



## Objectifs

Une enquête du CSTB effectuée en 1988 chiffrait la longueur totale du réseau d'assainissement en France à 160 000 km, dont 8 % seraient à réhabiliter rapidement, répartis en 4 800 km de réseaux visitables et 8 000 km de non visitables.

La programmation des travaux en matière d'environnement pour la période 1997 - 2001 devait permettre la réhabilitation de 200 km visitables, et 800 km de non visitables en 5 ans.

De plus beaucoup de réseaux, dans les grandes villes notamment, sont très anciens. Des techniques nouvelles sont apparues dans les domaines de l'auscultation des réseaux et dans les méthodes de réhabilitation.

Le Projet National RERAU résultant de ces constatations a été lancé en 1992. Ses objectifs étaient : améliorer la qualité des diagnostics d'état des ouvrages, bien cerner le champ d'utilisation et les conditions de mise en œuvre des procédés de réhabilitation disponibles et aider à la promotion de procédés nouveaux.

# Projet National RERAU

## REhabilitation des Réseaux d'Assainissement Urbains

### Programme réalisé

*Le Projet National RERAU s'est développé en cinq opérations dédiées chacune à un thème particulier.*

#### RERAU 1

##### Auscultation-diagnostic des collecteurs visitables

L'objectif étant de fournir aux gestionnaires de réseaux les moyens d'une politique de gestion globale et rationnelle de leur patrimoine par le suivi de l'évolution des ouvrages et la mise en œuvre programmée de travaux de réhabilitation.

- **Méthodologie de programmation de travaux de réhabilitation**

La dégradation d'un collecteur dépend de son environnement géotechnique et hydrogéologique, de sa structure, des surcharges dynamiques et statiques, des conditions hydrauliques de fonctionnement. Quatre étapes ont été définies : choix des tronçons comportant des risques importants, exploitation des résultats de visite, définition d'une méthodologie d'auscultation, établissement d'un DCE des travaux à réaliser.

Ces quatre étapes ont été testées, en particulier sur une partie du réseau de la Communauté Urbaine de Bordeaux.

- **Evaluation expérimentale de techniques d'auscultation**

Diverses techniques d'auscultation ont été testées sur le CDER de Seine-Saint-Denis, en particulier la technique par radar.

- **Etude de la structure des collecteurs et de son comportement mécanique**

Suivi du comportement d'un collecteur d'assainissement en service, en testant les méthodes d'auscultation par vérins mécaniques (procédé MAC) sur une partie saine et une partie dégradée.

## RERAU 2



Chemisage en béton projeté armé : travaux de projection en cours.  
©Structure & Réhabilitation.

### Techniques de projection de béton

Cette phase a été consacrée à la technique de réhabilitation par projection de béton, en particulier par la voie mouillée utilisant un béton de sable, pour la réhabilitation structurelle des ouvrages visitables (dimensionnement, modélisation et suivi des renforcements).

#### • Faisabilité de la technique par voie mouillée en collecteur encombré

Après une campagne de mesures préalables dans un tronçon dégradé d'un collecteur parisien par le procédé MAC et la mise au point de 3 formulations de béton (béton de sable, béton de sable fibré, béton de sable avec treillis), il a été procédé au renforcement, et évalué ses performances par le procédé MAC, comparativement avec l'emploi de méthodes plus traditionnelles.

#### • Mise au point d'une méthodologie de suivi et de comparaison des renforcements sur site

Il s'agit de l'instrumentation et du suivi d'un ouvrage.

#### • Caractérisation et modélisation des structures des ouvrages et de leur renforcement par une coque de béton projeté

Dans les travaux de renforcement par constitution d'une coque, une des difficultés concerne l'adhérence du matériau projeté. L'objectif a été de chercher à déterminer les facteurs qui conditionnent cette adhérence, comment la mesurer par des essais, et l'améliorer (préparation de surface, clous ponctuels, couche d'accrochage). Cette phase de recherche a comporté une part expérimentale et une part de modélisation mathématique.

