

Faits qui affectent le monastère.

1207 :

l'abbé Peremola dut consolider et refaire quelques parties du cloître et restaurer les murailles primitives.

1359 à 1362 :

l'abbé Jaime Vivers érigea une chapelle à l'extrémité occidentale du portique.

1377 :

le moine N. Umbrells compléta l'ensemble par de nouvelles portes d'accès au temple.

1380 à 1383 :

l'abbé Galceran de Besora édifia la galerie supérieure du cloître et une chapelle au bout de celle-ci.

1384 à 1408 :

l'abbé Ramon Descatllar donna l'impulsion décisive à l'oeuvre du cloître, restaura notablement le palais abbatial dans lequel il fit construire les chambres royales, et édifia un nouvel édifice pour les archives.

26.II.1455 :

l'abbé Beltran de Samaso commanda à un des meilleurs peintres de Barcelone, Jaime Huguet, le retable de l'autel principal.

1463 :

la soldatesque de Rocaberti fit une violente irruption dans le temple en le pillant.

1517 à 1534 :

l'abbé Jaime Rich fit relever la tour du palais abbatial.

1623 :

l'abbé Pedro Sanz remit en état tout l'ensemble du presbytère et du maître-autel selon le goût de l'époque. Il commença par faire abstraction de la crypte qu'il laissa inutilisable. Dans le fond de l'abside, il fit élever un retable d'architecture.

1686 :

construction d'un "camarin" pour la Vierge, derrière l'abside, avec escaliers d'accès des deux côtés du retablemaître.

II.1847 :

la galerie du cloître de la partie de la salle capitulaire s'écroula.

20.III.1856 :

la tour du palais abbatial s'effondra.

3. Examen de laboratoire.

A. La pierre.

L'examen microscopique, employant la technique des lames-minces, indique qu'il s'agit d'une roche sédimentaire avec ciment microcristallin argileux-calcaire (en divers points, la calcite est mieux cristallisée en plaques) ; les éléments détritiques sont très nombreux et ce sont pour leur plus grande part des grains de quartz généralement anguleux et de granulométrie très différente ; le reste est constitué par des plagioclases, des feldspaths, des biotites altérées, muscovite et limonite. La macroporosité est petite et de nombreuses fissures existent.

L'analyse chimique donne :

pH Actuel (en eau)	7,8
Potentiel (en dissolution 1 N de C1K) ...	6,7
Humidité et volatiles à 105° C	2 %
Matière organique (carbone organique x 1,724)	0,084 %
Soluble en eau	4 %
Soluble en acide chlorhydrique dilué (50 %) ..	30 %

Résidu insoluble constitué par :

Argile	26 %
Éléments détritiques	37 %

Les caractères techniques mesurés sont :

(Pr) Porosité relative (24 h d'immersion en eau)	24 %
(Pa) Porosité absolue	27 %

(Cs) Coefficient de saturation de Hirschwald. 87 %

Un essai de digestion en ClH 50 % (élimination du ciment calcaire) révèle que la pierre continue à posséder une grande cohérence due seulement à la partie argileuse de ciment.

B. L'altération.

L'analyse chimique de la pierre altérée indique dans tous les cas la présence de sels solubles dans l'eau, composés par des ions : chlorure (Cl⁻), sulfate (SO₄⁻), nitrate (NO₃⁻), sodium (Na⁺), potassium (K⁺), calcium (Ca²⁺), fer et manganèse sont les chlorures les plus importants quantitativement.

Ces sels, qui se trouvent également cristallisés à l'intérieur de la pierre dans la zone proche de la superficie, constituent de 2 à 6 % de son poids, et le matériel est encore assez consistant. Dans les échantillons plus superficiels, le contenu en sels solubles dans l'eau augmente, arrivant dans quelques cas étudiés à atteindre la valeur de 33,7 %, toujours composés des mêmes ions déjà mentionnés.



Fig. 11. - Micrographie en lame mince transversale 82 x, en lumière naturelle.

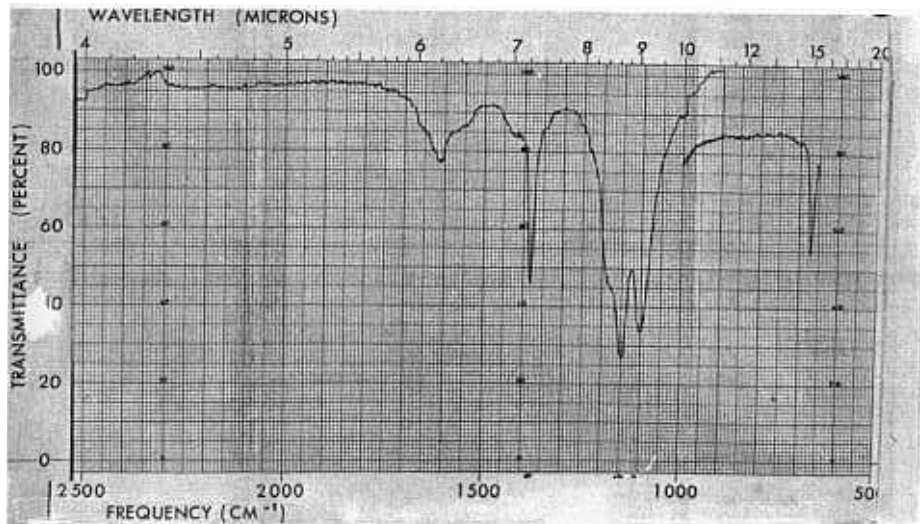


Fig. 12. - La spectroscopie infrarouge révèle la présence de nitrates, sulfate de manganèse et sulfate de calcium.

Etant donné que des travaux antérieurement réalisés centrent le problème de l'altération en une diminution du ciment calcaire de la pierre, nous avons procédé à une valorisation comparative des carbonates existants sur 15 échantillons de différents grades d'altération, employant parallèlement deux méthodes différentes :

a) Valorisation volumétrique de l'anhydride carbonique dégagé en traitant l'échantillon avec ClH 50 % (calcimètre de Bernard) ;

b) Valorisation avec ClH 50 % et orange de méthyle comme indicateur.

Le contenu en sels solubles des échantillons étudiés varie entre 2 et 12 % de son poids et la variation en contenu de carbonates (référé à l'échantillon sans sels), ne surpasse pas les 6 % et n'est pas proportionnel à la variation du contenu en sels solubles.

