

L'ETUDE DES PIERRES EN POLOGNE

La conservation des objets culturels comporte trois aspects interdépendants : l'aspect historique, l'aspect technique et l'aspect esthétique, et il est de plus en plus rare qu'on considère la conservation des monuments seulement du point de vue technique. La tendance à l'intégration de ces trois aspects dans la préparation et la motivation d'un traitement de conservation est actuellement générale dans tous les domaines de la conservation des monuments.

En acceptant les nouvelles théories sur la conservation des monuments on modifie et on déplace l'intérêt primordial de la restauration et de la reconstruction vers celui de la protection.

Les résultats du traitement de protection dépendent non seulement de la connaissance exacte des causes de l'altération mais aussi des possibilités d'action sur ces causes.

Avant d'exposer le programme de travail polonais, je voudrais présenter en quelques mots les expériences de vingt ans d'activité partant sur un très grand nombre de travaux conservatoires de monuments et de sites urbains. Ces travaux étaient très différents et outre les monuments et les sites urbains, on traita aussi les collections de musées.

Cet énorme travail fut effectué avec l'enthousiasme qui caractérisait tous les travaux de reconstruction du pays après la deuxième guerre mondiale. Nous ne sommes pas encore à même d'en apprécier les résultats objectivement et d'une manière critique.

Les musées de Pologne conservent un grand nombre d'objets en pierre. En 1965 on a fondé à Wroclaw un musée qui groupe, conserve et expose les reliques d'architecture et surtout les sculptures.

Dans la reconstruction des agglomérations urbaines et des monuments historiques importants, on a éliminé les ajoutes faites au cours des siècles.

Ces travaux furent accompagnés d'études historiques et stylistiques poussées, ainsi que, pour certains monuments, des premiers examens techniques spécialement conçus pour la reconstruction. Mais les problèmes techniques furent négligés au bénéfice de l'aspect artistique et de l'histoire et ceci pour deux raisons : premièrement, l'absence de fondements méthodiques dans les techniques de conservation et le manque de temps nécessaire

aux recherches théoriques fondamentales qui nous obligèrent à employer les méthodes traditionnelles ; deuxièmement, la mauvaise appréciation de l'importance de la technique conservatrice.

Pour corriger ces insuffisances nous avons invité quelquefois, au titre de consultant, des experts étrangers comme MM. A. Kieslinger et R. Sneyers et avons souvent profité de la littérature étrangère. On a aussi recherché les possibilités d'application de méthodes élaborées dans le nouvel art de bâtir. L'inexpérience des conservateurs et l'insuffisance de résultats théoriques vérifiés par l'expérience rendaient alors impossible le progrès accéléré de la technique conservatoire.

On a cependant effectué des travaux nouveaux comme la pétrification par la méthode électroosmotique sur les fondations de l'église Ste-Anne à Varsovie, et sur les reliques d'architecture médiévale conservées sous la cathédrale de Poznan ; l'imprégnation des briques portant les fresques gothiques de l'église St-Jean à Gniezno, etc.

De 1950 à 1961 on a observé un intérêt croissant pour les nouvelles techniques et une tendance de les appliquer aux travaux conservatoires. Cette tendance caractérisait tous les domaines de la conservation, mais elle s'exprima le plus clairement dans le traitement de consolidation et d'hydrofugation des pierres poreuses par les résines synthétiques.

Vers 1960 le nombre de monuments en reconstruction diminue de plus en plus et on a pu commencer les recherches fondamentales et méthodiques que l'on retrouve dans nos publications spécialisées et en novembre 1960, le Ministère de la Culture a décidé d'organiser régulièrement des conférences scientifiques pour assurer la coordination des travaux de recherches dispersés dans tout le pays. La première conférence se tint à Varsovie en 1960 ; elle fut consacrée à la conservation des bois. En 1962, à Poznan, on s'occupa de la conservation des objets métalliques ; en 1963, à Lodz, de la conservation des textiles et des cuirs, et en 1964, à Cracovie, de la conservation des fresques. Cette année, probablement en novembre, on s'occupera de la conservation de la pierre.

Trois centres contribuent activement à la préparation de cette conférence, notamment : à Varsovie, l'Ecole Polytechnique et la Chaire de Chimie et de Technologie des Matériaux de Construction ; à Poznan, le Musée National et l'Université Mickiewicz, la Chaire de Chimie Appliquée, la Chaire de Technologie Chimique, la Chaire de Minéralogie et de Géologie, l'Ecole Polytechnique et l'Institut de Recherches des Matériaux de Construction ; à Torun, l'Université Copernic et la Chaire de Conservation des Monuments. Participent aussi à cette action : l'Institut de Construction d'Habitation de Varsovie, l'Institut de Construction Hydraulique à Gdansk et le Syndicat de la Pierre de Construction de Varsovie.