#### • Caractérisation des renforcements structurels sur ovoïdes (modélisation mathématique et essais sur maquettes)

Après avoir établi un modèle mathématique de la répartition des contraintes dans un ovoïde, validation par des essais sur un T 180 grandeur réelle et sur une maquette au 1/10<sup>ème</sup> en étudiant plus particulièrement le problème de la liaison couche de renforcement/support.



Etude du tubage par éléments préfabriqués. Dispositif d'expérimentation. ©Hobas.

## RERAU 4

### Réhabilitation de collecteurs visitables par éléments préfabriqués

Cette phase du projet s'est attaché au dimensionnement de la restructuration par éléments préfabriqués (avec une étude particulière sur la lutte contre l'ensablement des collecteurs) et à la méthodologie du contrôle sur chantier.

#### ■ Au cours de cette opération RERAU 4 ont été réalisés :

- La rédaction et la diffusion aux villes de plus de 50 000 habitants de « Tubage par éléments préfabriqués avec espace annulaire : manuel sur l'état de l'art ».

Ce bilan présente les techniques les plus couramment utilisées en dégageant leurs points communs et leurs spécificités. On y trouve également les principaux documents utilisés pour la consultation des entreprises, les méthodes et outils pour le dimensionnement des travaux, les contrôles et essais attachés à des travaux de qualité.

- La rédaction de règles de dimensionnement par un groupe d'experts animé par Bernard FOURÉ du CEBTP.



Réhabilitation d'ovoïde par éléments préfabriqués. Coques avec espace annulaire injecté.  
©Structure & Réhabilitation.



Réhabilitation de radier par éléments préfabriqués.



Regard de visite réhabilité.  
©Sade-CGTH



Robot d'auscultation géophysique.  
©Structure & Réhabilitation.

“ Les performances de procédés de traitement des raccordements sont désormais mieux connues et l'efficacité des injections de résines d'étanchement appréciée. ”

- La mise au point d'un matériel de détection des défauts d'injection en cours de travaux par la méthode par impédance mécanique (MIM) et une campagne de mesures sur le chantier du Collecteur du Nord (SIAAP). La MIM et la procédure de mise en œuvre du coulis ont été validées sur le chantier du collecteur de Romainville (DEA 93) : détection des vides et des décollements du coulis.
- Des travaux de thèse (Christophe GÉRARD) ayant pour objectif l'établissement d'un modèle de localisation et d'évaluation des risques d'ensablement afin de permettre d'établir une cartographie des risques de dépôts et de développer des approches nouvelles pour la modélisation.

Les résultats encourageants obtenus ont conduit la COURLY à poursuivre l'effort de recherche, pour passer d'une approche principalement structurelle et statique à une approche dynamique, en la complétant par une démarche plus physique et mécaniste des phénomènes de dépôts, d'érosion et de transport des solides.

## RERAU 5/6

### Auscultation et réhabilitation des canalisations non visitables

Cette phase qui accorde une place importante à la gestion programmée du patrimoine, au curage des réseaux, au choix de techniques validées s'est intéressée à :

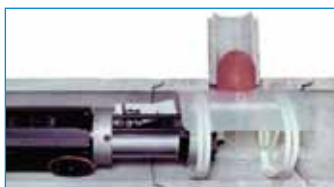
- L'auscultation de l'encaissant et de la structure en développant et appliquant sur des canalisations expérimentales et en service des techniques d'auscultation dans des contextes géologiques différenciés et à des coûts directs d'auscultation économiquement acceptables.

Chacun des chantiers expérimentaux a été coordonné par un BET : Amiens (MIM, radar et flûte électrique), Champcueil (MIM), Strasbourg (MIM, radar et flûte électrique) et Paris (radar et flûte électrique) par Geoscan et Structure et Réhabilitation.