Les résultats quantitatifs spectrographiques correspondant à trois échantillons de cette dite pierre, avec altération croissante de 1 à 3, calculés comme "oxydes" sont les suivants :

Déterminé	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
Al ₂ O ₃	8	8	8
B ₂ O ₃	0,01	0,006	0,01
BaO	0,03	0,03	0,04
CaO	5	6	7
Cr ₂ O ₃	0,004	0,005	0,004
Fe ₂ O ₃	4	5	3
Ga ₂ O ₃	0,003	0,002	0,003
K ₂ O	2	2	3
Li ₂ O	0,03	0,03	0,05
MgO	2	2	2
MnO	0,1	0,1	0,1
Na ₂ O	0,4	1	1,5
NiO	0,001	0,001	0,001
PbO	0,01	0,02	0,005
SiO ₂	4	4	4
SrO	0,1	0,1	0,1
V ₂ O ₅	0,02	0,02	0,02
CuO	0,004	0,004	0,004
TiO ₂	0,3	0,3	0,2

L'enrichissement de la superficie altérée, principalement en calcium et en sodium est normal, étant donné que dans sa forme de sulfates, chlorures et nitrates, ils sont considérés parmi les agents qui ont une plus grande participation au processus d'altération.

Les contenus en potassium et en lithium paraissent aussi accuser une légère tendance à s'accumuler à la superficie, ce qui ne semble pas étrange, vu la grande mobilité des composés.

L'intervention du magnésium est généralement considérée dans les grès comme minime pour ne pas avoir grande préférence d'accumulation dans des zones concrètes ; les données analytiques corroborent cette opinion.

Une interprétation logique de la constance du manganèse, que la spectrophotométrie infra-rouge révèle comme constituante des produits d'altération à l'état de sulfate, et la diminution du con-

tenu en fer nous échappent pour le moment : nous indiquerons seulement que tant le manganèse que le fer sont essentiels du point de vue des conditions nutritives nécessaires pour la culture des sulfobactéries, bactéries aérobies autotrophes dont nous verrons plus tard l'importance dans le processus d'altération.

C. Le mécanisme de l'altération.

Il est traditionnel de distinguer les mécanismes physiques, chimiques et biologiques. La distinction dans la pratique est difficile car les différents facteurs d'altération travaillent ensemble, additionnant leurs effets.

a) Action biologique. La structure physique du portail de Ripoll dépend essentiellement des roches qui sont à son origine, des conditions climatiques qui conditionnent les réactions chimiques, de la lévigation ascendante ou descendante qui déplace les produits solubles ; mais les êtres vivants introduisent dans ce processus une perturbation extrêmement importante. La solubilisation de particules insolubles dans la nature est attribuée aux sécrétions d'acides : selon Waksman (19), un gramme de cellules bactériennes sécrète de 0,13 mg à 0,18 mg de gaz carbonique chaque 24 h, lui ayant attribué la solubilisation des roches. Selon Pochon (20), les organismes appartenant au genre Thiobacillus peuvent agir sur les composants du soufre, les oxydant jusqu'à l'état de sulfates. Cette oxydation peut se faire aussi sans bactérie, mais on a démontré qu'elle est plus importante dans les milieux non stériles que dans ceux stériles. De même, les microbes appartenant au genre Nitrobacter sont les principaux responsables de l'oxydation rapide des ions nitreux (NO_2) à nitrique (NO_3), si bien que, dans les pays tropicaux, il paraît être prouvé que l'oxydation du nitrogène se réalise par voie physicochimique sous l'influence des rayons ultraviolets. Approfondir dans le secret les procédés employés par les organismes pour transformer les roches et combattre ses actions néfastes, est très nécessaire.

Dans le cas qui nous occupe, le laboratoire de microbiologie du Département de Fermentation Industrielle du Patronat d'Investigation Scientifique et Technique "Juan de la Cierva" (C.S.I.C.) commença il y a quelque temps l'étude de l'isolement et de la caractérisation de microorganismes dans les pierres attaquées par le "mal de la pierre", ayant isolé et caractérisé dans le portail de Ripoll une espèce de thiobactérie (Thiobacillus Novellus). Se tenant parfaitement au courant des techniques d'isolement, de caractérisation

et d'enrichissement de cultures, toutes étapes fondamentales, on a commencé une étude systématique qui manifeste l'important rôle qu'ils peuvent exercer dans ce type de procédé, l'action biocatalytique de microorganismes qui oxydent de manière rapide le fer à la forme ferrique (Fe^{3+}) (par exemple, le Ferrobacillus Ferroxidans) joint à ceux qui oxydent les composants de soufre à sulfates. De notre point de vue particulier, il était nécessaire d'essayer de connaître et de comprendre toutes les modalités des interactions des organismes et les modifications qu'elles produisent dans les roches, en sorte que nous puissions intervenir en cas de besoin dans la direction la plus favorable.

Actuellement, au portail de Ripoll, nous pouvons dire que le facteur d'altération bactérienne est surpassé par le traitement de consolidation réalisé, le xylène et le toluène étant employés comme des solvants organiques.

b) L'atmosphère contaminée. Les gaz industriels, très riches en anhydride sulfureux, se dissolvent facilement dans l'eau (brouillard, pluie, neige) pour former de l'acide sulfureux qui peut se transformer en acide sulfurique, attaquant sous deux formes le ciment calcaire du grès. D'autre part, l'élévation du contenu en anhydride carbonique augmente légèrement le pouvoir dissolvant de l'eau de pluie. Deux procédés pourront se voir favorisés par le fait que le portail est totalement couvert par une grosse couche de saleté, de matières solides et spongieuses en majeure partie constituées par des fibres identifiées comme du coton et provenant sans doute de la fabrique contiguë, qui en se déposant et formant une couche poreuse, retiennent et condensent les gaz et l'humidité de l'air, favorisant le processus d'altération.