L'Ecole Polytechnique de Varsovie, les Instituts de Construction et le Syndicat de la Pierre de Construction s'occuperont des méthodes d'examen de la pierre, de la détermination de son origine, de l'emploi des pierres dans la conservation, de la protection de la pierre en oeuvre.

L'Université de Torun discutera l'imprégnation et le nettoyage de la pierre, ainsi que la préparation des mastics pour la restauration.

Le Centre de Poznan présentera des méthodes d'études chimiques et physiques de la pierre, les résultats de ses recherches sur la "salaison" de la pierre poreuse, les différentes formes de "salaison" au point de vue systématique, le mécanisme de l'altération accélérée par les sels solubles et les résultats des essais d'extraction.

Au premier plan des recherches chimiques vient l'analyse des éléments principaux et des traces par les méthodes gravimétrique, volumétrique et photométrique. Les résultats de l'analyse des éléments principaux permettent de déduire des caractéristiques de la pierre et même son degré d'altération. La connaissance des éléments en traces peut être utile dans l'identification et la détermination de l'origine du matériau.

Mais l'analyste moderne ne se contente pas d'indications élémentaires. Aussi avons-nous examiné la structure cristalline par diffraction gammagraphique d'après Debeye-Scherrer. Cette méthode n'est pas simple et les résultats sont très difficiles à interpréter car ils portent, le plus souvent, sur des conglomerats de cristaux. Nous abordons aussi l'examen de la pierre à l'aide du microscope électronique. Les photos obtenues sont très intéressantes et permettent de déduire les structures microcristalline et même cryptocristalline. Le manque de matériaux de comparaison rend l'interprétation des diagrammes peu sûre. Il est aussi difficile de préparer des lames ultraminesces.

Les méthodes de la technologie chimique fournissent d'intéressants résultats dans l'étude de la pierre poreuse (brique et grès calcaire) en cours d'altération et notamment sur : la topographie de la porosité, la surface spécifique, la chaleur d'hydratation.

La porosité a été mesurée par la méthode de Herbst utilisant la pénétration du mercure sous basse pression. La surface spécifique a été déterminée par la méthode BET de Brunauer, Emmet et Teller qui applique l'absorption du méthanol. La surface admise pour la molécule de méthanol est : $14,5 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$. La chaleur d'hydratation a été mesurée au calorimètre à $\pm 0,001^\circ \text{C}$, avec de l'eau.

Les résultats obtenus sont si caractéristiques qu'ils peuvent servir de critère d'appréciation du degré d'altération.

Les bâtiments élevés en Pologne jusqu'au XIII^e siècle sont en pierre et en bois. Nous gardons de cette époque un certain nombre d'édifices construits en pierre liée au mortier de chaux et aussi de très rares sculptures. En Pologne du nord-ouest on utilisa la pierre glaciale ou granit pour la construction et le grès cimenté de silice pour la sculpture. Au sud de la Pologne on bâtit avec la pierre calcaire qui fut aussi utilisée en sculpture. Au sud-ouest du pays, en Silésie, on utilisa, tant pour la construction que pour la sculpture, du granit provenant des carrières locales.

Depuis le XIII^e siècle apparaît la brique dans la construction mais la pierre est encore utilisée dans le sud et dans tout le pays on abandonne la pierre dure (granit), même pour la sculpture des ornements, pour utiliser de plus en plus les pierres tendres plus faciles à façonner.

Ces sortes de pierre s'altèrent sous l'influence des agents atmosphériques et furent remplacées par de nouvelles suivant le même principe qu'aujourd'hui. On a protégé les plus importantes sculptures en pierre en les déposant dans les bâtiments. Cette méthode de protection, la plus efficace, est encore utilisée et après la deuxième guerre mondiale on a ainsi transporté dans les musées, beaucoup de reliques sculpturales sauvées des ruines.

On a d'ailleurs pu reconstruire plusieurs monuments et leurs ornements sculpturaux à partir des reliques conservées dans les musées.

Depuis quelques dizaines d'années on recherche des méthodes de protection des reliques en pierre contre l'action des intempéries par imprégnation de matériaux chimiques divers à base du fluor, de silice de substances silico-organiques et aussi de résines synthétiques.

En ce qui concerne le procédé d'application, on a utilisé le pinceau, la brosse, les compresses, l'immersion, la pression et dernièrement le courant électrique. L'étude des diverses méthodes d'imprégnation est menée par plusieurs instituts de constructions civiles.