- La méthodologie de gestion du patrimoine : mise au point d'un outil d'aide à la décision pour les gestionnaires depuis la connaissance et le diagnostic des ouvrages jusqu'à la programmation des travaux de réhabilitation. L'outil comporte plusieurs modules, dont l'usage est adaptable aux moyens et aux objectifs du gestionnaire.

Plusieurs groupes de travail ont été constitués :

- Le groupe « **Etat du réseau** » a contribué à un projet de Base de Données Recherche et la comparaison des systèmes de codage des inspections TV.
- La tâche centrale du groupe « **Dysfonctionnements et Impacts** » a consisté en l'établissement d'un système d'indicateurs de performances (IP) permettant d'évaluer le fonctionnement d'un réseau et de ses composants. Les indicateurs élaborés visent à représenter l'état du patrimoine, les dysfonctionnements induits par cet état, les impacts de ces dysfonctionnements sur les usagers du réseau, sur l'environnement urbain et sur les milieux récepteurs.
- Le groupe « **Programmation et budget des actions** » a mis au point un questionnaire d'une cinquantaine de questions et lancé une enquête sur les pratiques et critères en méthodologie de gestion du patrimoine réseau. Une synthèse a été établie à partir des réponses fournies par 20 collectivités (4 millions d'habitants, 8 240 km de réseau).



Réparations. Robot à fonctions multiples (injections).



Rénovation par chemisage polymérisé en place. Méthode par inversion. ©Sade-CGTH

“ **Les conditions d'accès aux canalisations de branchement nécessitent la mise au point de techniques d'inspection et de réhabilitation adaptables à des configurations très diverses.** ”



Robot de fraisage. ©Sade-CGTH

## Branchements

Les objectifs de l'opération ont été d'évaluer par enquêtes et sondages l'acquis au regard de la conformité, de mettre au point une méthodologie de caractérisation des problèmes de branchement d'une collectivité donnée et de caractériser le « parc » national. Il s'agissait également d'expérimenter et évaluer plusieurs techniques de réhabilitation par chemisage et injection.

Des enseignements ont été tirés des enquêtes et de l'évaluation des techniques de réhabilitation sur les chantiers expérimentaux suivis.

Même en se limitant à leur partie publique, les branchements constituent un linéaire important, impliquant un risque de dysfonctionnement, que ce soit individuellement ou cumulé à l'échelle du réseau (étanchéité). Les conditions d'accès sont souvent délicates, aussi bien par l'amont (regard de façade) que par l'aval (canalisation principale), et nécessitent la mise au point de techniques d'auscultation et de réhabilitation adaptables à des configurations très diverses.

### ■ Cinq techniques ont été évaluées :

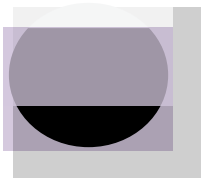
- Insituform LRS (Insituform France) à Strasbourg et Amiens,
- Sikaroboliner 10 (Barriquand) à Amiens,
- Phoenix (Telerep France) à Marseille,
- Fillinsen (SEN) à Lille,
- Flexojoint (Sade) en Seine St Denis.

### ■ Il a été relevé la difficulté de comparer les techniques proposées du fait que :

- les techniques n'ont pas les mêmes limites d'emplois : branchements avec ou sans regard de pied d'immeuble,...
- les techniques ne sont pas à des niveaux comparables de développement,
- on peut considérer qu'à partir de canalisations visitables, la réhabilitation peut pratiquement toujours être réalisée soit par chemisage en inversion ou tracté s'il y a un regard de pied d'immeuble, soit par injection ponctuelle ou continue,
- le problème majeur réside dans la réhabilitation de branchements à partir de canalisations non visitables.

