Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 46 (1983)

Artikel: Qualité des produits de réparation des structures en béton
Autor: Rizoulieres, Y. / Paillere, Am.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-35877

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Qualité des produits de réparation des structures en béton

Qualitätsbeurteilung von Ausbesserungsmaterialien für Betonbauten

Quality of repair products for concrete structures

Y. RIZOULIERES
Ing. E.I.M.
Laboratoires CETE
Aix-en-Provence, France

Y. Rizoulières est Secrétaire du groupe plénier de la Procédure et animateur du groupe «Produits de réparation par injection».

AM. PAILLERE
Dr. ing.
LCPC
Paris, France

AM. Paillère représente le LCPC en tant qu'organisme coordinateur de la Procédure et anime le groupe «Produits de coilage BD/BD et BF/BD».

RESUME

Des organismes français ont étudié en commun le problème particulier de l'évaluation de la qualité des produits de réparation commercialisés. Ils ont rédigé des modes opératoires d'essais spécifiques et défini les modalités de mise en place d'une «Procédure d'évaluation de la qualité des produits de réparation des structures en béton». L'organisme coordinateur de la Procédure est le LCPC.

ZUSAMMENFASSUNG

Französische öffentliche Behörden haben gemeinsam das schwierige Problem der Bewertung der Qualität von Ausbesserungsmaterialien auf Kunstharzbasis, die auf dem Markt angeboten werden, bearbeitet. Es werden verschiedene spezifische Versuchsmethoden behandelt und Richtlinien für ein «Verfahren zur Qualitätsbewertung von kommerziellen Kunstharz-Ausbesserungsmaterialien für Betonbauten festgelegt. Das LCPC wurde mit der Leitung dieses Projektes beauftragt.

SUMMARY

Several French organisations have jointly studied the particular problem of estimating the quality of the repair products which are currently available. They have drafted specific operating instructions and defined the methods of setting up an «evaluation procedure for the quality of repair products for concrete structures». The projects coordinating organisation is the LCPC.

PREAMBULE

Tôt ou tard l'ingénieur qui doit résoudre le problème de réparation d'une structure en béton dégradée se trouve confronté à la question du choix du produit le mieux adapté à la méthode de réparation qui a été décidée. C'est alors que surgissent paradoxalement des problèmes d'insuffisance et de surabondance de textes ou documents lui permettant de guider son choix.

En effet pendant bien longtemps l'utilisateur s'est trouvé, d'une part, face à une absence pratiquement totale de recommandations ou de règlements lui permettant de connaître, à bon escient, les produits pouvant répondre aux exigences posées par les techniques de réparation nécessaires à l'ouvrage dégradé et d'autre part, face à une industrie chimique lui proposant un nombre de produits excessivement variés et diversifiés accompagnés d'une multitude de notices ou documents à caractère trop souvent publicitaire et parfois abusif.

Il s'en est suivi dans de nombreux cas des applications inadaptées, des emplois de produits inadéquats, suivis d'échecs plus ou moins graves dans la réparation effectuée.

Conscients de la gravité et de l'ampleur du problème les Organismes et Laboratoires se sont penchés sur cette question et ont effectué de nombreuses recherches sur les produits de réparation. En France, ces recherches se sont concrétisées, dans une première étape, dans la rédaction du "Guide pour le choix et l'application des produits de Réparation" publié par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) et le Service Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA). Ce guide était destiné à permettre au Maître d'Oeuvre de s'orienter dans le dédale formé par la multitude de produits commercialisés. Il définit les principales familles existantes : liants hydrauliques liants mixtes c'est-à-dire association de liant hydraulique et polymère, les polymères thermoplastiques et les polymères thermodurcissables. Ces définitions sont accompagnées d'informations sur les types de réparations auxquelles s'adaptent au mieux les divers produits, leurs limites d'emploi ainsi que les exigences indispensables à chacune de leur application.

