement auxquelles il est sujet.

Je voudrais que la conférence discute les documents et considère si des résolutions sont nécessaires. Les suggestions que j'ai faites dans ce document peuvent être résumées comme suit:

1) Chaque pays devrait enregistrer ses artisanats traditionnels et prendre des mesures pour conserver une connaissance vivante des arts et techniques anciens.

2) Des histoires de la technologie des Amériques précolombiennes et de l'Asie Orientale sont demandées à l'UNESCO pour servir aux études sur la conservation dans ces régions.

3) Il faut demander aux Comités Nationaux de l'ICOMOS de fournir plus d'informations sur les causes typiques de la détérioration des bâtiments dans leurs pays respectifs, surtout en ce qui concerne par exemple les causes entomologiques, la pollution atmosphérique et l'acidité de la pluie.

4) Un programme UNESCO devrait introduire des recherches sur la réduction de la pollution atmosphérique causés par les petits et moyens systèmes de chauffage.

5) Les gouvernements devraient effectuer, sous la coordination de l'UNESCO, des recherches sur les problèmes des bâtiments historiques et des dommages cumulatifs causés par les vibrations de la circulation, pour établir des normes adéquates.

6) Les Comités Nationaux de l'ICOMOS devraient effectuer des études sur l'efficacité des techniques traditionnelles de préservation des pierres et du bois.

CAUSES DE LA DÉTERIORATION ET DES DOMMAGES AU PATRIMOINE CULTUREL

CAUSES EXTERNES DE DÉGRADATION: Le SOLEIL produit de la LUMIÈRE avec des radiations ULTRAVIOLETTES et INFRAROUGES (CHALEUR)

causes climatiques

variations saisonnières de la température
variations journalières de la température
gel et neige
sécheresse et gel
humidité de la nappe et de la terre

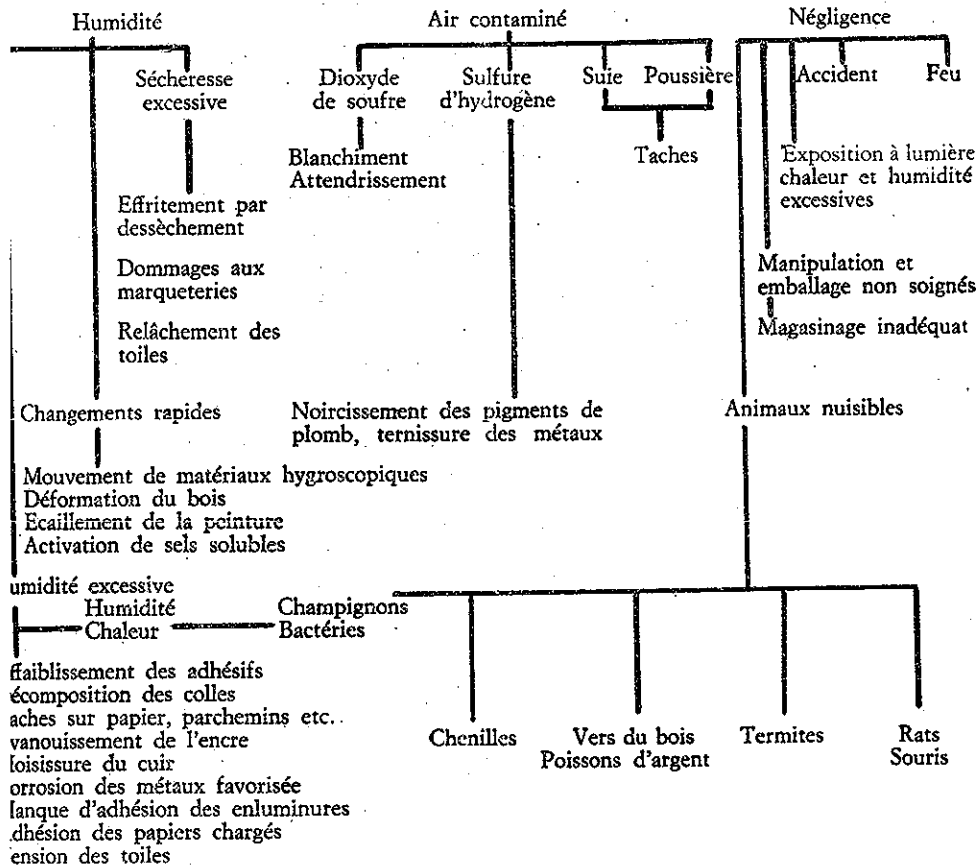
Causes biologiques et botaniques

Animaux
Oiseaux
Insectes
Arbres et plantes
Champignons, moisissures, lichens

Désastres naturels

Tectoniques
Tremblements de terre
Vagues des marées
Inondations
Avalanches, éboulements
Eruptions volcaniques
Vents exceptionnels
Incendies

USES INTERNES DE DÉGRADATION: (Note: le bâtiment modifie et protège)



CAUSES HUMAINES DE LA DÉGRADATION:

négligence d'entretien préventif
guerres
altérations voulues
pollution de l'environnement
extraction de l'eau
vandalisme et incendies
vol

TATIANA K. KIROVA

TRADITIONAL MATERIALS AND THE NECESSITY OF ENVIRONMENTAL «CONSTANTS» IN SARDINIAN ARCHITECTURE *

The general theme of this convention suggests some reflections on the importance of the preservation of urban environmental characteristics especially in those places where the phenomenon of loss of identity has been felt most, as a result of the massive suburban construction of buildings in the repetitive contemporary architecture of an «international» character.

Such constructive typologies, which have been reproduced on a large scale in the most different sites and latitudes, are systematically destroying the traditional appearance of our inhabited areas.

To be able to have a future for these areas, we must first of all promote the necessary restoration in the form of prudent and sensible interventions, thus blocking this widespread «re-usage» that has very frequently caused demolition, reconstruction and cancellation of the traces of a past, that must have the possibility of existing if we want a future to exist.

For this reason, by means of regulations, we must also have better control on substitutive building and urban expansion. Since the historico-environmental character of a settlement is expressed also by the building materials used in its construction, it will be necessary to respect its homogeneity especially within the historic centres but also in the completion zones, by avoiding creation of disturbing elements not only with oversized volumetric structures but also with the reintroduction of new materials di-

* The present paper has been developed and carried out within the C.N.R. research study still in progress at the seat of «Rilievo e Restauro dei Monumenti» of the Faculty of Engineering of the University of Cagliari in collaboration with eng. Luciano Ramon, holder of a Ministerial scholarship.