L'imprégnation est aussi appliquée pour la régénération du ciment altéré dans la pierre. A mon sens, cette méthode sera un jour la sauvegarde des monuments pierreux. Il reste à améliorer le procédé. Si on rencontre rarement cette sorte de monuments, c'est qu'en général, l'altération du ciment, signifie la désagrégation de la pierre. Personnellement, j'ai rencontré deux monuments dont le ciment interne de la roche était désagrégé et qui furent sauvés.

Le premier est un baptistère romain, dégagé au cours des fouilles sous la cathédrale de Poznan. De forme circulaire, au diamètre de près de 4 m, fait en pierre artificielle calcaire-argileuse, il se trouvait sous 4 m de sol. Deux fois par an l'eau sou-

terraine noyait le baptistère et extrayait le ciment de la pierre qui fut affaiblie au point de se désagréger après assèchement. Le monument a été pétrifié par le procédé électrocinétique de Cebertowicz qui consiste en l'introduction de silicate de sodium et de chlorure de calcium dans la pierre à l'aide du courant électrique.

Le deuxième monument dont la pierre avait un ciment désagrégé est le portail de l'église Ste-Marie-Madeleine à Wroclaw. Ce portail fut imprégné quelquefois de fluorosilicates entre 1920 et 1936. Dans la première phase de l'imprégnation la surface de la pierre fut durcie, mais dans la seconde on constata la désagrégation du ciment de la pierre sous la surface. A présent, des grains de sable se détachent de l'épiderme qui protégeait le matériau du portail.

Dans l'exemple du portail de Wroclaw, ainsi que dans celui du baptistère de Poznan, nous avons constaté que les sels solubles accélèrent l'altération de la pierre.

Nous avons aussi examiné particulièrement l'action des sels dans l'altération de la brique et du mortier à l'hôtel de ville et au château Przemyslaw à Poznan. On y trouvait deux sortes de "salaison" : les unes provenant de la pierre elle-même ou de l'influence des conditions naturelles, les autres étant les conséquences des méthodes de construction ou du traitement de conservation.

Au premier groupe on peut compter :

- a. L'altération naturelle des constituants de la pierre ou de la brique, accompagnée d'efflorescences salines.
- b. La pollution de l'air produisant des sels comme les sulfates dans les régions industrielles.
- c. L'influence de l'eau de mer, de l'eau souterraine, de l'atmosphère et de la végétation.
- d. La surchauffe et les fumées produites pendant un incendie.

Au deuxième groupe appartiennent :

- a. Les imprégnations effectuées pour durcir la pierre au moyen de sels solubles ou des matières produisant des sels solubles par réaction secondaire.
- b. Les traitements d'isolation qui utilisent des substances chimiques contenant ou produisant des sels solubles.
- c. Les traitements de conservation qui mettent en oeuvre des produits contenant des sels solubles.

Il faut aussi distinguer les "salaisons" par identification du sel. Nous avons rencontré les sels suivants :

1. Les sulfates provenant soit de la désintégration des constituants de la pierre et de la brique, soit d'efflorescence de substances accumulées dans la pierre ou dans la brique.
2. Les hydroxydes et les carbonates, surtout de sodium et de potassium, consécutifs à l'application des silicates solubles dans

l'eau comme consolidant ou comme isolant, et à l'application d'hydroxyde et de carbonate dans le nettoyage de la pierre.

3. Les chlorures provenant de l'eau de mer ou de l'emploi du sel de cuisine et de chlorure de calcium comme antigel.

On a examiné en détail, jusqu'à présent :

1. Les sulfates résultant de l'incendie.
2. Les sulfates produits par désintégration naturelle de la brique en présence de l'humidité du sol.
3. Les sels basiques venant des fluorosilicates employés comme durcisseur.
4. Les sels basiques formés à partir du silicate de sodium appliqué pour pétrifier la pierre.
5. Les sels basiques provenant du silicate de sodium employé comme isolant.

Le nombre des résultats des recherches et des observations est insuffisant pour permettre un classement des sels suivant leur activité destructive, c'est-à-dire suivant l'accélération de l'altération de la pierre.

Pour le moment, nous sommes en mesure de constater que :

1. L'accélération de l'altération de la pierre est proportionnelle à sa teneur en sels solubles.
2. L'altération croît visiblement en même temps que la basicité du milieu salin.
3. L'accélération de l'altération de la pierre dépend de l'hygroscopicité des sels formés dans la pierre. Le degré d'humidité de la pierre dépend de l'humidité de l'air. L'humidité absorbée par la pierre salée varie avec le degré d'hydratation des sels, qui est toujours en équilibre avec l'humidité relative de l'air.

Les premières conclusions des recherches sur l'altération de la pierre par les sels solubles sont fondées sur un trop petit nombre de monuments pour fournir une définition sûre et une base d'appréciation de la technique de conservation de la pierre salée, mais elles sont suffisantes pour établir les règles de conduite dans l'étude des phénomènes et dans l'élaboration des méthodes pratiques de conservation.