Cependant si ce guide permet à l'ingénieur d'accéder en toute connaissance de cause au langage (ou terminologie) employé par les producteurs, il ne peut pas le renseigner sur les performances exactes que présente un produit donné. Ainsi donc dans une deuxième étape, les organismes officiels et les représentants des utilisateurs ne sont unis pour mettre en place une Procédure d'Evaluation des Produits de Réparation.

OBJECTIFS DE LA PROCEDURE D'EVALUATION

Cette procédure qui s'applique aux produits destinés

- au collage du Béton frais sur Béton durci(Bf/Bd), du Béton durci sur Béton durci (Bd/Bd) (assemblage de voussoirs préfabriqués par exemple)
- aux réparations de surface du Béton
- à l'injection dans les fissures et cavités du béton ou des maçonneries
- aux scellements ou aux calages
- au collage de l'acier sur béton.

a deux buts essentiels :

1) Connaître, à partir d'une série de tests bien définis, l'efficacité et les caractéristiques des Produits de Réparation destinés aux applications précédemment citées.

2) Couvrir les exigences des utilisateurs ou organismes français suivants :

AEROPORT DE PARIS - Centre d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP) - (COPREC) - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) - Electricité de France (EDF) - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) - Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA) Société Nationale des Chemins de Fer Français (SNCF).

Ceci est important car, les résultats obtenus, dans les essais de la dite procédure, sont reconnus par l'ensemble des participants ce qui évite au producteur ayant soumisces produits à la procédure d'évaluation de recommencer sans cesse, au gré de chaque réparation, les mêmes essais ou des essais très analogues. Bien entendu, chaque organisme ou utilisateur se réserve le droit de faire subir au produit des essais spécifiques à une réparation bien déterminée.

DEFINITION DE LA PROCEDURE

Elle concerne les produits livrés avec tous leurs composants pré-dosés, elle ne couvre pas la mise en oeuvre des produits de réparation.

C'est à la demande du producteur et à ses frais que la procédure d'évaluation a lieu sur un produit donné. Cette demande doit être adressée, suivant des modalités bien définies, à l'Organisme Coordinateur de la Procédure, (en l'occurrence le LCPC), organisme qui assure le suivi des essais auprès des laboratoires habilités, et qui délivre le procès-verbal officiel d'essais. Les produits ayant subi la totalité des essais de la procédure figurent sur une liste officielle publiée dans le Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées.

Le producteur s'engage, par ailleurs, à maintenir constante la formulation de son produit, ou à défaut à informer immédiatement l'organisme coordinateur, de toute modification apportée à la composition ou fabrication du produit figurant sur la liste.

STRUCTURATION DES ESSAIS

La procédure d'évaluation comprend les essais d'efficacité et les essais d'identification complète.

Afin de ne pas alourdir inutilement le travail des laboratoires habilités pour les essais, et les dépenses des producteurs, les essais sont effectués en trois étapes. A la fin de chacune d'elles, le demandeur peut, au vu des résultats obtenus, arrêter la procédure et retirer son produit.

La première étape comprend :

. Les essais d'identification rapide destinés à permettre au laboratoire d'essais de vérifier rapidement: qu'au cours de n'importe quelle livraison, pour la poursuite des essais de la procédure ou pour un chantier, le produit est bien le même et identique à celui qui subit, ou a subi, les essais d'identification complète.

. Les essais aux conditions limites d'utilisation très simples qui permettent, de mettre en évidence rapidement, le bien-fondé, ou mal fondé, de certaines caractéristiques annoncées par le producteur : thixotropie, température d'utilisation etc.. et d'orienter les essais d'efficacité en supprimant ceux pour lesquels le produit n'est pas adapté. Il va de soi que toute suppression de test prévu dans la procédure, se traduit, sur la liste officielle, par une observation, à caractère restrictif, sur l'emploi du produit.

. Les essais d'efficacité à l'état neuf

La deuxième étape concerne les essais d'efficacité à l'état vieilli. Les éprouvettes réparées avec le produit sont soumises à des conditions de vieillissement conventionnelles.