Dans le cas présent, les données analytiques révèlent que la diminution du ciment calcaire du grès n'est pas appréciable.

c) La glace est considérée comme le principal facteur d'altération dans une région froide et montagneuse. L'expérience atteste que l'eau, en se congelant, éprouve une augmentation de volume de 8 % et peut causer la rupture de matériaux poreux qu'elle imprègne. La valeur calculée du coefficient de saturation ($C_s = 87\%$) révèle que nous devons ranger la pierre en étude comme attaquable par la glace, du point de vue de la relation de porosité. Mais étant donné le haut contenu en sels solubles (le point d'eutexie d'une solution saturée de ClNa est à -22°C) et la situation abritée du monument (couvert par le portique), il faudrait une chute énorme de la température pour que ce facteur soit important.

d) Variations de température. Etant donné que le soleil donne directement sur le portail qui est orienté sud-ouest (voir fig. 2), il peut y avoir des variations considérables entre le jour et la nuit, entre la face exposée au soleil et l'envers en contact avec un mur froid. La faible conductibilité thermique des roches peut faire que naissent des tensions entre le cœur et l'extérieur des blocs et pro-

(19) WAKSMAN, "Principles of Soil Microbiology". Baillièrre, Tindall C°, Londres, 1927.

(20) J. POCHON et Y. T. TCHAN, "Précis de Microbiologie du 1", Masson & Cie. édit., 1948.

voquer la rupture de fragments. Il est très difficile d'apprécier si les variations de température peuvent intervenir dans la désagrégation granulaire des roches, mais il semble à première approximation que son importance soit faible. Mais l'importance capitale de la température est indirecte, car elle règle l'humidité dans les pores de la roche, la solubilité des gaz et des sels dissous, la rapidité des réactions chimiques et, particulièrement, l'hydrolyse qui se double approximativement pour une élévation de 10° C. Les variations de température de l'eau dans l'intérieur des pores d'une roche peuvent provoquer une certaine désagrégation, car le coefficient de dilatation de l'eau est très supérieur à celui des roches. De même, les variations d'humidité réglées par les variations de température peuvent désunir les cristaux en se transformant en une pellicule d'eau intergranulaire en gouttes, ce qui modifie la pression capillaire qui est inversement proportionnelle à la radio de courbure (la pression capillaire d'une goutte d'eau de 0,001 mm de radio est de 1,5 atmosphère).

e) La présence dans la roche de grandes quantités de sels solubles conduit à penser que :

- l'hydratation des cristaux anhydres peut provoquer des dégâts importants par la pression élevée que développe ce phénomène ;
- la cristallisation de sels se fait à partir de la solution saturée, soit par évaporation du dissolvant, soit par une variation de la température qui diminue la solubilité ; le sel se dépose dans les cavités internes et peut développer des tensions suffisantes pour provoquer la désagrégation de la roche.

Il arrive fréquemment que les pierres se voient contaminées par des sels solubles procédant de l'extérieur, qui en se cristallisant sur les surfaces d'évaporation, provoquent un des mécanismes d'altération les plus actifs. La pierre du portail, comme nous l'avons déjà vu, est imprégnée de sels très solubles. D'où proviennent-ils ?

- Comme il s'agit d'une région montagneuse, séparée de la mer par plus de 100 km de route, l'influence de l'air marin très riche en sels a très peu d'activité ;

- la dissolution et l'absorption par la pierre d'un possible "mortier" pour l'union des blocs du portail, offre la difficulté qu'il n'a pu être trouvé aucun vestige de ce mortier ; celui-ci d'autre part aurait bien pu ne pas être employé ;

- la contamination par des sels solubles qui procèdent du sol ne paraît pas offrir un grand danger, étant donné la constitution de ce sol bien lavé des Basses-Pyrénées. Mais il existe à quelque 10 m du portail un canal souterrain de grand débit dont les parois se trouvent très détériorées et qui, prenant ses eaux du fleuve Fresser, alimente les turbines de diverses usines de Ripoll (fig. 13 et 14). La prise d'un échantillon représentatif de l'eau du canal pré-

sente certains problèmes, étant donné que si nous pensons que le motif le plus important d'impurification est le résidu des fabriques (deux grandes de pâte à papier, cinq de textiles, une de carbure de calcium, deux grandes de métallurgie et une de ciment jusqu'il y a peu en fonctionnement), leur incorporation à l'eau du fleuve ne se fait pas uniformément ; selon les villageois, "l'eau du canal devient quelquefois propre". Avec le conseil de deux habitants de Ripoll, on a pris différents échantillons qui fournirent les données suivantes : par dessiccation et pesée, l'eau du canal contient 0,4 gm/litre de sels blancs composés principalement de chlorures (Cl⁻), nitrites (NO₂⁻), sulfates (SO₄⁻), sodium (Na⁺), et calcium (Ca²⁺).

Devant la similitude de ces sels et de ceux du portail, nous avons procédé à l'extraction de quelques échantillons de terre en différents points de la zone située entre le canal et le portail, et dans tous les cas l'humidité déterminée par évaporation et pesée représente 15 % de l'échantillon et l'analyse chimique de l'extrait aqueux révèle la présence de chlorures, nitrites, sulfates, sodium et calcium.

Il est nécessaire de noter que non seulement le portail, mais le monastère entier sont envahis par des sels de composition identique et qui affleurent à la superficie, produisant de graves détériorations.

Le cycle de migration saline se voit favorisé dans le portail par l'existence de 74 trous qui se pratiquèrent pour la ventilation dans le toit de bois du portique et qui, en facilitant la circulation de l'air, accélèrent l'extraction de sels par la superficie sculptée, unique superficie d'évaporation existante (fig. 3).

f) L'hydrolyse est le mécanisme chimique fondamental d'altération des roches ; l'intensité du processus dépendra en grande partie de la rénovation de l'eau et de la température (par l'augmentation que subit la constante K de l'eau en accroissant celle-ci) ; elle sera aussi plus grande ; aux plus faibles seront les acides et les bases qui proviendront des matières hydrolysables. Dans le cas qui nous occupe, l'hydrolyse a dû jouer un rôle considérable.

g) Il est évident qu'une roche sera d'autant plus altérable qu'elle est riche en éléments vulnérables aux conditions auxquelles elle est exposée. La mauvaise qualité du grès comme pierre de taille est un fait. Du point de vue de la structure, la pierre est riche en minéraux foliacés dont la structure en feuilles les rend susceptibles de s'hydrater ; sa présence suppose autant de voies de pénétration d'eau et augmente l'altérabilité. De même, on peut voir que l'adhérence du ciment calcaire sur les grains de quartz et de mica est très mauvaise, ce qui facilite la pénétration de l'eau. La forme et les dimensions des pores ont leur importance dans l'altération, car ils règlent la capacité de rétention d'eau et la rapidité d'absorption et de dessiccation (hydrolyse, gel, mobilité des sels, etc.).