En 1963-64, nous avons exécuté un certain nombre de travaux expérimentaux contrôlés par analyse chimique sur les possibilités d'extraction des sels par diffusion libre ou forcée par le courant électrique.

La diffusion libre est lente et de faible rendement. La diffusion forcée provoque la migration de tous les éléments de la pierre, notamment le mouvement des ions de calcium et de magnésium. Dernièrement, nous avons tenté d'améliorer la méthode en stabilisant le calcium et le magnésium par action d'ions oxaliques et sulfuriques.

Nous avons aussi enlevé toutes traces de sels au moyen de détergents pour diminuer la force d'absorption des sels à la surface de la pierre, mais il est trop tôt pour établir une critique des résultats.

En résumé, vingt ans d'expériences dans la conservation des matériaux pierreux permettent de constater :

1. Qu'il faut intégrer les aspects artistique, historique et technique dans la conservation des monuments historiques en pierre. Cette collaboration étroite des disciplines intéressées assurera le progrès des travaux futurs.
2. Qu'il existe en Pologne quelques centres de recherches théoriques et pratiques qui travaillent indépendamment à la conservation de la pierre. Chaque centre se spécialise dans une certaine mesure et il est nécessaire de coordonner leurs travaux.
3. Qu'en rapport avec la tendance à la spécialisation des centres d'étude de la pierre s'établit une collaboration entre restaurateurs et institutions scientifiques. On va d'ailleurs créer des cadres qui coordonneront ces efforts.
4. Qu'en certaines occasions on invite des experts étrangers comme consultants. On a aussi profité de la littérature étrangère. Des cadres sont souhaités pour établir et propager ce genre de collaboration.

Après ce compte-rendu du travail polonais dans les recherches sur la conservation des matériaux pierreux, présentons les principes du programme à réaliser dans les 2 ou 3 prochaines années :

1. Continuer les travaux en collaboration des disciplines historique, technique et artistique et en publier les comptes-rendus avec discussion simultanée des aspects historique, technique et artistique.
2. Développer l'étude des problèmes fondamentaux, comme la cinétique, la recherche des causes de l'altération des pierres, la protection contre l'action de l'eau souterraine, de l'atmosphère, de la végétation, des sels, ...
3. Développer les recherches dans les centres suivants :
 - a. Polytechnique de Varsovie : Institut de Chimie et de Technologie de la pierre de construction (Prof. Dr. Skalmowski et Dr. Penkalowa) en collaboration avec l'Institut de Construction d'habitation à Varsovie, l'Institut des Techniques de Construction à Varsovie, le Syndicat des Carrières de la Pierre de Construction à Cracovie et l'Institut de la Construction hydraulique à Gdansk (Prof. Cebertowicz).
 - b. L'Université Mickiewicz à Poznan, la Chaire de Chimie appliquée (Prof. Dr. Kranz), le Musée national à Poznan (Dr. Lehmann) et le Conservateur des monuments de la ville de Poznan (M. Kondziela) en collaboration avec les chai-

res de technologie, de géologie et de magnétochimie de l'Université Mickiewicz à Poznan, les Instituts des matériaux de construction et des recherches de construction de l'école polytechnique de Poznan.

- c. Le Centre documentaire des monuments de la direction générale des musées et de la protection des monuments (Dr. Malinowski) en collaboration avec la Chaire de Conservation de l'Université Copernic à Torun.

On pourra ainsi prolonger l'étude des sujets théoriques par celle des applications et stimuler une collaboration toujours plus étroite entre les instituts scientifiques et l'organisme d'exécution.

4. Organiser des réunions de spécialistes de la conservation des monuments où techniciens, historiens et architectes pourront discuter leurs travaux communs.
C'est dans cet esprit que le Ministère de la Culture de Pologne organisera en octobre ou novembre 1966, une conférence sur la conservation des matériaux pierreux et il est prévu d'y inviter des experts étrangers.
5. Coordonner les recherches polonaises avec les travaux internationaux menés par le Comité de l'ICOM pour les laboratoires de musées et par IIC pour ce qui concerne la littérature ; établir l'échange de matériaux avec l'Institut Royal du Patrimoine artistique à Bruxelles et avec le Centre de Rome par l'intermédiaire du Centre documentaire des monuments de la Direction générale des musées et de la protection des monuments à Varsovie.

En conclusion nous souhaiterions vivement l'établissement d'un programme international des recherches à longue échéance afin que les réunions régionales de spécialistes puissent réellement préparer, en les précédant, les réunions internationales.

LEHMANN