La troisième étape n'est abordée qu'à la demande du producteur sur les produits ayant conduit, dans les étapes précédentes, à des résultats estimés satisfaisants. Cette étape consiste à effectuer l'identification complète du produit.

Les résultats des essais d'efficacité concernent un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est ainsi liée à celle de l'échantillon. Il importe donc de procéder à son identification afin de connaître ultérieurement si le produit livré sur le chantier correspond bien à celui qui a été testé au laboratoire, et si une modification quelconque d'efficacité, constatée in situ, peut être attribuée à un changement intervenant dans sa formulation.

Chaque application (collage du Béton frais sur Béton durci ou du Béton durci sur Béton durci ; injection dans les fissures, mortiers pour Réparation de surface, scellement et calage) fait l'objet d'une procédure distincte ; les points communs sont :

. le produit est toujours appliqué ou mis en oeuvre sur le support béton par le producteur.

. Il est toujours appliqué sur deux états de surface : sèche et humide, sauf contre indication restrictive du producteur.

. La surface du béton support est sciée sauf quelques exceptions près liées à la nature de l'essai. La surface sciée a été choisie car à l'heure actuelle c'est la seule qui nous a paru la plus répétitive et reproductible, dans un laboratoire et entre laboratoires.

ESSAIS PRINCIPAUX

Il faut signaler avant tout que l'ensemble des essais de la procédure font l'objet soit de normes, soit de modes opératoires officiels bien définis.

1) Essais d'efficacité à l'état neuf et de vieillissement conventionnel

1.1) Produits de collage Bf/Bd et Bd/Bd

Les principaux essais sont ceux du collage structural de Bf ou Bd lorsque la surface d'application est verticale ou horizontale.
On trouve ainsi :

a) L'essai de traction directe sur cylindre 16/32cm scié en son milieu suivant un plan médian perpendiculaire à la direction des génératrices (Fig.1) et reconstitué soit par apport de béton frais, soit par collage d'un demi-cylindre de béton durci.

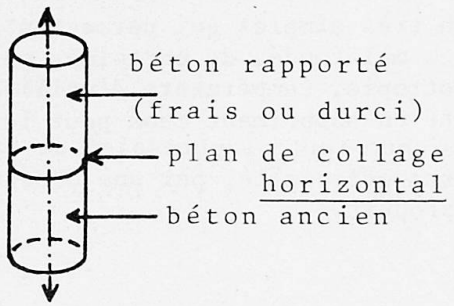


Figure 1 : Essai de traction directe sur cylindre scié et reconstitue suivant un plan médian perpendiculaire à la direction des génératrices.

b) L'essai de compression cisaillement sur prisme 10 x 10 x 30 cm scié suivant un plan oblique faisant un angle de 30° suivant l'axe longitudinal (Fig.4) et reconstitué soit par apport de béton frais, soit par collage d'un prisme scié à 30° de béton durci.

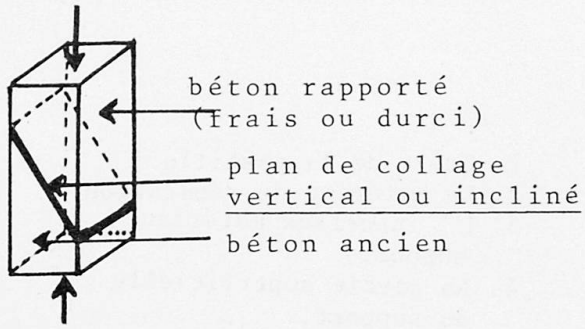


Figure 2 : Essai de compression sur prisme scié et recollé suivant un plan oblique faisant un angle de 30° avec l'axe longitudinal de l'éprouvette.

Les éprouvettes sont soumises aux essais de traction directe ou de compression-cisaillement 28 jours après leur reconstitution par collage. Ces essais sont effectués à 20°C mais peuvent être réalisés à la demande du producteur soit à + 5°C dans le cas des formulations pour l'hiver, soit à + 35°C pour tester une formulation pour l'été.

L'efficacité du produit est jugée en fonction de la forme de rupture des éprouvettes.