Conclusion.

De ce qui a été exposé, on déduit que le principal responsable de l'altération du portail est "l'eau chargée de sels" en provenance du canal, que la pierre tend à absorber par sa porosité et sa forme crevassée et qui, en se déplaçant jusqu'aux superficies d'évaporation, entraînant les éléments mobiles qu'elle contient, les dépose actuellement sur la surface sculptée. En second lieu et principalement par l'action accélérée de ce phénomène de migration saline, nous devons considérer les variations de température que l'action directe du soleil produit sur le portail.

La couche poreuse de "saleté" qui recouvre le portail, jointe à la grande quantité de sels déposés là, constitue un autre grave danger. D'abord, parce que devant une élévation de l'humidité relative, cette couche poreuse facilitera la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique (nous pensons au givre) ; ensuite, parce que cette humidité agira directement sur des sels très solubles et produisant un processus d'absorption-extraction (quand le soleil donne directement sur la pierre quelques heures après) qui en affectant peu de centimètres en profondeur, produit indubitablement un effet dévastateur et précisément dans les quelques centimètres les plus précieux. Actuellement, le facteur de dégradation le plus important est "l'homme" qui par son toucher continu avec la main sur cette pierre défectueuse, cause des dommages irréparables.

4. La conservation du portail de Ripoll.

Devant le fait inéluctable de la dégradation de la pierre qui constitue le portail exposé aux intempéries, et tenant compte qu'actuellement les moyens de protection de ces trésors sont très limités, il n'existe pour le moment d'autre formule sûre pour les sauver de la destruction que celle de les enlever de leur emplacement original et de les transporter dans une ambiance aux conditions favorables pour leur conservation.

Depuis presque un siècle, les techniciens se préoccupent de traiter les matériaux pierreux soumis à l'action des intempéries pour ralentir le mécanisme de détérioration. Ce traitement doit satisfaire aux conditions suivantes : arrêter le développement de l'altération ; produire un effet protecteur durable ; maintenir absolument l'apparence du monument ; exercer un traitement aussi simple et bon marché que possible.

Mesures à prendre pour la conservation du portail de Ripoll.

1° Consolider la pierre pour pouvoir réaliser les autres travaux sans que le portail ne souffre de nouveaux dommages et pour éviter les continuelles détériorations causées par les visiteurs qui le touchent de la main.

Le traitement de consolidation de la pierre implique un nettoyage préalable qui la libère des matières étrangères, ce qui exige une fixation de la superficie pulvérulente afin de pouvoir contrôler le



Fig. 13 et 14. - Aspects du canal souterrain qui passe à quelques mètres du portail. (Photographie Archives I.C.C.R., Madrid).

processus avec toute la précision voulue.

2° Isoler le portail de tous les éléments capables de lui communiquer l'humidité du sol et les sels que celui-ci contient déjà, à savoir le sol et le mur du temple sur lequel repose le portail.

3° Canaliser parfaitement le canal d'irrigation qui passe à 10 m du portail afin de s'assurer de ce que cette source d'humidité et de sels soit annulée.

4° Minimiser l'action directe du soleil sur le portail, en essayant de ne pas affecter l'équilibre esthétique du monument.

A. - Consolidation.

Généralités.

On a essayé, pour la protection des superficies, l'application d'une couche adhésive à base d'huile de lin cuit, de résine, de lait de chaux, de silicates de sodium ou de potassium, de fluosilicates et de fluorures de silicones, de tétrafluorure de silicium, etc.

La consolidation des superficies fut tentée par imprégnation avec des solutions de la majeure partie des produits déjà cités et aussi avec des cires, paraffine, eau de chaux, quelquefois alternée avec de la caséine, avec des résines acryliques, des savons métalliques tels que stéarates d'aluminium ou de zinc, de polyester, d'époxi, de silicate d'éthyle et de silice colloïdale, de silicates alcalins, etc.

Appliqués en extérieur, ces produits désillusionnent souvent, car leurs effets ne sont en général pas durables.

Il vaut mieux établir le plan de leur emploi dans un programme de contrôles et de soins périodiques qui implique une vigilance attentive. L'efficacité du traitement de consolidation est liée directement au degré de pénétration de l'agent consolidant ; les dépôts purement superficiels finissent par produire de graves dommages au matériau qu'on aurait dû protéger.

L'efficacité du traitement avec les cires est fonction de la quantité de matière absorbée (blocus) ; ces traitements sont considérés comme les plus durables, mais leur emploi dans la pierre est limité car il modifie son aspect de façon fort désagréable.

Les traitements avec résines ne nécessitent au contraire qu'un minimum de résine nécessaire pour assurer l'union entre les grains dissociés ou en voie de dissociation. Quand la pierre qu'il faut consolider est poreuse, on effectue une première application de dissolution très diluée (2,5 %) et, quand celle-ci a été absorbée par la pierre, on applique une, deux ou trois fois selon la perméabilité de la roche, une dissolution plus concentrée. Un problème grave qui peut se poser dans un traitement de cette nature est, du-