### ■ Les principaux obstacles restant à surmonter ont été identifiés :

- Diagnostic du branchement : la qualité des informations figurant sur ces diagnostics doit pouvoir être améliorée.
- Accessibilité au branchement : quelles que soient les techniques, l'accessibilité au branchement est un problème majeur. Le regard de pied d'immeuble est donc un élément déterminant, et ce d'autant plus que la canalisation principale est non visitable.
- Profil du branchement : au même titre que l'accessibilité, le profil du branchement est souvent un facteur limitant la progression des équipements. Il y a donc une limite au-delà de laquelle, la réhabilitation du branchement pose des problèmes quasi-insurmontables.
- Miniaturisation et fiabilisation des appareillages : la miniaturisation des appareillages passe souvent par une diminution de la puissance de ceux-ci pouvant entraîner des difficultés de positionnement des outillages.
- Regard de pied d'immeuble : l'un des principaux enseignements des chantiers expérimentaux RERAU 7 résulte du caractère souvent non réglementaire des branchements existants du fait de l'absence d'un regard de pied d'immeuble. Dans ces nombreux cas, en plus du choix d'une technique adaptée, se pose le problème de la mise en conformité de l'ouvrage. Ces travaux spécifiques remettent souvent en cause le choix de la technique de réhabilitation en donnant au remplacement du branchement un caractère fortement concurrentiel.



## Organisation

Le Projet National a été présidé successivement par Pierre HERVIO (Fondateur, Conseil Général des Ponts et Chaussées), Alain MARCHAND (Grand Nancy) et Jean-Pierre THOREAU (SAGEP).

### Les Présidents des opérations

RERAU 1	Alain RACHER (Ville de Paris)
RERAU 2	Jean-François GUERIN (Communauté Urbaine de Bordeaux)
RERAU 4	Denis HODEAU (Grand Lyon)
RERAU 5/6	Yves CONGRETTEL (Communauté Urbaine de Strasbourg)
RERAU 7	Philippe MAGNIER (Ville d'Amiens)

### Le Directeur technique

Jean-Michel BERGUE (Ministère chargé de l'Équipement)

### Le Conseil scientifique

Jean BILLARD (Physique, Collège de France), Jean-François CHAUSSE (Robotique, FIST), Richard LAGABRIELLE (Géophysique, LCPC), Pierre ROSSI (Béton, LCPC), François SCHLOSSER (Mécanique des sols, Terrasol), Isam SHAHOUR (Géomécanique, EUDIL).

### Les partenaires

Les collectivités, entreprises et organismes suivants ont participé à une ou plusieurs des opérations de RERAU :

Abrotec - Agence de l'Eau Seine-Normandie - Bonna - Barriquand - CERTU - CGG - COGESE - CSTB - CEBTP - CEMAGREF- Communautés Urbaines de Bordeaux, du Grand Nancy, du Grand Roanne, de Lille, de Strasbourg - Départements des Hauts de Seine, de Seine-Saint-Denis, du Val de Marne - Districts de l'Agglomération de Nancy, du Grand Amiens - Dali Conseils - DPSM - Dumez - Dune - ENGEES - FSTT - Fibres de Verre - Grand Lyon - Geoscan - Hobas - Hydrovidéo - Hytec - INERIS - INGUL - INSA de Lyon - Insituform - Imedia - Lyonnaise des Eaux - LCPC - Lille Métropole - Phoenix services - Région Ile de France - Rincent BTP - RDV Développement - Rhône-Poulenc - Secrétariat permanent du Plan Urbain - SIAAP - SAGEP - STU - SEVA/LAM - Simecsol - Solétanche - Sade - Sevesc - Siba - SIAH du Crosne et du petit Rosne - Structure et Réhabilitation - Société des Eaux du Nord - Telerep - Université Paris XII - Université de Bordeaux 1 - Villes de Grenoble, de Paris, de Besançon, de Marseille, de Caen, de Nantes



## Publications

Les résultats des travaux du projet ont été présentés lors de colloques nationaux (RERAU 95 à Bordeaux, RERAU 98 à Nice, RERAU 05 à Paris) et internationaux (Canada, Allemagne, Grande Bretagne, République tchèque).