Les cas suivants peuvent se présenter :

- rupture en plein béton rapporté ou ancien pour une contrainte analogue ou supérieure à celle du béton témoin,
- rupture au joint de collage ou semi décollement pour une contrainte supérieure de 20 à 25 % à celle du béton témoin.

  Ce sont les deux cas où le produit est le plus efficace.

- rupture mixte béton-joint de colle, ou décollement pour des contraintes analogues à celles du béton témoin.

  On peut alors estimer que le produit ne peut être utilisé que sous certaines réserves et pour des réparations faiblement sollicitées.

- décollement du béton pour des contraintes inférieures à celles du béton témoin : c'est le cas le plus défavorable, le produit ne convient pas pour ce genre de réparation.

Le vieillissement est mesuré par un essai de fluage sous charge permanente.

Il faut noter le cas particulier des produits destinés à l'Assemblage de Voussoirs préfabriqués des ponts construits par encorbellement, pour ces produits les essais sont en cours d'étude et revêtiront un caractère spécifique.

1.2) Mortiers de réparation de surface

Les essais proposés visent à tester :

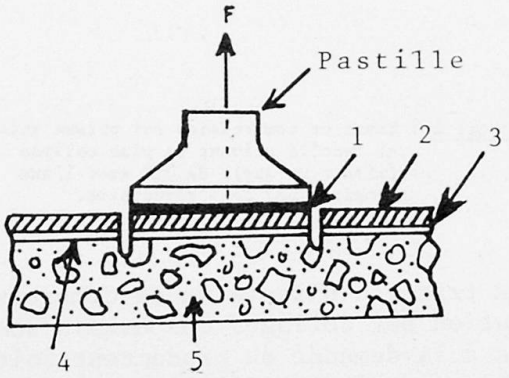
- d'une part l'adhérence au support en fonction, de l'état d'humidité de ce dernier (surface sèche ou humide),
- d'autre part, l'influence d'une arrivée d'eau sur l'adhérence, la perméabilité et les caractéristiques mécaniques du mortier de ragréage.

Ces derniers essais intéressent principalement les mortiers contenant du ciment. Ils consistent à effectuer des essais de perméabilité à l'eau sous gradient hydraulique et des essais de compression flexion sur éprouvettes normalisées 4 x 4 x 16 cm.

a) Adhérence sur dalle

Le mortier de ragréage est appliqué sur une épaisseur de 1 cm, avec ou sans primaire d'accrochage, suivant les directives du producteur, sur une dalle de béton durci de dimensions 30 x 30 x 6 cm .

28 jours après l'application, on procède à six essais de traction directe type chapes minces d'étanchéité (Fig. 3).



1. Colle de la pastille
2. Le matériau de réparation
3. L' interface matériau support.
4. La partie superficielle du support.
5. La partie saine du support.

Figure 3 : Schéma du dispositif de traction.

L'adhérence est jugée satisfaisante lorsque la rupture a lieu dans le béton.

b) Essais de flexion centrée sur éprouvette réparée en fibre tendue

L'essai consiste à reconstituer à l'aide du mortier de ragréage une éprouvette prismatique 10 x 10 x 40 cm présentant une partie évidée, le long d'une de ses faces latérales, sur 1 cm de profondeur et 20 cm de longueur (Fig. 4). On mesure 28 jours après le ragréage la résistance à la flexion centrée de l'éprouvette, la partie ragréée étant en fibre tendue.

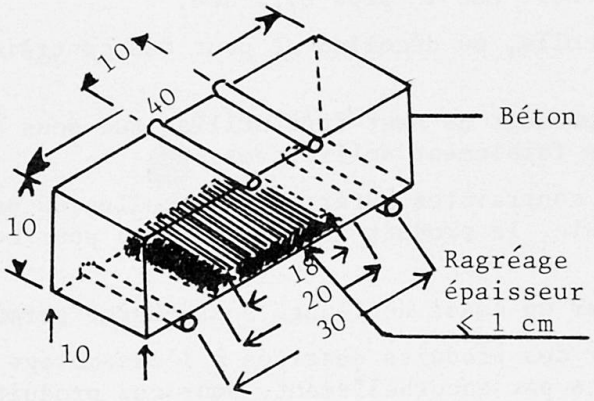


Figure 4 : Essai de flexion centrée sur éprouvette prismatique évidée puis ragréée en fibre tendue.