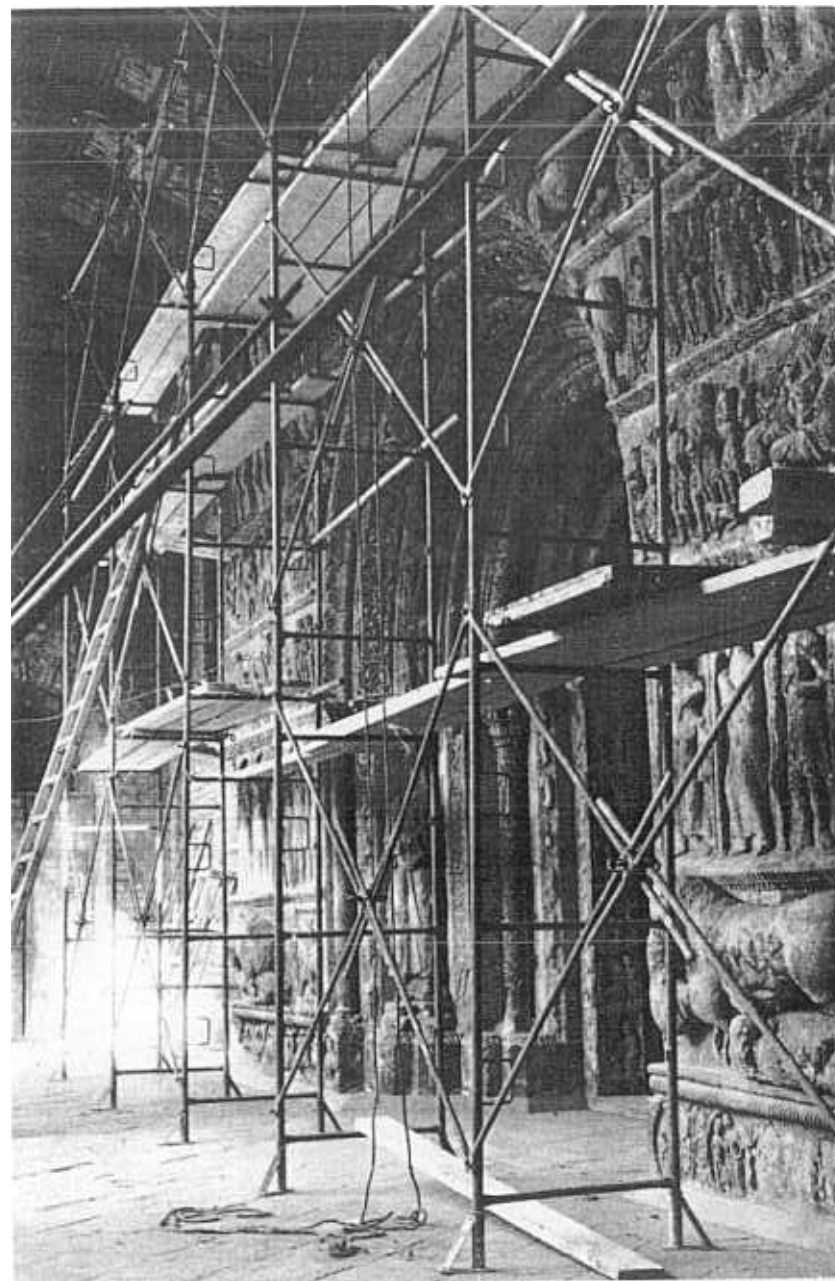


Fig. 15. - Aspect du monument pendant les travaux. L'échafaudage métallique est totalement indépendant du portail. (Photographie Archives I.C.C.R., Madrid).

rant le séchage, la migration de résine vers les surfaces d'évaporation, entraînée par le dissolvant ; cela peut être minimisé, sinon évité, en ralentissant la rapidité d'évaporation du dissolvant, par la création d'une atmosphère saturée de sa vapeur.

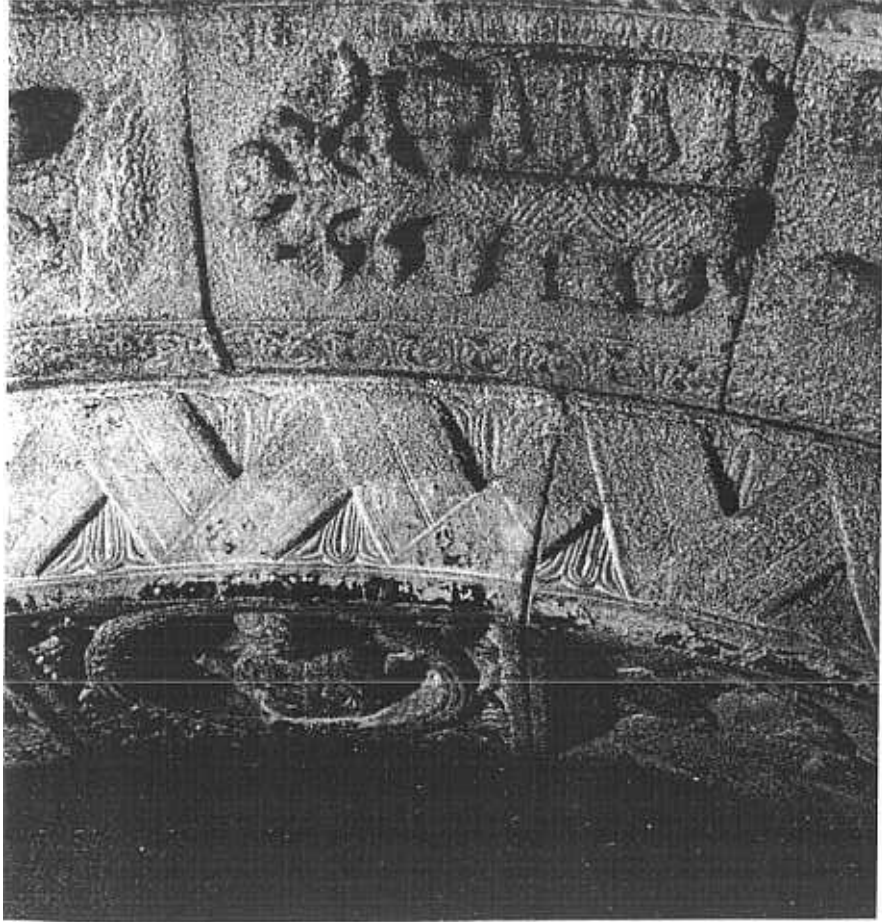


Fig. 16. - Détail du monument pendant le traitement, novembre 1964. (voir fig. 5, sit. 86 et VIII). (Photographie Archives I.C.C.R., Madrid).