Ils ont été publiés dans des revues françaises et étrangères et ont permis la rédaction d'un guide méthodologique « **Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains** » et d'un guide technique en deux tomes « **Restructuration des collecteurs visitables** » édités par Tec&Doc (Lavoisier).



## Durée Budget

Les opérations du Projet National RERAU se sont déroulées de 1992 à 2004.

Le budget s'est élevé à 5 547 803 € HT dont une subvention de la DRAST de 939 000 €, le solde par financement direct des travaux ou apports en nature et cotisations des partenaires.

Réhabilitation par éléments préfabriqués ovoïdaux.  
©Sade-CGTH



# Applications et retombées du Projet National

## Collecteurs visitables

■ **Auscultation-diagnostic** : les gestionnaires ont aujourd'hui à leur disposition une méthodologie de gestion globale et rationnelle de leur patrimoine, articulée en quatre étapes, où ils sélectionnent les collecteurs à risques, établissent un pré-diagnostic, procèdent à l'auscultation complémentaire de certains ouvrages et définissent les travaux. Sa mise en œuvre nécessite la maîtrise de techniques d'auscultation, dont certaines sont évaluées (performances, champs d'application, etc.). La connaissance du comportement mécanique des structures enterrées et de sa modélisation est également approfondie.

■ **Réhabilitation structurelle par projection de béton** : la faisabilité de la technique par voie mouillée, utilisant en particulier un béton de sable en collecteur encombré (par exemple égout-galerie technique parisien) est démontrée. Le rôle et le niveau de l'adhérence requise à l'interface support/chemisage de renforcement sont confirmés par les résultats de l'étude de nombreux procédés sur site expérimental, qui rejoignent ceux de la modélisation.

■ **Technique de réhabilitation par éléments préfabriqués** : la méthode de dimensionnement proposée dans les recommandations 3R 98 de l'ASTEE est complétée par des règles de dimensionnement rédigées en fonction des objectifs assignés à la réhabilitation pour les trois techniques de renforcement en usage (tubage par éléments préfabriqués avec espace annulaire, chemisage continu polymérisé en place, chemisage par projection de mortiers et bétons). Des méthodes de contrôle et de réception de mise en œuvre des coques préfabriquées sont rédigées et validées. Un système quantitatif original de choix de technique à partir des données du diagnostic est disponible, il permet d'éliminer les techniques non adaptées.

## Canalisations non visitables

■ **Auscultation de l'encaissant et de la structure** : des techniques à coûts directs économiquement acceptables ont été appliquées dans des contextes géologiques différenciés sur canalisations expérimentales et en service.

■ **Gestion du patrimoine** : les bases d'un outil d'aide à la décision sont formalisées. Des modèles et des procédures de gestion ont été élaborés, en établissant un système d'indicateurs de performance et en construisant et évaluant des stratégies de gestion par le biais de modèles du vieillissement des canalisations.

■ **Techniques de réhabilitation** : les performances de procédés de traitement des raccordements sont désormais mieux connues et l'efficacité des injections de résines d'étanchement appréciée.

## Branchements particuliers

■ Le patrimoine et son état, les problèmes qu'il pose vis-à-vis du système d'assainissement (en particulier en matière d'étanchéité) sont maintenant bien caractérisés. Les conditions d'accès nécessitent la mise au point de techniques d'inspection et de réhabilitation adaptables à des configurations très diverses.

■ A partir de canalisations visitables, la réhabilitation peut pratiquement toujours être réalisée soit par chemisage, soit par injection. A partir de canalisations non visitables, les principaux obstacles à surmonter sont précisément identifiés : qualité du diagnostic, accessibilité et profil de l'ouvrage, miniaturisation et fiabilisation des appareillages.

Pour ces ouvrages, la stratégie ou la politique d'ensemble de réhabilitation des réseaux adoptée par la collectivité constitue souvent l'élément déterminant dans le choix de la technique (réparation, rénovation ou remplacement avec mise en conformité).

Tubage par tuyau continu.