La figure 5 montre les divers types de rupture qui peuvent se présenter.

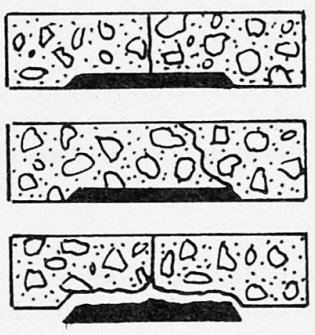


Figure 5 : Les différents modes de rupture.

Les tests à l'état vieilli consistent à mesurer l'adhérence sur dalle après des cycles de variation rapide de température : 100 cycles de 6 heures (-25°C, + 55°C) ainsi qu'après des essais de gel dégel sur prisme réparé sur la fibre tendue.

1.3) Produits de réparation interne des structures en béton (injection)

L'injection au Laboratoire consiste à faire pénétrer sous pression (0,075 MPa) de bas en haut d'une colonne remplie de sable calibré, le produit destiné aux injections.

Le pouvoir de pénétration de celui-ci est déterminé par le temps qu'il met à atteindre dans la colonne de sable les niveaux 5,10,15, 20, 25 cm.

La figure 6 montre les différentes courbes de pénétration obtenues avec divers produits.

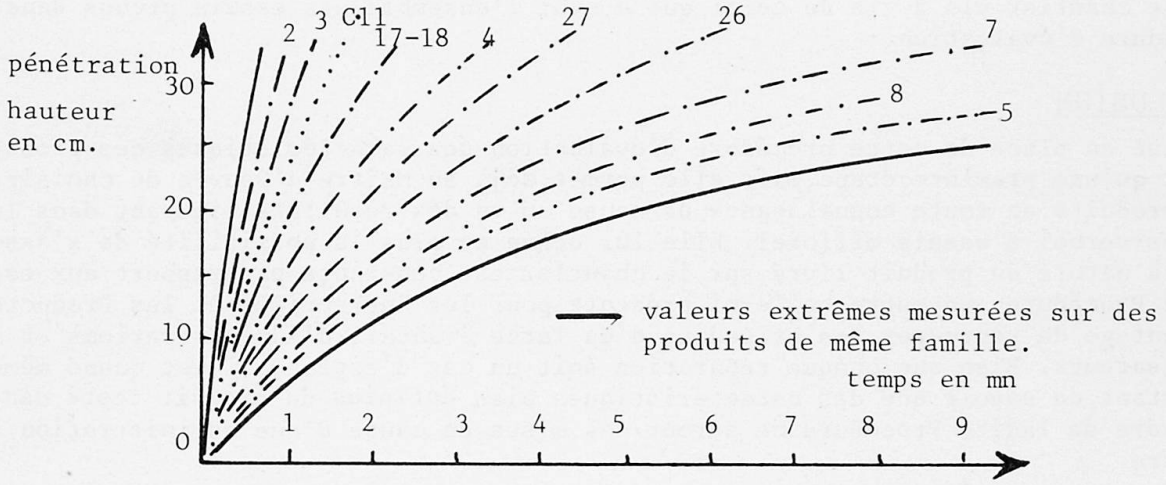


Figure 6: Courbes d'injectabilité à la colonne de sable sec à 20°C

Les applications sur chantier ont montré que les produits, dont la hauteur de pénétration est de 30 cm après un temps d'injection compris entre 0 et 2 minutes, n'ont pas présenté de difficulté à être injectés dans des fissures de largeur inférieure à 0,8 mm. Il est à noter que le produit n° 11 à base de ciment, et qui se trouve placé dans ce groupe, a pu être injecté avec succès dans des fissures d'une ouverture de 0,5 mm environ.