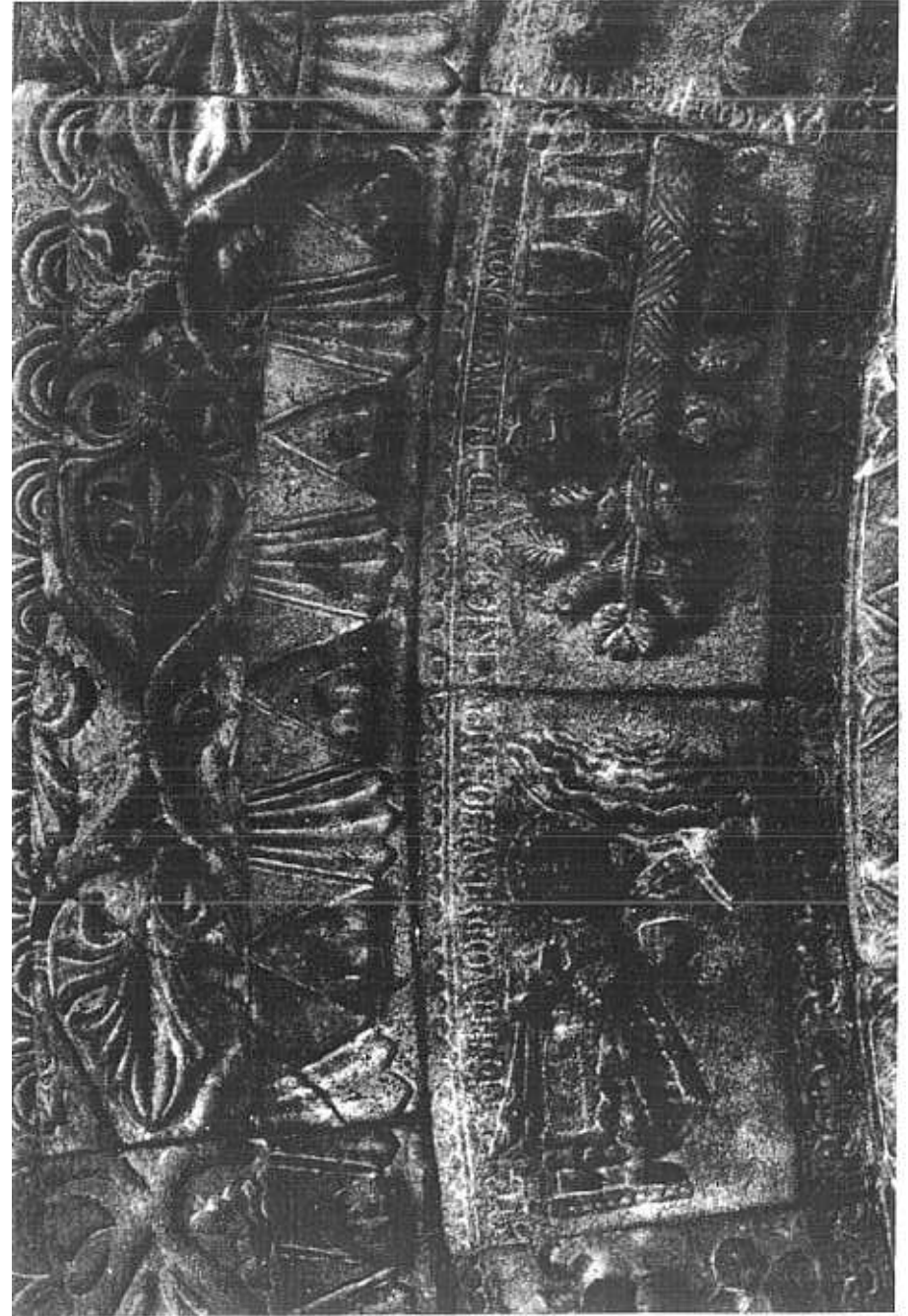


Fig. 17. - Détail après le traitement, novembre 1964 (voir fig. 5, sit. 85, 86 et VII). (Photographie Archives I.C.C.R., Madrid).

Comme dans d'autres techniques de conservation, on utilise souvent les solutions d'acétate de polyvinyl dans un mélange de toluène (9 parts), d'acétone (1 part) et d'alcool (1 part) ; les résines acryliques comme le polyméthyle-métacrilate, dissoutes dans du xylène ou toluène et de l'alcool (8 : 2), s'emploient également avec d'excellents résultats étant donné leur magnifique résistance au vieillissement. Citons, parmi les produits commerciaux les plus importants, le "Bedacril 122-X" fabriqué par I.C.I. et qui est une dissolution à 40 % en xylène d'ester polymétacryllique incolore avec une valeur acide de 6,2 à 8,8 mg KOH/g de résine.

Les émulsions de résine n'ont pas, généralement, un pouvoir de pénétration suffisant pour être employées dans la consolidation des pierres, mais en les mélangeant d'additifs humectants, on peut arriver à des résultats un peu meilleurs.

Traitement.

Des essais exploratoires que nous avons réalisés pour consolider quelques échantillons de la pierre du portail de Ripoll, nous avons déduit que la migration de résine vers les superficies d'évaporation est très intense pour le polyacétate de vinyl (Mowilith-50, Farbwerk Hoechst A.G. Frankfurt a. Main, W.-Germany) dissout à la concentration de 2,5 % en acétone-toluène (1 : 4). Pour l'ester polymétacryllique (Bedacryl-122X, Imperial Chemical Industries Ltd., Millbank, London S.W. 1) dissout en xylène à la concentration de 2,5 % en résine solide, la pénétration atteinte est supérieure à 2 cm et la rétention par la pierre est franchement meilleure.

C'est pour cela que nous avons employé ce dernier produit pour la consolidation du portail, le répandant avec une de ces machines employées en agriculture pour sulfater les arbres et un pistolet pourvu de compresseur électrique pour les derniers détails. La première tâche consista à monter un solide échafaudage métallique, totalement indépendant du monument, qui permit une ample liberté de mouvement (fig. 15). En commençant le traitement de fixation de la superficie, on a pris la précaution d'isoler le monument de l'extérieur, faisant pendre aux arcs du portique de grandes toiles imperméables (de celles qui s'emploient dans les camions de transport) avec des écriteaux avertissant de la toxicité chronique des dissolvants employés ainsi que du risque d'incendie. Ces toiles restèrent suspendues après le traitement, ajustées aux colonnes et aux parois afin de créer une atmosphère saturée de vapeur du dissolvant qui ralentira le processus de dessiccation de la pierre imprégnée.

Dans le but d'obtenir la plus grande expérience possible, on a opéré différents traitements, tous avec le même produit : au portail : 4 traitements de fixation - nettoyage - 7 traitements de consolidation ; aux arcs du portique : 3 traitements de fixation - nettoyage ; aux clefs du cloître : 2 traitements de fixation.

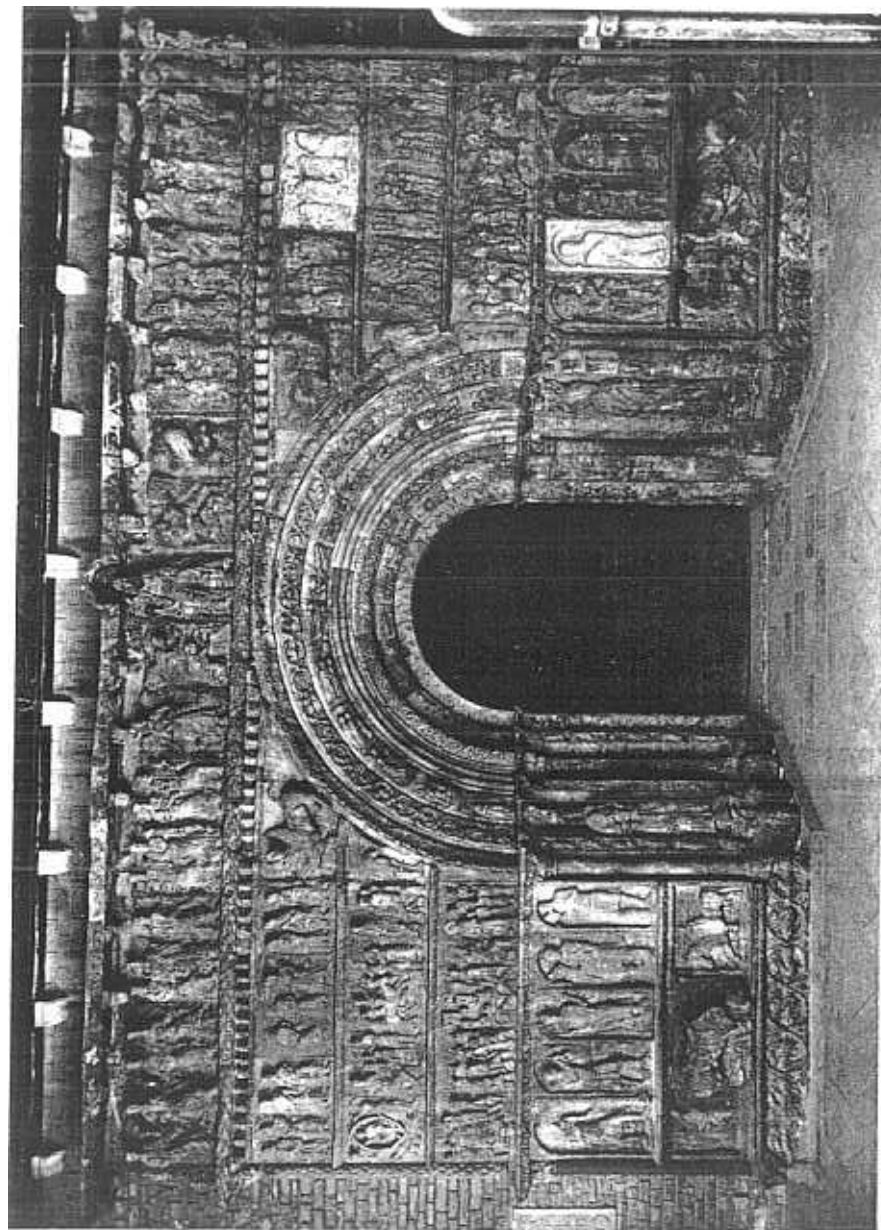


Fig. 18. - Le portail de Ripoll après les travaux de consolidation, novembre 1964. (Photographie A. y Reproducciones MAS, n° 498. 92).

B. Isolement.

Comme on l'a dit à plusieurs reprises, le portail prend de l'humidité et des sels, tant du sol que du mur du temple. Pour éviter ces contacts préjudiciables, on peut suivre deux chemins : soit, déplacer le portail, en le posant sur un support imperméable ; soit, déplacer le mur du temple et éviter que monte l'humidité du sol, en intercalant une couche imperméable dans le ciment du portail.

Etant donné les risques que suppose le déplacement du portail, nous inclinons de préférence pour la seconde méthode.

Isoler le portail de l'humidité du sol s'obtient "en le coupant et en introduisant une couche de matériel isolant" (fig. 12) qui, selon les différents procédés existant, peut être de plomb, de cuivre ou de polyéthylène ; en principe, nous proposons le plomb car il convient mieux dans le cas présent ; la réalisation pratique du processus est facile, mais pour plus de sécurité, une des firmes spécialisées dans ce type de travail pourra s'en charger, comme par exemple la Siphons "Lion", 45, drève du Moulin, Waterloo (Belgique), ou les propres équipes du Service de Défense du Patrimoine Artistique National. Éliminer le mur du temple, en le substituant pas un système adéquat, est l'objet de l'étude qu'est en train de réaliser M. Alejandro Ferrant, architecte-conservateur des Monuments de la Zone du Levant, qui s'est occupé également de projeter une canalisation parfaitement imperméable du canal d'irrigation qui avait produit de si graves conséquences dans tout le monastère de Santa Maria de Ripoll.

D'un système comme celui proposé sur le schéma, nous obtiendrons les avantages suivants :

a) Forcer la circulation d'air par la partie postérieure du portail, avec lequel un quelconque risque imprévisible d'humidité agirait sur la superficie d'évaporation artificielle créée par nous, avec de la terre de diatomées par exemple, dans cette superficie qui nous serait déjà accessible ; dans ce cas, les 74 trous de ventilation existant dans le toit du portique, seraient déjà favorables en polarisant encore plus cette circulation d'air par l'envers du portail ;

b) Par cette superficie neuve que nous découvrons, nous pourrions réaliser avec les plus grandes garanties de succès, une extraction des sels solubles que contient la pierre et qui, sinon supposerait toujours un grave danger potentiel devant une quelconque infiltration d'humidité.

C. Protection contre le soleil.

Éliminer ce facteur d'altération, sans nuire gravement

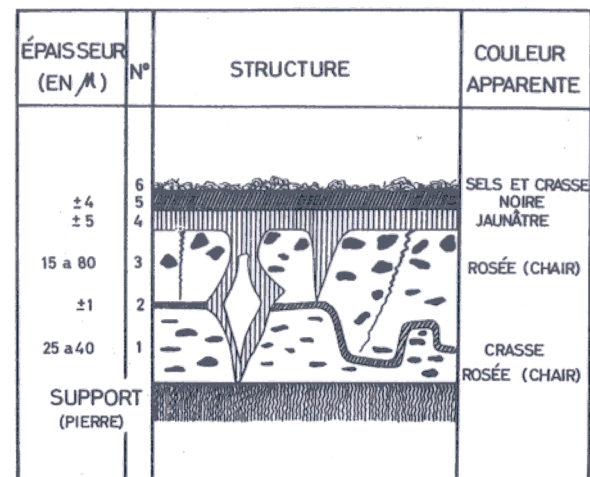


Fig. 20. Coupe d'un échantillon de la couche picturale du portail.