On peut aussi connaître avec ce test les possibilités d'injectabilité des produits à température variable et en milieu humide. Il suffit pour cela de placer la colonne de sable et le dispositif d'injection dans une enceinte climatisée, ou de faire circuler de l'eau dans la colonne de sable avant l'injection du produit à étudier.

Cet essai permet par ailleurs, de connaître l'adhérence du produit d'injection. Pour cela on laisse durcir la colonne de sable après remplissage par le produit pendant 28 jours et on effectue des essais de fendage (essais brésiliens) sur des cylindres d'élancement 2 obtenus par tronçonnage de ladite colonne.

Les essais de vieillissement conventionnel consistent à mesurer l'adhérence d'éprouvettes 4 x 4 x 16 cm après cycles thermiques ainsi que de fatigue mécanique.

2) Essais d'identification complète

Les essais sont destinés à étudier les caractéristiques

. des divers composants, on distingue dans ce cas les liquides et pâtes, ainsi que les poudres et granulats.

. du mélange des composants à l'état non durci

. du produit durci.

Certains de ces essais revêtent un caractère confidentiel et par conséquent,sont exécutés uniquement par le LCPC. C'est le cas en particulier des analyses des divers composants des produits polymères qui fournissent,le Spectre Infra-Rouge, les dosages des fonctions réactives, l'analyse chimique et granulaire des charges, ainsi que les analyses minérale et minéralogique, le dosage en liant actif etc.. des produits hydrauliques.

Dans le cas des mélanges, on trouve la DPU, le retrait, les temps de prise, la fluidité etc.. ces essais ne revêtent pas en général un caractère confidentiel.Il en est de même pour les mesures des résistances mécaniques, la dilatation thermique, les essais potentiocinétiques etc.. effectués sur les mélanges durcis.

Ces essais permettent en cas d'incident de connaître la conformité du produit livré sur le chantier vis à vis de celui qui a subi l'ensemble des essais prévus dans la procédure d'évaluation.

CONCLUSION

La mise en place de cette procédure d'évaluation des caractéristiques des produits n'est qu'une première étape,mais elle permet déjà au Maître d'Oeuvre de choisir les produits en toute connaissance de cause au vu des résultats figurant dans le procès-verbal d'essais officiel. Elle lui donne en plus la possibilité de s'assurer que la nature du produit livré sur le chantier est constante par rapport aux essais de la Procédure. En outre celle-ci présente pour les Entreprises et les Producteurs l'avantage de regrouper les exigences d'un large éventail d'Administrations et d' Utilisateurs. Bien que chaque réparation soit un cas d'espèce, il est quand même important de savoir que des caractéristiques bien définies du produit testé dans le cadre de ladite Procédure ne seront pas mises en cause d'une administration à l'autre.

Reste maintenant à mettre en place dans un proche avenir la procédure de qualification de ces produits. Dans ce but on étudie actuellement les diverses spécifications à fixer et qui doivent permettre de franchir cette nouvelle étape.

BIBLIOGRAPHIE

(1) " Guide pour le choix et l'application des produits de réparation des ouvrages en béton "
Document L.C.P.C. - S.E.T.R.A. (1077)

(2) " Possibilités d'application des résines époxydiques - Réparation des bétons hydrauliques"
PAILLERE A.M.., RIZOULIERES Y., LAZZERI L.
Bulletin de Liaison des L.P.C. (nov.déc.-1974)

(3)"Réparation des structures en béton par injection de polymères - Essais d'injectabilité à la colonne de sable ".
PAILLERE A.M., RIZOULIERES Y.
Bulletin de Liaison des L.P.C. (Juil.août-1978)

(4) " Réparation des structures en béton fissurée par injection de liants époxydiques".
MOUTON Y.
Rapport de Recherche n° 86 (1979)

(5) " Critères d'efficacité des produits de réparation des ouvrages en béton "
PAILLERE A.M. - RIZOULIERES Y.
Colloque gestion Ouvrages d'Art 1981 PARIS-BRUXELLES.