à l'aspect esthétique, empêche de proposer l'emploi de grandes toiles imperméables ; de même, l'installation de vitres spéciales ajustées aux racs du portique serait hasardeuse. Une méthode facile, esthétique, efficace et durable, consiste à planter des arbres hauts, touffus et, si possible, à feuilles perpétuelles, à une distance convenable, qui empêcheraient le passage direct des rayons solaires. Les conditions requises pour l'arbre en question ne se rencontrent pas dans la nature ; de ce fait, il est nécessaire de construire cette barrière naturelle au moyen de la plantation d'un arbre de croissance rapide qui fournira une protection à court délai, et avec lui un autre de croissance plus lente mais au feuillage perpétuel qui assurera la continuité et une meilleure efficacité de la protection.

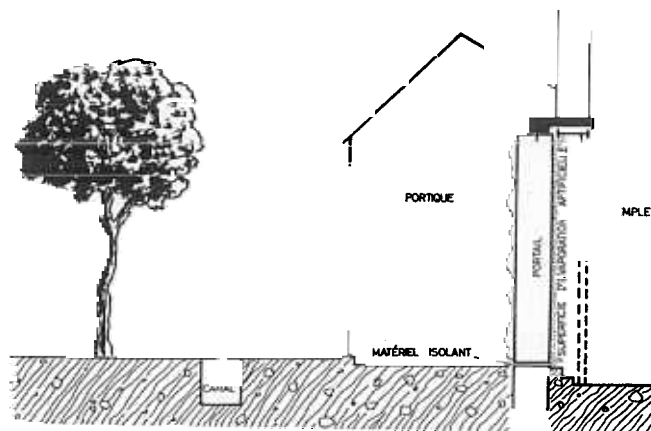
Les espèces sélectionnées, en tenant compte des conditions climatiques fournies par la situation géographique de Ripoll, sont les :

- Populus (pyramidalis ou Alba), Eucaliptus ;
- Pinus (Silvestris ou Maritimus).

José Maria CABRERA GARRIDO.
Madrid, le 19 mars 1966.

Notes de laboratoire sur la polychromie du portail de Ripoll.

Anciennement on n'appliquait pas aux pierres des traitements de protection proprement dits ; mais souvent les décorations avec peintures et dorures exerçaient une excellente fonction protectrice.



PROJET EN SCHÉMA DES TRAVAUX QUE L'ON DOIT RÉALISER
AU MONASTÈRE DE SANTA MARÍA DE RIPOLL POUR LA CONSERVATION
DU PORTAIL.

Fig. 19. - Schéma de la protection envisagée

Les restes de polychromie qui se conservent sur le portail sont très minimes ; sur la figure centrale, représentation de l'Omnipotent (fig. 5, Sit.1), la polychromie se conserve mieux et a généralement bien adhéré à la pierre ; c'est pour cela que le principal effort de l'analyse s'est dirigé vers les échantillons pris dans cette zone qui présentent une couleur noire intense attribuée, semble-t-il, à l'action directe de l'incendie de 1835 sur la peinture, occasionnant la carbonisation du liant.

La technique picturale de toutes les couches rencontrées est toujours à base d'un liant "aqueux".

La structure picturale, représentée sur le schéma 1, est constituée par deux couches distinctes de couleur rosée (chair), une couche de protection et une dernière de couleur noire intense.

Les couches rosées sont construites à base de blanc de plomb et de vermillon, et on observe une séparation nette entre les deux. La couche n° 3 du schéma doit correspondre à une restauration, étant donné : a) la granulométrie différente, par rapport au n° 1, des cristaux de vermillon ; b) la couche de saleté existant entre les deux ; c) la fluorescence différente qu'elle présente aux analyses microscopiques avec lumière ultraviolette.

La couche n° 5 qui couvre tous les restes de polychromie existant sur le portail, est une addition très postérieure employant comme pigment le noir animal.

Vu le bon résultat de conservation du liant de la peinture, nous pouvons assurer que l'action de l'incendie de 1835 sur cette

zone du portail dut être très faible.

Nous nous proposons d'approfondir cette étude déjà commencée et de vérifier s'il existe quelque parallèle entre cette polychromie et celle du retable de l'autel majeur du monastère, car l'histoire nous enseigne une possible relation (ci-devant, p. 135 note 10).

SUMMARY

The preservation of the portal of Ripoll.

From this scientific examination for the preservation of this master-piece of our artistic heritage, based on the bringing-together and confrontation of historic, scientific, and aesthetic elements, the following can be deduced.

The agent primarily responsible for deterioration is the salty water (from the canal) which the stone tends to absorb because of its porousness and cracked form, and which in moving toward evaporation surfaces, carries along movable elements and deposits them on the sculpted surface ; in the second place and mainly by the accelerated action of this saline migration, we should consider temperature variations produced on the Portal by the direct action of the sun. The porous layer of salt, along with the large quantity of salt deposited, constitutes another serious danger. At the present, the most important factor in deterioration is "man" who by continually touching the stone with his hand, decomposes it and causes it irreparable damage.

As treatment, we have set up a plan that includes a programme of attention and periodic care, implying attentive vigilance:

1) Strengthening the stone in order to carry out other work without the Portal suffering further damage as well to avoid the continual deterioration caused by visitors touching it with the hand. Strengthening treatment of the stone implies a previous cleaning that frees it from foreign matter, which necessitates the fixing of the powdery surface in order to control the processes as precisely as possible.

2) Isolating the Portal from all elements capable of communicating the soil's humidity and the salts already contained therein, namely, from the soil and the temple wall on which the Portal rests.

3) Minimising the direct action of the sun on the Portal, while trying not to affect the aesthetic equilibrium of the monument.

Let the fact not be lost sight of that in order to save stone that is part of the architectural heritage and that is exposed to in-temperate weather, there is no other formula for the moment than removing it from its original site and transporting it to surroundings with conditions more favourable to its preservation.